

# Evaluacija jakosti i snage mišića trupa: uloga u motoričkoj izvedbi nogometaša

---

Tomčić, Jasminka

Doctoral thesis / Disertacija

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:698254>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)





University of Zagreb

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Jasminka Tomčić

**EVALUACIJA JAKOSTI I SNAGE MIŠIĆA  
TRUPA: ULOGA U MOTORIČKOJ IZVEDBI  
NOGOMETAŠA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2021.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Jasminka Tomčić

**EVALUATION OF TRUNK MUSCLE  
STRENGTH AND POWER: ROLE IN  
FOOTBALL PLAYERS' PERFORMANCE**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2021



University of Zagreb

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Jasminka Tomčić

**EVALUACIJA JAKOSTI I SNAGE MIŠIĆA  
TRUPA: ULOGA U MOTORIČKOJ IZVEDBI  
NOGOMETAŠA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Goran Marković

Zagreb, 2021.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Jasminka Tomčić

**EVALUATION OF TRUNK MUSCLE  
STRENGTH AND POWER: ROLE IN  
FOOTBALL PLAYERS' PERFORMANCE**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Prof. Goran Marković, PhD

Zagreb, 2021

## INFORMACIJE O MENTORU

Dr.sc. Goran Marković, redoviti profesor Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, rođen je 09.04.1975. godine u Virovitici, gdje je završio osnovnu školu i matematičku gimnaziju. Na Fakultetu za fizičku kulturu, odnosno Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, diplomirao je 1999. godine, magistrirao 2002. godine i doktorirao 2004. godine. Akademske godine 2006/2007. obavio je postdoktorsko usavršavanje na Sveučilištu Delaware (SAD), a uz potporu Nacionalne zaklade za znanost RH. Završio je i preddiplomski studij Kineziterapije (2015. godine) u Splitu te studij Osteopatije (2016. godine) u Madridu.

Pri Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, do sada je obnašao funkciju predstojnika katedre za Osnovne kineziološke transformacije (2007 - 2009. godine), prodekana za znanstveni rad i etiku (2009 - 2011), predsjednika povjerenstva za znanstveni rad i etiku (2009 - 2011), predstojnika Instituta za kineziologiju (2009 - 2011) te predsjednika povjerenstva za izdavačku djelatnost (2009 - 2011). Trenutno u svojstvu redovitog profesora predaje Motoričku kontrolu i Osnovne kineziološke transformacije na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. Izabran je i u znanstveno-nastavno zvanje izvanrednog profesora fizioterapije na Zdravstvenim studijima pri Primorskom Sveučilištu u Kopru, gdje predaje Rehabilitaciju mišićno-koštanih ozljeda.

Profesor Marković je osnivač i direktor Laboratorija za motoričku kontrolu i izvedbu pri Kineziološkom fakultetu u Zagrebu, gdje sa suradnicima provodi istraživanja o funkciji i transformaciji živčano-mišićnog sustava čovjeka, a s ciljem optimiranja izvedbe i uspješnosti u sportu te prevencije i rehabilitacije ozljeda i bolnih sindroma. Do sada je objavio 70 znanstvenih radova u vodećim međunarodnim znanstvenim časopisima na području sportske znanosti i sportske medicine. Radovi koje je objavio citirani su više od 2400 puta u međunarodnim publikacijama. Bio je voditelj više od 10 znanstvenih i tehnoloških projekata financiranih od strane Ministarstva znanosti i obrazovanja, Hrvatske zaklade za znanost, Fonda „Jedinstvo uz pomoć znanja“, Hamag-Bicro-a, Sveučilišta u Zagrebu, Ministarstva Gospodarstva i Europske Unije (ukupna vrijednost projekata: cca. 10.000.000,00 kn). Recenzent je za više od 30 vodećih međunarodnih znanstvenih časopisa iz područja sportske znanosti i sportske medicine. Dobitnik je dviju Državnih nagrada za znanost RH. Bio je mentorom više od 30 magistara kineziologije, 6 doktora znanosti te četiri dobitnika Rektorove nagrade Sveučilišta u Zagrebu. Do sada je održao više od 50 izlaganja na međunarodnim znanstvenim i stručnim skupovima na pet kontinenata.

Osim sveučilišnog znanstveno-nastavnog rada, doktor Marković izrazito je aktivan u sportskoj i rehabilitacijskoj praksi. Osnovao je i obnaša funkciju direktora sportskog i rehabilitacijskog centra “Motus Melior” u Zagrebu, vođen idejom da stvori međunarodno priznati centar izvrsnosti na području optimiranja zdravlja, forme, izvedbe i uspješnosti sportaša i opće populacije te prevencije i konzervativne rehabilitacije ozljeda i bolnih sindroma. Licencirani je akupunkturolog. Član je virtualnog instituta sportske medicine Hrvatskog Olimpijskog Odbora (HOO-a).

Pohađao je više od 60 stručnih seminara iz područja osteopatije, kineziterapije, sportske medicine i sportskog treninga. Kao kondicijski trener, terapeut ili konzultant radio je sa sportašima i ekipama brojnih sportova: atletike, košarke, odbojke, nogometa, taekwonda, tenisa, veslanja, vaterpola, hokeja na ledu, stolnog tenisa i drugih. Među korisnicima Centra su i brojni uspješni sportaši – Arijan Ademi, Filip Benković, Ivan Buljubašić, Borna Čorić, Junior Fernandes, Ana Konjuh, Filip Krovinović, Marin Leovac, Lovro Majer, Ivan Marčelić, Petra Martić, Damir Martin, Matej Mitrović, Mario Možnik, Dani Olmo, Mate Pavić, Sandra Perković, Bruno Petković, Ivan Raič, Luka Šebetić, El Arbi Hillel Soudani, Sandra Šarić, Filip Ude, Nataša Vezmar, Blanka Vlašić i drugi. U sezoni 2018/19, radio je u GNK Dinamo u ulozi koordinatora kondicijske pripreme i rehabilitacije nogometaša prve momčadi. Osim upravljanja centrom Motus Melior, dr. Marković svakodnevno provodi osteopatske preglede i tretmane za opću i sportsku populaciju.

## ZAHVALE I POSVETA

Hvala mojem mentoru, prof.dr.sc. Goranu Markoviću, najprije na prihvaćanju pod svoje mentorstvo, a potom na svakom slijedećem koraku: na presudnoj ulozi u oblikovanju teme, na ustupanju svojeg centra „Motus melior“, djelatnika i opreme za testiranje, na statističkoj obradi podataka, na vrlo detaljnom iščitavanju i ispravljanju disertacije u nastajanju te na svim neophodnim savjetima, sugestijama i pomoći.

Hvala igračima GNK Dinamo: B ekipi, juniorima, U-17 i U-16 ekipama na srčanom sudjelovanju u testiranju, njihovim trenerima na razumijevanju te Karlu Reinholzu na koordinaciji.

Hvala Karlu, Mariju, Lani, Nini, Bokiju, Martini i Tomu koji su zajedno samnom disciplinirano, savjesno i predano odradili ogroman posao mjerenja u vrlo kratkom vremenu te imali razumijevanja i smirivali me u trenucima panike.

Hvala Martini koja se iskreno veselila svakoj fazi istraživanja kao i svakoj napisanoj rečenici te budno pazila na posao dok sam bila zauzeta radom na ovom projektu. Hvala joj na svim žestokim stručnim raspravama koje smo ikada vodile, a koje su utkane u ovaj rad.

Hvala mojem Tomu koji mi daje ljubav, mir i (proksimalnu) stabilnost kako bih mogla biti (distalno) mobilna.

I na kraju, hvala mami i tati koji su mi najveća podrška u životu na mojem nelinearnom putu. Hvala im na tome što su mi usadili dosljednost, hrabrost i samopouzdanje koje me dovelo do ovog rada i na tome što, kao strastveni ljubitelji nogometa, čvrsto vjeruju kako ću ovom disertacijom doprinijeti nogometu kao sportu.

Mojoj obitelji

Mojoj *functional* obitelji

Mojem „Amika centri“ timu

Prof. dr.sc. Dušanu Metikošu



## SAŽETAK

**CILJ:** Tijekom posljednjeg desetljeća dogodile su se znatne promjene u pristupu treningu sportaša, u smislu isticanja treninga jakosti i mišićne izdržljivosti trupa. Međutim, rezultati dosadašnjih istraživanja upućuju na slabu povezanost jakosti trupa s motoričkom izvedbom sportaša te na slab utjecaj treninga jakosti i izdržljivosti mišića trupa na izvedbu sportaša. Stoga su temeljni ciljevi ovog istraživanja bili (1) odrediti latentnu strukturu i faktorsku valjanost testova jakosti, snage i mišićne izdržljivosti trupa te (2) utvrditi povezanost jakosti i snage mišića trupa i kukova s testovima motoričke izvedbe kod nogometaša. Na tragu metodoloških ograničenja uočenih u dosadašnjim istraživanjima, namjera ovog istraživanja bila je evaluirati dimenzije jakosti i snage mišića trupa u svim ravninama (sagitalnoj, frontalnoj i transverzalnoj), u različitim položajima (stojeći i sjedeći), te u evaluaciju uključiti i mišiće kuka. **METODE:** Uzorak ispitanika činio je 91 nogometaš u dobi od  $17,3 \pm 1,7$  godina, s najmanje 7 godina iskustva u natjecateljskom nogometu. Nogomet je izabran kao sport koji uključuje motoričku izvedbu skokova, sprintova, brze promjene smjera kretanja te bacanja, što je zajedničko većini ekipnih sportova. Svi su ispitanici izmjereni skupom testova koji je uključivao: (1) testove za procjenu jakosti i snage mišića trupa: izometrijska dinamometrija mišića trupa (8 testova), dinamički testovi snage trupa (9 testova) i statična mišićna izdržljivost trupa (4 testa), (2) testove izometrijske jakosti ekstenzora (opružaća) i fleksora (pregibača) kukova te (3) testove motoričke izvedbe: skok u dalj, sprint na 20 m, Zig-zag test, vertikalni skok s pripremom i bacanje medicine stojeći. **REZULTATI:** Rezultati su potvrdili istraživačku hipotezu da su latentne dimenzije jakosti i snage trupa jasno definirane režimom rada mišića i njihovom funkcionalnom ulogom. Faktorskom analizom ekstrahirane su 4 glavne komponente koje objašnjavaju 70% ukupnog varijabiliteta mjera jakosti i snage trupa. Dobiveni faktori jasno su diferencirali tri komponente mišićnih funkcija trupa: snagu, jakost i mišićnu izdržljivost, pri čemu se diferencirao faktor jakosti trupa u stajanju od onoga u sjedećem položaju. Taj nalaz upućuje na važnost uključenosti mišića nogu u manifestaciji jakosti trupa. U kontekstu uloge mišićne funkcije trupa u motoričkoj izvedbi, rezultati ovog istraživanja pokazali su kako manifestne varijable i latentna dimenzija snage trupa imaju najviši stupanj povezanosti te najviše prediktivnih veza s testovima motoričke izvedbe. Snaga trupa objasnila je 20% do 79% varijance testova motoričke izvedbe. **ZAKLJUČAK:** Dobiveni rezultati sugeriraju kako je snaga trupa važan čimbenik uspješne izvedbe sprintova, skokova i bacanja kod visokoutreniranih mladih nogometaša muškog spola. Ovo je istraživanje pokazalo kako jakost

fleksora i ekstenzora kuka ima relativno nisku povezanost i slabe prediktivne veze s motoričkom izvedbom nogometaša. Sveukupno gledajući, dobiveni rezultati imaju važne praktične implikacije: (1) testiranje jakosti i snage trupa kod sportaša potrebno je provoditi sa stopalima na tlu, u specifično-sportskim uvjetima te (2) u trening nogometaša, u svrhu poboljšanja njihove motoričke izvedbe, potrebno je uključiti eksplozivna bacanja medicinki. Uobičajeni način razvijanja i mjerenja mišićnih funkcija trupa u položajima upora na rukama i nogama čini se nedovoljno specifičan za poboljšanja motoričke izvedbe sportaša.

**Ključne riječi:** mišići trupa, snaga, jakost, mišićna izdržljivost, mišići kukova, motorička izvedba

## ABSTRACT

**AIM:** Over the previous decade, there have been significant changes in the approach to training athletes in terms of emphasizing training for core strength and muscle endurance. However, the results of previous research indicate a weak correlation between core strength and sport performance and a weak impact of core muscles strength and endurance training on the sport performance. Therefore, the main objectives of this study were (1) to determine the latent structure and factor validity of core strength, power and muscle endurance tests and (2) to determine the relationship between core and hip muscle strength and power with sport performance tests in football players. Following the methodological limitations observed in previous studies, the intent of this study was to evaluate the dimensions of core muscle strength and power in all planes (sagittal, frontal and transverse), in different postural positions (standing and sitting), and to include hip muscles in the evaluation. **METHODS:** The sample consisted of 91 football players age  $17.3 \pm 1.7$  years, with a minimum experience of 7 years in competitive football. Football was chosen as a sport that includes the performance of jumps, sprints, rapid changes in direction and throws, which is common to most team sports. All subjects were measured with a battery of tests that included (1) core muscle strength and power tests: isometric core muscle dynamometry (8 tests), dynamic core power tests (9 tests), and static core muscle endurance (4 tests), (2) tests of isometric strength of hip extensors and flexors and (3) tests of sport performance: long jump, 20m sprint, Zig-Zag test, counter movement jump and standing medicine ball throw. **RESULTS:** The results confirmed the research hypothesis that the latent dimensions of core strength and power are clearly defined by the muscles work regime and their functional role. Factor analysis extracted 4 main components that explain 70% of the total variability of core strength and power measures. The obtained factors clearly differentiated the three components of the core muscles function: strength, power and muscle endurance, whereby the factor of core strength in the standing position was differentiated from that in the sitting position. This finding indicates the importance of the leg muscles involvement in the manifestation of core strength. In the context of core muscle function role in sport performance, the results of this study showed that manifest variables and the latent dimension of core power have the highest degree of correlation and predictive relations with sport performance tests. Core power explained 20-79% of the variance in sport performance tests. **CONCLUSION:** The obtained results suggest that core power is an important factor in the successful

performance of sprints, jumps and throws in highly trained young male football players. This research showed that the hip flexors and extensors strength has a relatively low correlation with, and impact on, the performance of football players. Overall, the results obtained have significant practical implications: (1) testing of core strength and power in athletes should be performed with the feet on the ground, in sport-specific conditions and (2) in order to improve their sport performance, it is necessary to include explosive throws of medicine ball in the football players training. The usual way of developing and measuring core muscle function in plank position seems insufficiently specific to improve the performance of athletes.

**Keywords:** core muscles, strength, power, muscle endurance, hip muscles, sport performance

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD U PROBLEM</b> .....	<b>1</b>
1.1. Anatomski pojam trupa .....	1
1.2. Funkcije trupa .....	1
1.2.1. Stabilnost trupa .....	2
1.2.2. Jakost i snaga trupa .....	4
1.2.3. Mišićna izdržljivost trupa .....	15
1.3. Uloga trupa u kontekstu prevencije i rehabilitacije ozljeda i bolnih stanja .....	19
1.3.1. Povezanost funkcija trupa s bolovima u leđima .....	19
1.3.2. Povezanost funkcija trupa s ozljedama donjih ekstremiteta .....	23
1.3.3. Povezanost funkcija trupa s ozljedama gornjih ekstremiteta .....	25
1.4. Funkcije trupa i sportska izvedba .....	26
1.4.1. Postojeće smjernice u treningu trupa .....	27
1.4.2. Metodološka ograničenja dosadašnjih istraživanja .....	28
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>43</b>
<b>3. METODE ISTRAŽIVANJA</b> .....	<b>44</b>
3.1. Uzorak ispitanika .....	44
3.2. Uzorak varijabli .....	44
3.2.1. Testovi za procjenu jakosti i snage mišića trupa .....	45
3.2.1.1. Izometrijska dinamometrija mišića trupa .....	45
3.2.1.2. Dinamični testovi snage mišića trupa .....	46
3.2.1.3. Testovi statične mišićne izdržljivosti trupa .....	48
3.2.2. Testovi za procjenu jakosti mišića kukova .....	50
3.2.3. Testovi za procjenu motoričke izvedbe nogometaša .....	50
3.2.3.1. Skok u dalj .....	51
3.2.3.2. Sprint na 20 m .....	51
3.2.3.3. Zig-zag test .....	51
3.2.3.4. Vertikalni skok s pripremom ( <i>countermovement jump</i> ) .....	52
3.2.3.5. Bacanje medicine u stojećem položaju .....	53
3.3. Protokol testiranja .....	53
3.4. Metode obrade podataka .....	55
<b>4. REZULTATI</b> .....	<b>56</b>
4.1. Deskriptivna statistika i normalnost distribucije varijabli .....	56
4.2. Latentna struktura varijabli jakosti i snage mišića trupa .....	58
4.3. Povezanost jakosti i snage mišića trupa s motoričkom izvedbom .....	62
4.3.1. Povezanost testova i latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s testovima motoričke izvedbe .....	62

4.3.2. Regresijska analiza latentnih dimenzija jakosti i snage trupa i testova motoričke izvedbe.....	62
4.3.2.1. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom skoka u dalj .....	62
4.3.2.2. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom sprinta na 20 m .....	63
4.3.2.3. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom Zig-zag testa .....	64
4.3.2.4. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom vertikalnog skoka s pripremom.....	64
4.3.2.5. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom bacanja medicine naprijed stojeći .....	65
4.4. Povezanost jakosti ekstenzora i fleksora kuka s motoričkom izvedbom .....	66
4.4.1 Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka s izvedbom skoka u dalj.....	66
4.4.2. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka s izvedbom sprinta na 20 m .....	67
4.4.3. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka s izvedbom Zig-zag testa .....	67
4.4.4. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka na izvedbu vertikalnog skoka s pripremom .....	67
4.4.5. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka na izvedbu bacanja medicine naprijed stojeći ....	67
<b>5. RASPRAVA .....</b>	<b>69</b>
5.1. Latentna struktura varijabli jakosti i snage mišića trupa.....	69
5.2. Povezanost jakosti i snage mišića trupa s motoričkom izvedbom .....	74
5.3. Povezanost jakosti ekstenzora i fleksora kuka s motoričkom izvedbom .....	81
5.4. Ograničenja istraživanja.....	83
5.5. Praktične implikacije istraživanja .....	83
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>84</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>86</b>
<b>8. PRILOZI.....</b>	<b>103</b>
<b>9. ŽIVOTOPIS AUTORA .....</b>	<b>107</b>

# 1. UVOD U PROBLEM

## 1.1. Anatomski pojam trupa

Područje trupa (engl. *core*) središnji je dio ljudskog tijela te u mišićno-koštanom smislu uključuje kralježnicu, kukove, zdjelicu, proksimalne dijelove donjih ekstremiteta i abdominalne strukture (Kibler, Press i Sciascia, 2006). U užem smislu, pojam trupa odnosi se na mišićni sklop koji čine abdominalna muskulatura sprijeda i sa strane, paraspinalna i glutealna muskulatura straga, dijafragma s gornje strane te s donje strane mišići dna zdjelice i mišićni kompleks oko kukova (Richardson, Jull, Hodges i Hides, 1999). Iako je navedeno dominantno prihvaćeno stajalište, potrebno je istaknuti kako među autorima postoje mnogobrojna razilaženja vezana uz anatomske klasifikacije trupa. Fig (2005) tako definira trup kao područje između prsne kosti i koljena uz stavljanje fokusa na trbušne mišiće, donji dio leđa i kukove. Autori koji su istraživali trup u kontekstu sportskih performansi uobičajeno u mišiće trupa uključuju šire područje ističući važnost ramena i zdjelice (Hibbs i sur., 2008).

## 1.2. Funkcije trupa

Tijekom posljednjeg desetljeća znanstvena i praktična javnost istaknutu pozornost posvećuju ulozi živčano-mišićnih funkcija trupa u svrhu zdravlja (prevencije i rehabilitacije ozljeda i bolnih stanja) i sportske izvedbe. Temeljne mišićno-živčane funkcije trupa su: stabilnost trupa, mišićna izdržljivost, jakost i snaga. Međutim, u literaturi pronalazimo probleme u razlikovanju pojmova povezanih s funkcijama trupa te u uspostavi njihovih definicija. One pretežno ovise o stajalištu s kojeg se promatraju navedene funkcije – sa stajališta rehabilitacije ili sa stajališta sportske izvedbe. U literaturi se mnoge funkcije trupa dominantno svode na jedinstveni, zajednički pojam stabilnosti trupa, no ne postoji konsenzus u vezi s njegovom definicijom. Tako se pod pojmom stabilnosti trupa mogu pronaći raznoliki pojmovi, poput jakosti mišića kukova i trupa, izdržljivosti mišića trupa, zadržavanja određenog stupnja inklinacije zdjelice ili položaja kralježnice, izdržljivosti ili jakosti mišića trupa i drugih (Willson, Dougherty, Ireland i Davis, 2005).

### 1.2.1. Stabilnost trupa

Prema teorijskom modelu, sustav stabilnosti kralježnice sastoji se od 3 podsustava: (1) pasivnog, koštano-zglobnog, (2) aktivnog, mišićno-tetivnog i (3) kontrolnog, živčanog (Panjabi, 1992). Nijedan od navedenih podsustava ne funkcionira autonomno, a njihova kontinuirana interakcija potrebna je za održavanje stabilnosti kralježnice. Samo na osnovi pasivnog sustava, a u odsutnosti mišićne aktivacije, kralježnica može podnijeti kompresijsku silu od 88 N (Crisco i Panjabi, 1991). Sile za vrijeme svakodnevnih i sportskih aktivnosti znatno su veće od navedenog (od 500 N u stajanju do preko 6000 N prilikom izvođenja čučnja), iz čega slijedi kako je za očuvanje stabilnosti kralježnice potrebna odgovarajuća mišićna aktivacija (Wilson i sur., 2005).

Mišiće trupa pojedini autori klasificirali su prema njihovim pretpostavljenim funkcijama pri stabilizaciji kralježnice i trupa. Tako je Bergmark (1989) podijelio mišiće trupa na: (1) lokalne, čija je uloga stabilizacija kralježnice i (2) globalne s ulogom primarnih pokretača. Gibons i Comerford (2001) predložili su podjelu mišića trupa na: (1) lokalne stabilizatore, (2) globalne stabilizatore i (3) globalne pokretače. Takve podjele, iako anatomski i funkcionalno opravdane, navele su pojedine znanstvenike (Hodges i Richardson, 1997) da se pretjerano ili isključivo usredotoče na pojedine mišiće ili mišićne skupine te na njihov doprinos stabilizaciji trupa pri čemu su iz vida ispustili cjelovit pristup ljudskom tijelu i trodimenzionalnosti pokreta. Cholewicki i VanVliet (2002) iznose dokaze o tome kako nijedan pojedini mišić trupa ne pridonosi više od 30% ukupnoj stabilnosti lumbalne kralježnice. Štoviše, doprinosi pojedinih mišića neprestano se mijenjaju pa se trebaju promatrati kao funkcionalna cjelina čija se aktivacija mijenja u skladu s motoričkim zadatkom (McGill, Grenier, Kavcic i Cholewicki, 2003).

Prema Wilsonu i sur. (2005), tri su mehanizma pomoću kojih mišići trupa pridonose stabilnosti: (1) intraabdominalni tlak, (2) povećano aksijalno opterećenje te (3) krutost mišića (engl. *muscle stiffness*) kuka i trupa. Simultanom kontrakcijom trbušnih mišića, dijafragme i mišića dna zdjelice povećava se intraabdominalni tlak koji učvršćuje trup iznutra i na taj način učvršćuje kralježnicu čineći je stabilnom (Cholewicki, Juluru i McGill, 1999). Povećanje aksijalnog opterećenja rezultat je mišićne koaktivacije i pridonosi stabilnosti trupa, no prema Marras, Ferguson, Burr, Davis i Gupta (2003), više razine koaktivacije antagonista pridonose pretjeranom opterećenju kralježnice kod osoba s križoboljom. Povećanje krutosti mišića kuka i trupa primaran je doprinos mišića trupa stabilnosti, no njihova dugotrajna koaktivacija metabolički je neučinkovita, ograničava pokret i povećava rizik za križobolju. Zbog toga



njihova aktivacija treba biti visokokoordinirana kako bi ispunili zahtjev motoričkog zadatka bez pretjeranog opterećenja (Wilson i sur., 2005).

Međumišićnom koordinacijom općenito, pa tako i onom u pozadini stabilizacije, upravlja središnji živčani sustav, a odvija se kroz dva mehanizma motoričke kontrole: (1) anticipacijske posturalne prilagodbe i (2) posturalne korektivne reakcije. Anticipacijske posturalne prilagodbe prethode voljnim pokretima distalnih segmenata i stabiliziraju trup i proksimalne zglobove, a ovise o motoričkom zadatku i funkcionalnom stanju pojedinca (Bouisset, 2008). Posturalne korektivne reakcije su refleksi i automatske posturalne reakcije (Granata, Slota, Bennett i Kang, 2004), a glavni su doprinos (do 42%) dinamičkoj stabilnosti trupa kroz krutost trupa i stabilnost kralježnice (Moorhouse i Granata, 2007). Sinkronost i balans krutosti pojedinih mišića trupa, kojima upravlja motorička kontrola, kritične su komponente stabilnosti kralježnice (McGill, 2016).

Stabilnost trupa Kibler i sur. (2006) definiraju kao sposobnost kontrole položaja i pokreta trupa za optimalnu produkciju, transfer i kontrolu sile te pokreta do terminalnih segmenata u aktivnostima integriranog kinetičkog lanca. Reed, Ford, Myer i Hewett (2012) smatraju da bi se o stabilnosti trupa moglo promišljati kao o zadržavanju kontrole trupa tijekom aplikacije jakosti trupa ili kao odgovor na perturbaciju. Isti autori tvrde da je jakost trupa sposobnost mišića trupa da generira i podnese silu. S obzirom na svoj središnji smještaj u gotovo svim funkcionalnim kinetičkim lancima, mišići trupa odgovorni su za stabilnost kralježnice i zdjelice te pomažu u generiranju i transferu sile s velikih dijelova tijela na one manje osiguravajući proksimalnu stabilnost za distalnu mobilnost (Kibler i suradnici, 2006).

Dakle, stabilnost trupa uključuje sposobnost živčano-mišićnog sustava da zadrži trup u uspravnom položaju ili ga u taj položaj vrati nakon perturbacije (unutarnje ili vanjske; očekivane ili neočekivane) te da kontrolira pokrete samog trupa pri dinamičnim kretnjama (Borghuis, Lemmink i Hof, 2011). U skladu s tim, autori Silfies, Ebaugh, Pontillo i Butowicz (2015) zaključuju o dvojakoj ulozi mišića trupa: stabilizacijskoj (statičnoj) i propulzivnoj (dinamičnoj) kontroli. Isti autori u navedenom preglednom radu definiraju stabilnost trupa kao „dinamični proces koji zahtijeva optimalne mišićne kapacitete (jakost, izdržljivost, snaga) i živčano-mišićnu kontrolu (odgovarajuće zglobne i mišićne receptore kao i neurološke puteve) koji mogu brzo integrirati senzoričke informacije i mijenjati motoričke odgovore sukladno unutarnjim i vanjskim informacijama“.

Iz navedenog se vidi kako je stabilnost trupa vrlo širok, kompleksan te često nedovoljno definiran pojam, iz čega proizlazi i nemogućnost njegova objektivnog kvantificiranja. Stoga stabilnost trupa nije predmet ovog istraživanja već su to jakost, snaga i izdržljivost mišića trupa.

### 1.2.2. Jakost i snaga trupa

Prema Markoviću (2008) temeljna funkcija skeletnih mišića jest proizvodnja mišićne sile, a promatrano sa stajališta funkcionalnosti, svaki skeletni mišić ima tri temeljne sposobnosti: (1) proizvodnja maksimalne sile (jakost, engl. *strength*), (2) brza proizvodnja sile (snaga, engl. *power*) te (3) proizvodnja sile tijekom duljeg vremenskog perioda (mišićna izdržljivost, engl. *muscle endurance*).

Mišićnu jakost Sale (1991) definira kao maksimalnu silu (njutn – N) ili moment sile (njutn-metar – Nm) koja se razvija za vrijeme maksimalne voljne kontrakcije (engl. *maximal voluntary contraction – MVC*). U svojem pregledom radu Jarić (2002) navodi različite pristupe mjerenju mišićne jakosti: (1) mjerenje maksimalne mišićne sile uporabom različitih vrsta dinamometara, (2) mjerenje maksimalnog momenta sile – izravno (pomoću izokinetičkih aparata) ili neizravno (izračunom pomoću registrirane sile i kraka sile). Autor zatim nastavlja kako se mišićna jakost može mjeriti u različitim režimima rada (izometrijska kontrakcija – najčešće, koncentrična i ekscentrična kontrakcija), kako pojedini testovi jakosti uključuju i brzinu razvoja sile (engl. *rate of force development*) te kako se najčešće mjeri jakost pojedine mišićne grupe ili nekoliko grupa unutar jednog kinetičkog lanca. Jarić na kraju zaključuje o nužnosti odgovarajuće normalizacije rezultata mišićne jakosti u odnosu na veličinu tijela, osobito pri procjeni izvedbe funkcionalnih pokreta.

Kada su mišići trupa u pitanju, u literaturi nailazimo na nedovoljno jasno razlikovanje navedenih mišićnih funkcija (jakost, snaga, izdržljivost) te nerijetko za jednu funkciju trupa u istom radu autori koriste različite pojmove. Također, namjeravajući izmjeriti jakost ili snagu mišića trupa, autori često zapravo mjere njihovu izdržljivost. U kronološkom pregledu literature koji slijedi, a o temi jakosti i snage trupa, odabrana su ona istraživanja u kojima su te sposobnosti mišića trupa jasno i ispravno definirane prema njihovoj funkciji te u skladu s tim i testirane.

## **Jakost trupa**

Maksimalnu voljnu jakost mišića trupa kod elitnih sportaša oba spola (n=71) u usporedbi s kontrolnom skupinom testirali su Andersson, Sward i Thorstensson (1988) uporabom izokinetike (Cybex II) pri stalnim kutnim brzinama od 15 i 30 °/sek. Maksimalni moment sile trupa i kukova mjereno je pri fleksiji, ekstenziji i lateralnoj fleksiji trupa na obje strane u ležećem položaju. Istraživanje je definiralo razlike u jakosti mišića trupa između sportaša i nesportaša, spolova, različitih sportova te registriralo razlike u neravnoteži jakosti među mišićnim skupinama kod osoba s križoboljom. Rezultati jakosti normalizirani su prema tjelesnoj masi.

Učinke treninga s otporom (10 tjedana / jedanput na tjedan) na jakost lumbalne ekstenzije kod 25 zdravih odraslih subjekata oba spola (eksperimentalna skupina n=15) proučili su Pollock i sur. (1989) uporabom novokonstruiranog aparata za testiranje lumbalne ekstenzije MedX. Trening se sastojao od 6 do 15 ponavljanja lumbalne ekstenzije kroz potpuni opseg pokreta (72°) pri različitim opterećenjima te povremenih maksimalnih izometrijskih kontrakcija izvedenih pod 7 kutova kroz opseg pokreta (0°, 12°, 24°, 36°, 48°, 60° i 72°). Inicijalno i završno testiranje uključivalo je navedene maksimalne izometrijske kontrakcije pod 7 različitih kutova, identične trenažnim. Za vrijeme treninga i testiranja potkoljenice i natkoljenice bile su fiksirane u svrhu potpune stabilizacije zdjelice, bez lateralnih, vertikalnih i rotacijskih gibanja. Izometrijska jakost izražena je u momentima sile (Nm), a prosječne vrijednosti i standardne devijacije izračunate su za svaki kut mjerenja zasebno. Prema dobivenim rezultatima, autori zaključuju kako izolirani lumbalni ekstenzori (uz stabiliziranu zdjelicu) pokazuju izrazito velik potencijal za povećanje jakosti kod netreniranih osoba.

Pouzdanost izokinetičkih mjerenja mišića trupa istražili su Delitto, Rose, Crandell i Strube (1991) na 61 zdravom ispitaniku oba spola, u dobi od 20 do 60 godina. Sva su testiranja provedena u stojećem položaju pri kutnim brzinama od 60, 120 i 180°/sek, u 10 uzastopnih naizmjeničnih fleksija i ekstenzija pri svakoj navedenoj kutnoj brzini. Test-retest intervali bili su 1 do 3 tjedna nakon inicijalnog testiranja. Za svaku kutnu brzinu izračunat je omjer vršnog momenta sile i tjelesne mase, omjer ekstenzije i fleksije te prosječan rad po ponavljanju. Autori su iznijeli zaključak kako je izokinetičko testiranje mišića trupa prema navedenom protokolu klinički osjetljivo i pouzdano te kako se daljnje smanjenje pogrešaka može postići povećanjem razdoblja učenja kod žena te duljim razdobljima odmora kod muškaraca.

Parkkola, Kujala i Rytokoski (1992) nastojali su utvrditi odgovor mišića trupa na trening (18 tjedana) procjenjujući ga magnetskom rezonancijom i mjerenjem mišićne jakosti pomoću dinamometra na 12 studenata. Maksimalna izometrijska fleksija i ekstenzija procijenjene su inicijalnim i završnim testiranjem na lumbalnom dinamometru Isostation B-200. Dinamometrija je izvođena u stojećem položaju (fiksiranih prsa, kukova i natkoljenica) s osi gibanja na razini L5-S1, a registrirane su maksimalne voljne mišićne kontrakcije (MVC) fleksije i ekstenzije trupa kroz puni opseg pokreta. Za daljnju obradu uzet je bolji rezultat postignut iz dvaju pokušaja. Presjeci mišića leđa (m. erector spinae, m. multifidus, m. psoas) izmjereni su pomoću slike magnetske rezonancije na razini L4 – L5 inicijalno, nakon 11 tjedana i nakon završetka intervencije. Rezultati su pokazali značajno povećanje presjeka mjerenih mišića kao i povećanje jakosti fleksije i ekstenzije. Izravna povezanost između presjeka i jakosti mišića nije utvrđena ni inicijalno, ni završno.

Cresswell i Thorstensson (1994) proučavali su promjene u intraabdominalnom tlaku, aktivaciji mišića trupa (intramuskularni i površinski EMG) te ispoljenoj sili za vrijeme izokinetičkog maksimalnog i submaksimalnog sagitalnog podizanja i spuštanja (ekscentrični i koncentrični dead-lift) s pruženim nogama i rukama, na 7 zdravih muškaraca približnih antropometrijskih mjera. Testiranje jakosti provedeno je posebno konstruiranim dinamometrom pri konstantnim kutnim brzinama od 0,12, 0,24, 0,48, 0,72 i 0,96 m/sek. Autori su zaključili kako intraabdominalni tlak ima funkcionalnu ulogu pri podizanjima i spuštanjima te kako se on može postići aktivacijom mišića transversus abdominis bez nepoželjnog većeg povećanja momenta sile fleksora trupa.

Bayramoglu i sur. (2001) u svojem kontroliranom, prospektivnom istraživanju utvrđivali su povezanost između kronične križbolje i pretilosti, ukupnog opsega pokreta kralježnice i jakosti mišića trupa te utjecaj vježbi jačanja mišića trupa na navedeno, a na uzorku od 45 žena (eksperimentalna skupina n=25). Izokinetičko mjerenje koncentrične jakosti mišića trupa provedeno je pri kutnim brzinama od 60, 120 i 180 °/sek, a izometrijska jakost ekstenzora i fleksora trupa pri kutu od 60°. Za sve izokinetičke i izometrijske mjere jakosti izračunati su omjeri između fleksora i ekstenzora trupa. Dobiveni rezultati nisu normalizirani prema veličini tijela, no dovođeni su u korelaciju s indeksom tjelesne mase (engl. body mass index – BMI). Povećani BMI i smanjena jakost mišića trupa pokazali su se izravno povezani s kroničnom križboljom.

Pouzdanost reproduciranja rezultata između 3 sesije testiranja izokinetičke jakosti ekstenzora trupa, Biering-Sorensenova testa i Astrandova testa vrednovali su u svojem istraživanju Keller, Hellesnes i Brox (2001) kod 31 pacijenta s kroničnom križoboljom i odgovarajuće kontrolne skupine zdravih ispitanika. Izokinetička jakost ekstenzora trupa testirana je na Cybex 6000 TEF Modular Component Isokinetic Dynamometer (Ronkonkoma, SAD), a rezultati su izraženi u njutn-metrima (Nm). Testiranja su provedena u stojećem položaju s fiksiranom zdjelicom na razini cresta illiaca. Opseg pokreta se kretao od uspravnog položaja ( $0^\circ$ ) do  $80^\circ$  fleksije i natrag do početnog uspravnog položaja u 4 uzastopna ponavljanja pri kutnim brzinama od  $60^\circ$  i  $150^\circ/\text{sek}$  te 20 ponavljanja pri kutnoj brzini od  $120^\circ/\text{sek}$ , a prema uputama proizvođača. Izokinetički testovi pokazali su utjecaj učenja na rezultate između testiranja 1 i 2 pri većim kutnim brzinama, a prihvatljiva pouzdanost definirana je pri kutnoj brzini od  $60^\circ/\text{sek}$  te kod Astrandova testa.

Szymanski, Szymanski, Bradford, Schade i Pascoe (2007. a) i Szymanski i sur. (2007. b) proveli su dva slična istraživanja o učincima 12-tjednog treninga (3 puta na tjedan) s medicinkom na sportsku izvedbu kod igrača bejzbola u dobi od 14 do 18 godina. U prvom istraživanju (2007. a) inicijalno i završno testiranje sastojalo se od 3 RM testa rotacijske jakosti obje strane trupa, testa rotacijskog bacanja medicinke te 3 RM čučnja i *bench pressa*. Obje su skupine pokazale poboljšanje rezultata na svim testovima, no eksperimentalna skupina statistički značajno više od kontrolne skupine u rezultatima rotacijske jakosti i rotacijskog bacanja medicinke. U drugom istraživanju (2007. b) s identičnim protokolom treninga, autori su kinematičkom analizom promatrali njegov utjecaj na kutne brzine kuka i ramena te linearnu brzinu palice i ruke. Rezultati su pokazali kako dodatni balistički trening rotacijske snage trupa pomoću medicinke značajno unapređuje linearnu brzinu palice, kutne brzine kuka i ramena, 3RM rotacijsku jakost obje strane trupa i rezultate na testu rotacijskog bacanja medicinke. U oba istraživanja rotacijska jakost trupa testirana je na aparatu Cybex Torso Rotation Machine, u uspravnom sjedećem položaju s fleksijom u koljenskom zglobovu od  $90^\circ$ . Test rotacijske jakosti od 3RM izvođen je prvo na dominantnoj strani, a potom na nedominantnoj. Opseg pokreta rotacije torza bio je sličan onom pri udarcu bejzbolskom palicom ( $-30^\circ + 75^\circ = 105^\circ$ ). Ograničenja dobivenih rezultata autori su vidjeli u nemogućnosti potpune fiksacije tijela ispitanika koji je tijekom testiranja mogao izvesti kretnje prema naprijed, natrag i lateralno ramenima, kukovima i nogama.

Kakve učinke izaziva 12-tjedni kombinirani trening jakosti mišića trupa na fleksibilnost, mišićnu jakost i izvedbu udarca kod profesionalnih igračica golfa, istraživao je Kim (2010). 20 ispitanica (17 završno) podijeljeno je na eksperimentalnu i kontrolnu skupinu te je inicijalno i završno testiranje provedeno testovima fleksibilnosti (fleksija i ekstenzija trupa), maksimalne izotoničke mišićne jakosti (1 RM ekstenzija leđa i čučanj), izometrijske jakosti (leđa), te izvedbe mišića trupa i nekoliko parametara udarca. Maksimalna izotonička jakost leđa testirana je kroz 1RM podizanje gornjeg dijela tijela s utegom držanim rukama na prsima u položaju ležeći na trbuhu, dok je donji fiksiran na klupi na području gležnjeva i donjeg abdomena. Izometrijska jakost mišića donjeg dijela leđa testirana je na aparatu TKK-120 (Takei, Japan), namještenom prema ispitaniku koji je iz položaja od oko 30° fleksije izvodio maksimalnu kontrakciju u trajanju od 3 sekunde. Rezultati su pokazali značajno povećanje fleksibilnosti u smjeru fleksije trupa, maksimalne izotoničke mišićne jakosti ekstenzora leđa i čučnja kod eksperimentalne skupine te je poboljšana izvedba udarca.

Clayton i sur. (2011) nastojali su utvrditi odnos između izokinetičke jakosti trupa i sportske izvedbe (vertikalni skok, nabačaj, BOMB test bacanja medicinke unatrag iznad glave, McGillov skup testova mišićne izdržljivosti), a provedene na studentskoj populaciji (n=29) igrača bejzbola. U svrhu procjene jakosti mišića trupa upotrijebljeni su izokinetički testovi na Cybexu. Serija u nizu od 5 fleksija-ekstenzija izvedena je pri kutnim brzinama od 60°, 90°, 120°, 90°, te ponovljeno od 60°/sek. Na isti način provedeno je mjerenje rotacije trupa. Zasebno za fleksiju, ekstenziju i rotaciju trupa generiran je prosječni vršni moment sile u stopama/funtama za svakog ispitanika pri svakoj kutnoj brzini. Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako testovi sportske izvedbe nemaju statistički značajnu povezanost s izokinetičkom jakosti trupa, osim BOMB testa koji ima statistički značajnu povezanost sa svim testovima izokinetike trupa.

Nastojeći odrediti specifične profile jakosti trupa za sportaše različitih sportova, Ezechieli i sur. (2013) razmotrili su dokaze predočene u trima istraživanjima provedenim na 20 triatlonaca, 18 odbojkaša amatera, 18 nogometaša amatera te na kontrolnoj skupini. Na svim ispitanicima testirana je izometrijska jakost lumbalne kralježnice u 3 ravnine (fleksija/ekstenzija, te lateralne fleksije i rotacije na obje strane) iz sjedećeg položaja uporabom aparata Tergumed i odgovarajuće skupove testova za kralježnicu (Proxomed, Alzenau, Germany). Rezultati su izraženi u njutnima po kilogramu individualne tjelesne mase za svaki pokret zasebno te za omjere oba testirana smjera unutar svake ravnine. Zaključno, istraživanje

je pokazalo da specifični treninzi za promatrane sportove ne postižu ravnotežu jakosti mišićne trupa, što posljedično može uzrokovati ozljede i bolne sindrome.

Keiner i sur. (2014) proveli su istraživanje kako bi utvrdili korelaciju između 3 različite dubine čučnja, maksimalne izometrijske jakosti trupa i linearne sprinterske izvedbe kod nogometaša juniora nacionalne i regionalne njemačke lige, n= 28. Mjere izometrijske jakosti trupa (N) dobivene su kroz lumbalno-torakalnu ekstenziju na validiranom uređaju David 130 (David, Neu-Ulm, Njemačka) te lumbalno-torakalnu fleksiju na David 110 (David, Neu-Ulm, Njemačka). Svi su ispitanici testirani u sjedećem položaju s fleksijom od 80° u koljenskom zglobu te s kutovima u zglobu kuka od 80° za fleksiju te 60° za ekstenziju trupa. Između mjera jakosti trupa (fleksija, ekstenzija, fleksija/ekstenzija i fleksija + ekstenzija) i sprinta pronađene su niske do umjerene korelacije, a srednje do jake između mjera različitih dubina čučnja i mjera jakosti trupa.

Utječe li položaj tijela na procjenu izometrijske jakosti trupa i koji je odnos između ravnina pokreta pri toj procjeni, istražili su Kocjan i Šarabon (2014). Maksimalna voljna kontrakcija fleksora i ekstenzora trupa izmjerena je na posebno konstruiranom dinamometru (S2P Ltd, Ljubljana, Slovenija) u stojećem, sjedećem i klečećem položaju kod 60 odraslih zdravih ispitanika oba spola. U sjedećem položaju također su testirane lateralne fleksije i rotacije. Svaki je pokret ponavljan 3 puta, a za daljnju obradu uzeta je prosječna maksimalna sila. Na osnovi rezultata, autori su donijeli dva osnovna zaključka koji se odnose na oba spola: (1) izometrijska jakost ekstenzora trupa u sagitalnoj ravnini povećava se s povećanjem fleksije u zglobu kuka te (2) najjače korelativne veze pri testiranju jakosti trupa postoje između sagitalne i transverzalne ravnine.

Ulogu trupa pri izvedbi tzv. drop-jump testa (DJT) na stabilnim i nestabilnim površinama proučili su Prieske i sur. (2015). Jakost trupa utvrđivala se na izokinetičkom dinamometru u vidu vršnog momenta sile fleksora i ekstenzora. Ispitanici su fiksirani u stojećem položaju s pojasevima oko koljena, kukova i gornjeg dijela torza. Pokret trupa bio je dopušten u rasponu od 45° fleksije do 10° ekstenzije. Nakon zagrijavanja, ispitanici su izvodili maksimalnu izokinetičku koncentričnu fleksiju i ekstenziju pri kutnoj brzini od 60°/sek u seriji od 5 ponavljanja čija je prosječna vrijednost izračunata i normalizirana prema masi tijela. Rezultati su uputili na niske pozitivne korelacije između jakosti ekstenzora trupa i mjera DJT,

neovisno o stabilnosti podloge. Autori su na osnovi toga zaključili kako trup ima malu ulogu u DJT izvedbi te kako jačanje trupa ima ograničeni učinak na DJT izvedbu.

Marković, Šarabon, Greblo i Križanić (2015) u svojem randomiziranom kontrolnom istraživanju usporedili su učinke dvaju programa treninga na ravnotežu i funkciju mišića kod starijih žena. 34 ispitanice podijeljene su u 2 grupe prema programu treninga: (1) Huber grupa koja je provodila feedback trening ravnoteže u kombinaciji s treningom otpora trupa na aparatu Huber i (2) Pilates grupa. Intervencija je trajala 8 tjedana s po 3 treninga na tjedan, a inicijalno i završno testiranje uključivalo je testove statičke ravnoteže, mišićne jakosti i snage. Maksimalna jakost ekstenzora, fleksora i laterofleksora trupa testirana je u izometrijskim uvjetima uporabom komercijalnog dinamometra TNC (S2P Ltd, Ljubljana, Slovenija) u stojećem položaju uz fiksiranu zdjelicu. Pritiskom gornjeg naslona u visini ramena, ispitanice su izvodile maksimalnu voljnu kontrakciju (MVC) u trajanju od 3 sekunde, u 3 pokušaja po smjeru: naprijed, natrag i na obje strane lateralno. Za daljnju analizu upotrijebljen je najbolji rezultat prosječne sile u trajanju od 1 sekunde po smjeru. Snaga gornjeg dijela tijela procjenjivana je putem 1RM pneumatskog potiska s prsa (Keiser Air, 250, Fresno, SAD), a snaga nogu kroz vertikalni skok s pripremom (engl. *counter movement jump* – CMJ). Huber trening pokazao se učinkovitijim u unapređenju ravnoteže, jakosti mišića trupa, snage nogu i sastavu tijela od tradicionalnog pilates treninga.

Randomizirano kontrolno istraživanje o učincima 6-tjednog trenažnog programa stabilizacije trupa na kontrolu trupa i opterećenje koljena proveli su Jamison i sur. (2012) na 36 subelitnih igrača američkog nogometa podijeljenih u 2 trening skupine od kojih su obje provodile trening s otporom, a jedna je dodatno provodila i trening stabilnosti trupa. Inicijalno i završno testiranje uključivalo je: jakost i izdržljivost mišića trupa, kontrolu trupa, dinamičko opterećenje koljena, jakost nogu i agilnost. Jakost i kontrola trupa testirane su u polusjedećem položaju (radi isključivanja pokreta u zglobovima kuka, koljena i gležnja) pomoću sajle. Za dimenziju jakosti trupa mjerena je maksimalna sila ispoljena nasuprot povlačenju sajle u 4 smjera (naprijed, natrag, i na obje strane lateralno), a kontrola trupa pomoću istog, prije konstruiranog testnog uređaja, iznenadnim otpuštanjem sile u 4 smjera pri čemu je registriran maksimalni kutni pomak trupa ispitanika. Izdržljivost mišića trupa testirana je McGillovim skupom testova, dok je sportska izvedba uključivala test agilnosti *3-cone test*, povratno trčanje na 20 yd, te skok u dalj iz mjesta. Trening trupa (vježbe mišićne izdržljivosti i jakosti) značajno je unaprijedio izdržljivost mišića trupa. Trening s otporom povećao je opterećenje na koljeno



tijekom dinamičkog zadatka dok se kod grupe treninga trupa zadržalo na istoj razini. Slični rezultati dobiveni su i za lateralnu kontrolu trupa: smanjenje kontrole kod treninga s otporom, zadržavanje iste razine kontrole kod treninga trupa. Oba programa unaprijedila su jakost nogu, a samo trening trupa poboljšao je mišićnu izdržljivost i jakost.

Prema premisi o funkcionalnoj ulozi mišića kukova kao dijelovima trupa, slijedi pregled literature koja se bavila jakošću mišića kukova te jakošću mišića kukova u kontekstu trupa.

Cahalan, Johnson, Liu i Chao (1989) proveli su istraživanje s ciljem razvitka klinički korisne metode za procjenu jakosti mišića kuka i pomoću nje uspostavljanja referentnih vrijednosti. Za testiranje sagitalne i frontalne ravnine upotrijebljen je modificirani Cybex II uređaj s okvirom za uspravnu stabilizaciju, a transverzalna ravnina testirana je u sjedećem položaju. Zdravi ispitanici oba spola, 20 – 81 godine starosti (n=72), testirani su na više kutnih brzina (30, 90, 150 i 210°/sek) i različitih izometrijskih kutova. Ekstenzori su se pokazali najjačom mišićnom grupom neovisno o spolu i dobi. S porastom kutne brzine, moment sile se smanjivao pri čemu su mlađi muškarci ispoljili najveće vrijednosti momenta sile, a starije žene najmanje. Mjere jakosti starijih muškaraca i mlađih žena bile su slične. Autori su zaključili kako rezultati dobiveni ovim istraživanjem imaju kliničku vrijednost za objektivnu procjenu jakosti kod populacije pacijenata s patologijom. Korelacije između antropometrijskih mjera i mjera jakosti bile su niže od očekivanih, što su autori obrazložili ograničenim rasponom momenta sile i nedostatnom veličinom uzorka.

U kontekstu određivanja referentnih vrijednosti jakosti mišića ekstremiteta dobivenih pomoću ručnog dinamometra kod osoba oba spola u dobi od 20 do 79 godina (n=231), Bohannon (1997) je procjenjivao i jakost mišića kukova u smjeru fleksije i abdukcije. Prema dobivenim vrijednostima, autor zaključuje kako je pomoću ručnog dinamometra moguće dobiti relevantne podatke o jakosti mišića te uspostavlja referentne vrijednosti za podgrupe ispitanika u skladu s godinama, a po dekadama. Autor napominje kako je usporedba podataka moguća samo ako je mjeritelj dovoljno jak da se suprotstavi ispitanikovoј ispoljenoј sili.

Pri proučavanju odnosa između ozljeda donjih ekstremiteta, križbolje i jakosti mišića kukova kod 210 fakultetskih sportaša oba spola, autori Nadler, Malanga, DePrince, Stitik i Feinberg (2000) registrirali su prosječnu i maksimalnu silu abdukcije (m. gluteus medius) i

ekstenzije (m. gluteus maximus) kukova pomoću posebno dizajniranog aparata visoke pouzdanosti s ugrađenim komercijalnim dinamometrom (Chatillon, Lexington, SAD). Aparat je pričvršćen za stol te prilagođen svakom ispitaniku prije mjerenja. U odgovarajućim položajima, ispitanik je dobio uputu da ispolji maksimalnu mišićnu silu u zadanom smjeru u trajanju od 2 do 4 sekunde, ukupno 3 puta. Podaci su normalizirani sukladno tjelesnoj masi ispitanika. Rezultati su pokazali značajne razlike u simetriji strana jakosti ekstenzije kuka kod žena s ozljedama donjih ekstremiteta i križoboljom. Na osnovi tih rezultata slična grupa autora (Nadler i sur., 2002) provela je intervencijsko istraživanje o utjecaju treninga jačanja mišića trupa na disbalans jakosti mišića kukova i križobolju. Jakost mišića kukova testirana je istim aparatom i protokolom kao u istraživanju iz 2000. godine. Rezultati intervencijskog istraživanja iz 2002. godine nisu pokazali značajan doprinos jačanju mišića trupa u smanjenju incidencije križobolje, ali je unaprijeđena ravnoteža jakosti između ekstenzora kuka obiju nogu.

Gordon, Ambegaonkar i Caswell (2013) nastojali su utvrditi odnos između jakosti trupa (iako su mjerili stabilnost trupa pomoću *bent knee lowering* testa – BKLT), jakosti vanjskih rotatora kuka (HER – engl. *hip external rotation*) i ravnoteže kod 54 igračice lakrosa. Izometrijska jakost vanjskih rotatora kuka mjerila se bilateralno ručnim dinamometrom (PowerTrack II commander, J-Tech Medical, Salt Lake City, SAD) u sjedećem položaju, s kukovima i koljenima flektiranim pod kutom od 90°, pojasom preko natkoljenica, ručnikom između koljena i dinamometrom položenim 5 cm proksimalno od medijalnog maleola. Bilježila se vršna sila u njutnima dobivena u po 3 pokušaja za desnu i lijevu stranu zasebno te prosječna vrijednost za obje strane. Rezultatima nije utvrđena korelacija BKLT i HER testova s ravnotežom.

Ambegaonkar, Mettinger, Caswell, Burt i Cortes (2014) proučavali su odnos izdržljivosti mišića trupa, jakosti kuka i ravnoteže kod sportašica studentica (n=40). Prema dobivenim rezultatima zaključuju kako izdržljivost mišića trupa i ravnoteža nisu povezani, dok između dimenzija jakosti kuka i testa ravnoteže postoji povezanost. Izometrijska jakost mišića kukova obiju nogu (abduktori, fleksori, vanjski rotatori i ekstenzori) mjerila se ručnim dinamometrom (Muscle Commander, J-Tech Medical Inc. Midvale, Utah, SAD) u položajima i protokolom koji je predložio proizvođač. Svaki test u trajanju od 4 sekunde proveden je 4 puta (1 probno i 3 registrirana ponavljanja) s razmakom od 10 sekundi između ponavljanja. Rezultati triju registriranih ponavljanja uprosječeni su i izraženi u njutnima (N). Rezultati dinamometrije kuka nisu normalizirani prema veličini tijela.

## Snaga trupa

Snagu definiramo kao sposobnost svladavanja otpora velikom brzinom kontrakcije (Marković, 2008). Većina istraživanja snagu mišića procjenjuje kroz funkcionalne pokrete u kojima sudjeluje veći broj mišića povezanih u kinetičke lance (eventualno uz podjelu na gornji i donji dio tijela) pa u literaturi pronalazimo relativno malen broj istraživanja koja su se bavila procjenom snage mišića trupa u užem smislu.

Nužnost razvitka specifičnih testova za mjerenje snage mišića trupa među prvima su uočili Cowley i Swensen (2008). Zahvaljujući ustanovljenoj povezanosti između stabilnosti trupa i ozljeda leđa i donjih ekstremiteta te činjenici da su jakost i snaga komponente stabilnosti trupa, autori su iz pliometrijskih vježbi bacanja medicine razvili i testirali pouzdanost osmišljenih terenskih testova frontalne i bočne snage trbušnih mišića. Istraživanje je provedeno na 24 netrenirane mlade žene testiranjem dva puta. Nakon 3 probna bacanja s ciljem učenja, izvedena su 3 mjerena bacanja za koja je izračunata srednja vrijednost. U svrhu testiranja frontalne strane trupa, ispitanice su iz položaja ležeći na leđima, izvodile eksplozivnu koncentričnu kontrakciju abdominalnih mišića i fleksora kuka izbacujući medicinku od 2 kg u sjedećem položaju s rukama pruženim okomito na podlogu. Bacanja za testiranje bočne snage trupa izvodila su se iz sjedećeg položaja s fleksijom u koljenskom zglobu od 90°, s fleksijom u zglobu kuka od 45° te u stranu zarotiranim trupom, a eksplozivno bacanje izvodilo se u suprotnu stranu. Testovi su pokazali izvrsnu test-retest pouzdanost te autori zaključuju kako se navedeni testovi mogu upotrebljavati za procjenu snage kao komponente stabilnosti trupa kod mladih žena.

Navedene testove za procjenu snage trupa koje su predložili Cowley i Swensen (2008), Nikolenko, Brown, Coburn, Spiering i Tran (2011) upotrijebili su u svojem istraživanju o odnosu između snage trupa i mjera sportske izvedbe kod muških rekreativaca (n=20). Sportske varijable testirane su sprintom na 40 yd, povratnim trčanjem (*shuttle run*), vertikalnim skokom i 1RM stražnjim čučnjem. Rezultati su pokazali umjerene korelacije samo između bacanja medicine prema naprijed i čučnja te su autori zaključili o potrebi pronalaska specifičnijih testova snage trupa u kontekstu procjene učinka na sportsku izvedbu.

Andre i sur. (2012) testirali su test-retest pouzdanost kinetičkih i kinematičkih rotacijskih karakteristika na sustavu kotura (engl. *pulley system*) pri izvođenju rotacijskih pokreta u transverzalnoj ravnini kako bi ustanovili može li se time dobiti pouzdani alat za procjenu rotacijske snage. U istraživanju su sudjelovala 23 studenta oba spola. Pri izvođenju

pokreta, ispitanici su sjedili na kutiji držeći ručku opruženim rukama ispred torza, najprije okrenuti prema spravi, a zatim su izvodili siloviti pokret rotacije trupa opsega pokreta od 180° nakon čega su se polako vratili u početni položaj. Izvedena su dva mjerenja s po tri uzastopna ponavljanja s relativnim opterećenjem od 9, 12 i 15% tjelesne mase (TM). Dobiveni su unutarklasni koeficijenti korelacije: 0,97 (9% TM), 0,94 (12% TM), i 0,95 (15% TM) te autori zaključuju kako je sustav kotura s vanjskim dinamometrom pouzdani alat za procjenu rotacijske snage trupa. S obzirom na to da se test izvodio u sjedećem položaju, Zemkova (2017) smatra da ga je potrebno modificirati i učiniti ga specifičnijim za većinu sportova te ga izvoditi u stojećem položaju (*standing cable wood chop*). Autorica također nudi i alternativni test u sjedećem ili stojećem položaju s dvoručnim utegom smještenim na ramenima i mjernim sustavom koji se sastoji od mjerača inercije s integriranim USB-om i odgovarajućim programom. Senzorna jedinica registrira kut rotacijskog gibanja, a sila i snaga izračunavaju se prema 2. Newtonovom zakonu mehanike.

Shinkle i sur. (2012) proveli su istraživanje o utjecaju snage trupa na funkciju ekstremiteta i sportsku izvedbu. Ovo multivarijantno korelacijsko istraživanje uključivalo je nezavisne varijable sjedećeg bacanje medicinke u 4 smjera (statično i dinamično) i *push press* (mjera prijenosa sile s donjih na gornje ekstremitete) dok su zavisne varijable činile: 1 RM čučanj i *bench press*, sprint na 40 yd, povratno trčanje i vertikalni skok s pripremom (engl. *counter movement jump*). Istraživanje je provedeno na nogometašima (n=25). Autori su pronašli nekoliko značajnih korelacija statičnih bacanja sa sportskom izvedbom, u svim smjerovima osim bacanja unaprijed. Manje značajnih korelativnih veza pronađeno je između dinamičnih bacanja i sportske izvedbe, no samo se bacanje unatrag pokazalo bez značajnih korelacija. Regresijskom analizom ustanovljeno je kako je 1 RM čučanj jedini prediktor uspješnosti *push pressa*. Funkcionalnost upotrijebljenih testova točnije je procijenila efekt mišića trupa na izvedbu te autori zaključuju kako snaga mišića trupa ima utjecaj na sportsku izvedbu sportaša. Ovo istraživanje predstavlja važan doprinos u stvarnom razumijevanju uloge snage trupa u sportskoj izvedbi sportaša.

### 1.2.3. Mišićna izdržljivost trupa

Proizvodnja mišićne sile tijekom duljeg vremenskog perioda naziva se mišićnom izdržljivošću (Marković, 2008). Kao što je u ovom radu već istaknuto, pregledom literature zamjećuje se kako mnogobrojni autori u namjeri da izmjere jakost ili snagu mišića trupa, često zapravo mjere njihovu izdržljivost. U kronološkom pregledu literature koji slijedi prikazana su i ona istraživanja u kojima testiranu mišićnu izdržljivost trupa autori nazivaju drugim (pogrešnim) nazivljem.

McGill, Childs i Liebenson (1999) proveli su istraživanje s ciljem uspostave vremenskih vrijednosti za izdržljivost ekstenzora, fleksora i laterofleksora trupa kao i njihovih omjera, a u svrhu kliničke procjene i postavljanja rehabilitacijskih ciljeva. U istraživanju je sudjelovalo 75 zdravih žena i muškaraca koji su slučajnim redoslijedom izvodili 4 testa mišićne izdržljivosti trupa: test izdržljivosti ekstenzora leđa (Biering-Sorensen, 1984), test izdržljivosti fleksora trupa (u sjedećem položaju s leđima pod kutom od 60° te koljenima i kukovima flektiranim pod 90°) te test izdržljivosti lateralnih fleksora trupa (bočni plank) – izveden na obje strane. Žene su postigle bolja vremena od muškaraca na testu ekstenzora leđa. Muškarci su postizali rezultate u bočnom planku u trajanju od 65% vremena ekstenzora i 99% vremena fleksora. Žene su pak postizale rezultate od samo 39% njihova vremena pri ekstenziji i 79% vremena pri fleksiji. Testovi su pokazali visoku pouzdanost za ponovljene rezultate u 5 dana zaredom i ponovno nakon 8 tjedana. Autori zaključuju kako žene i muškarci imaju različite profile izdržljivosti mišića trupa te kako su vremena uspostavljena ovim istraživanjem na zdravoj populaciji korisna za evaluaciju pacijenata i postavljanje kliničkih trenažnih ciljeva. Testovi za izdržljivost mišića trupa predstavljeni ovim istraživanjem čine tzv. McGillov skup testova, a najčešće se upotrebljavaju u istraživanjima u svrhu procjene izdržljivosti mišića trupa.

Pregled literature o temi izdržljivosti ekstenzora leđa napravili su Moreau, Green, Johnson i Moreau (2001). Autori su detektirali 6 različitih testova: (1) Biering-Sorensenov test, (2) izometrijsko podizanje prsa iz proniranog položaja, (3) podizanje obiju pruženih nogu iz proniranog položaja, (4) povlačenje na *strain-gauge* dinamometru, (5) testiranje na posebno dizajniranoj trenažnoj i testnoj jedinici DBC110 (DBC International Ltd, Vantaa, Finska), (6) sjedeća dinamometrija na Biodexu ili na Darcus *strain-gauge* dinamometru. Biering-Sorensenov test pronađen je u 29 istraživanja, a ostali testovi ekstenzora leđa pojavili su se u jednom do tri istraživanja. Autori ističu znatan utjecaj motivacije i truda subjekata na rezultate,

a Biering-Sorensenov test se na osnovi literature pokazao kao klinički najkorisniji i lagan za izvođenje, test koji ne zahtijeva posebnu opremu te ima najviše referenci u literaturi.

Tse, McManus i Masters (2005) proveli su validaciju programa izdržljivosti mišića trupa sezonskih veslača prosječnog iskustva od 1 godine i prosječne dobi od 21 godine (n=45 inicijalno, 34 završno). Ispitanici su formirali 2 grupe, intervencijsku i kontrolnu, a obje su uz redoviti veslački trening provodile i kružni trening s po jednom vježbom po velikoj mišićnoj skupini. Intervencijska grupa provodila je i dodatni nespacificirani trening za izdržljivost mišića trupa u trajanju od 8 tjedana (2 puta na tjedan). Trup je testiran pomoću McGillova skupa testova mišićne izdržljivosti. Sportska izvedba procjenjivala se pomoću vertikalnog skoka, skoka u dalj iz mjesta, povratnog trčanja na 10 metara, sprinta na 40 metara, bacanja medicine iznad glave te 2000 metara na veslačkom ergometru (vrijeme, laktati, maksimalna frekvencija srca). Intervencijska grupa značajno je unaprijedila rezultate obje strane laterofleksijske izdržljivosti, nijedna grupa nije poboljšala fleksijsku mišićnu izdržljivost trupa (inicijalno visoki rezultati) te iznenađujuće, kontrolna grupa značajno je poboljšala rezultate ekstenzijske izdržljivosti trupa.

Nesser, Huxel, Tincher i Okada (2008) te Nesser i Lee (2009) proučavali su odnos između stabilnosti trupa i sportske izvedbe (vertikalni skok CMJ, sprint, povratno trčanje, 1 RM bench press, čučanj, nabačaj) kod igrača američkog nogometa (2008), odnosno nogometašica (2009). U svrhu testiranja stabilnosti trupa upotrijebljen je McGillov skup testova mišićne izdržljivosti, a za navedenu mjeru unutar spomenutih istraživanja autori se koriste različitim pojmovima: stabilnost, jakost i mišićna izdržljivost. Rezultati su pokazali slabe do umjerene i nekonzistentne korelacije testova trupa s testovima sportske izvedbe.

Pridonosi li dodatni trening stabilnosti trupa (6 tjedana/ 3 puta na tjedan) sportskoj izvedbi i izdržljivosti mišića trupa kod igrača bejzbola studentske populacije, istražili su Lust, Sandrey, Bulger i Wilder (2009). Ispitanici (n=34; trening skupine n=19) podijeljeni su u 2 trening skupine i 1 kontrolnu. Trening skupine provodile su program koji je uključivao vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca gornjih ekstremiteta te pliometrijski trening bacanja. Druga trening grupa uz navedeno je dodatno provodila trening stabilnosti trupa koji se sastojao od vježbi mišićne izdržljivosti trupa koje su progresirale tijekom intervencije. Za procjenu statične izdržljivosti mišića trupa upotrijebljen je McGillov skup testova, a od funkcionalnih testova: preciznost bacanja loptice i CKCUEST test (engl. *closed kinetic chain upper extremity*

*stability test*). Oba programa, s treningom trupa i bez njega, značajno su unaprijedila funkcionalne testove te testove fleksijske i ekstenzijske izdržljivosti trupa. Međutim, rezultati nisu pokazali očekivane značajne razlike između dvaju trenažna programa u kontekstu funkcionalnih testova i testova mišićne izdržljivosti trupa.

Durall i sur. (2009) procjenjivali su učinak jednostavnog predsezonskog programa treninga trupa u trajanju od 10 tjedana (2 puta na tjedan) na incidenciju križbolje kod gimnastičarki (n=30). Testiranje prije i poslije intervencije trening i kontrolne grupe uključivalo je McGillov skup testova mišićne izdržljivosti. Rezultati su pokazali prosječna poboljšanja kod trening grupe za 47 sekundi za lateralne fleksore, 34 sekunde za ekstenzore i 80 sekundi za fleksore. Autori donose zaključak o učinkovitosti programa s obzirom na to da nijedna gimnastičarka u sljedećoj natjecateljskoj sezoni nije prijavila pojavu križbolje.

Keogh, Aickin i Oldham (2010) željeli su odgovoriti na pitanje mogu li rezultati dobiveni McGillovim skupom testova mišićne izdržljivosti (autori ih nazivaju stabilnošću) te iz njih 4 dobivena omjera (desna/lijeva lateralna fleksija, fleksija/ekstenzija, desna lateralna fleksija/ekstenzija, lijeva lateralna fleksija/ekstenzija) razlikovati izvedbu ramenog potiska (1RM) sjedeći, u stabilnim i nestabilnim uvjetima kod rekreativaca. Nepronalaženje nijedne korelativne veze autori objašnjavaju specifičnošću stabilnosti trupa u odnosu prema zadatku.

Odnos između stabilnosti trupa (testirana McGillovim skupom testova mišićne izdržljivosti), funkcionalnog pokreta (FMS – engl. *functional movement systems*) i sportske izvedbe (BOMB test bacanja medicinke, čučanj na jednoj nozi, T-run agility test) kod rekreativaca proučavali su Okada, Huxel i Nesser (2011). Namjera im je bila ustanoviti koji od navedenih testova najbolje predstavlja sportsku izvedbu. Izračunato je nekoliko umjereno pozitivnih i negativnih korelacijskih veza između testova trupa i sportske izvedbe, te između funkcionalnih testova i testova sportske izvedbe. Autori zaključuju kako su najbolji prediktori sportske izvedbe mjere laterofleksijske izdržljivosti trupa te funkcionalni test mobilnosti desnog ramena, ali se ograđuju od pouzdanosti zaključka s obzirom na niske korelativne veze.

Kombinaciju statičnih i dinamičnih testova za procjenu izdržljivosti mišića trupa upotrijebili su Lin i sur. (2013) u pokušaju utvrđivanja korelacija između mjera mišićne izdržljivosti trupa i brzine zamaha palicom kao mjere sportske izvedbe kod igrača bejzbola u dobi od 14 do 18 godina. Izdržljivost mišića trupa procjenjivala se samo u sagitalnoj ravnini u

smjeru fleksije i ekstenzije. Fleksori trupa procjenjivali su se izdržajem u sjedećem položaju s trupom pod kutom od 45° statično te dinamično s podizanjem u isti položaj iz ležećeg i ponovnim spuštanjem, u tempu metronoma od 25 ponavljanja u minuti. Ekstenzori trupa procjenjivali su se Biering-Sorensenovim testom statično te u istom položaju uzastopnim ponavljanjem podizanja i spuštanja trupa u zadanom tempu od 25 ponavljanja u minuti. Rezultati su pokazali nisku do umjerenu negativnu korelaciju brzine zamaha palicom sa statičnom i dinamičnom izdržljivošću fleksora te s omjerom statične i dinamične fleksijske izdržljivosti.

Tong, Wu i Nie (2014. a) razvili su test izdržljivosti mišića trupa u sagitalnoj razini, u uporbu prednjem (plank) tzv. *sport-specific endurance plank test performance*. Zadatak je ispitanika zadržati upor prednji u zadanoj formi sa sljedećim zadacima u kontinuitetu, bez odmora: (1) držati plank položaj 60 sekundi, (2) podići desnu ruku od poda i zadržati 15 sekundi, (3) spustiti desnu ruku i podići lijevu te zadržati 15 sekundi, (4) spustiti lijevu ruku i podići desnu nogu 15 sekundi, (5) spustiti desnu nogu i podići lijevu na 15 sekundi, (6) podići istodobno lijevu nogu i desnu ruku, zadržati 15 sekundi, (7) spustiti lijevu nogu i desnu ruku te podići istodobno desnu nogu i lijevu ruku na 15 sekundi, (8) zauzeti osnovni položaj planka i držati 30 sekundi, (9) ponavljati korake 1 – 9 do trenutka kada se plank više ne može zadržati u adekvatnoj formi. Ovaj test izdržljivosti mišića trupa Tong i sur. (2014. b) upotrijebili su u istraživanju u kojem su usporedili učinke 6- tjednog HIIT treninga (engl. *high intensity interval training*) na odrasle trkače rekreativce oba spola (n=16). Eksperimentalna i kontrolna skupina provodile su HIIT trening, a eksperimentalna je imala dodatne treninge trupa u kombinaciji s prethodnim treningom inspiracijskih mišića. Rezultati su pokazali kako su izdržljivost mišića trupa i inspiracijskih mišića unaprijeđeni u objema grupama, no u odnosu prema kontrolnoj grupi, eksperimentalna je pokazala veći napredak u izdržljivosti trupa i trkačkoj izvedbi.

Weston, Hibbs, Thompsom i Spears (2015) proveli su intervencijsko istraživanje kvantificiranja 12-tjednog (3 puta na tjedan) izoliranog treninga trupa kod elitnih plivača juniora (15 – 17 godina) nacionalnog ranga oba spola (n=20). Intervencijska i kontrolna skupina provodile su redovite plivačke treninge, a intervencijska je imala dodatni trening trupa sastavljen od 6 vježbi koje su postupno progresirane tijekom intervencije. Trup je testiran isključivo kroz fleksijsku mišićnu izdržljivost trupa u uporbu na laktovima. Intervencijska grupa poboljšala je svoje vrijeme na 50 m plivanja kraul za 2%, a pokazala je i niske do umjerene napretke u fleksijskoj izdržljivosti trupa i ekstenziji ramena.



Proučavajući odnos između izdržljivosti mišića trupa i ključnih varijabli sportske izvedbe kod elitnih hokejaša (n=10), Hoppe i sur. (2015) koristili su se testovima za trup klasificiranim kao jakost-izdržljivost. Upotrijebljen je modificirani McGillov skup testova na način da su standardnim položajima nadodani pokreti u zadanom ritmu vođeni idejom koncentrične-ekscentrične kontrakcije: u prednjem uporu ispitanici su opružali nogu u kuku, u bočnom uporu su podizali i spuštali zdjelicu, a u Biering-Sorensenovu testu trup. Rezultati korelacije testova trupa s testovima sportske izvedbe (izdržljivost, jakost, snaga, brzina, agilnost) pokazali su visoku povezanost testova trupa jedino s testom mišićne izdržljivosti (korištenjem progresivnog testa opterećenja).

Istraživanja Claytona i sur. (2011), Jamisona i sur. (2012), Ambegaonkara i sur. (2014), prethodno predstavljena u poglavljima jakosti i snage trupa, za procjenu izdržljivosti mišića trupa također su se koristila standardnim McGillovim skupom testova.

### **1.3. Uloga trupa u kontekstu prevencije i rehabilitacije ozljeda i bolnih stanja**

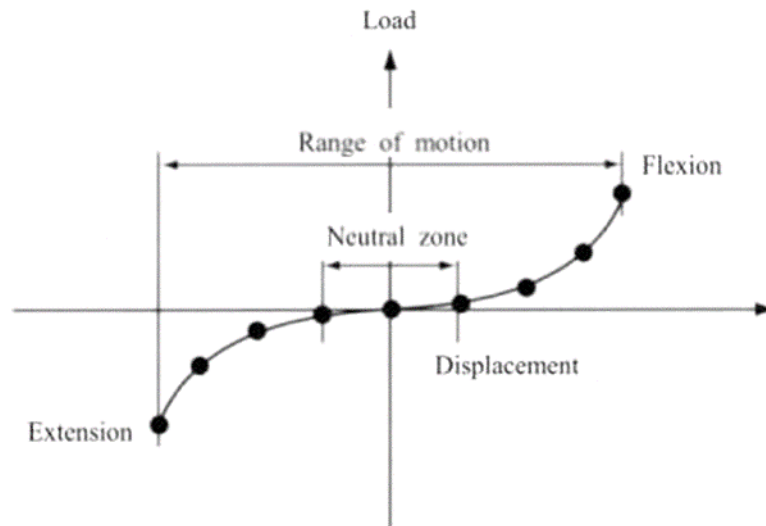
#### **1.3.1. Povezanost funkcija trupa s bolovima u leđima**

Procjenjuje se da 15 do 20% odraslih osoba osjeti bol u leđima tijekom jedne godine, dok 75 – 85% populacije doživi barem jednu epizodu bolova u leđima tijekom života (Andersson, 1998). Križobolja (*low back pain – LBP*) pogađa sve životne dobi i glavni je uzrok nesposobnosti za rad i izostanka s posla radno aktivnog stanovništva, što uzrokuje različiti spektar socioloških, psiholoških i ekonomskih problema. Čimbenici rizika za pojavu boli u leđima su višedimenzionalni – od antropometrijskih karakteristika, općeg zdravstvenog i psihičkog stanja, preko socioekonomskog statusa, pa sve do čimbenika radnog okruženja (Rubin, 2007). U ovome radu razmotrit će se povezanost bolova u leđima s funkcijama trupa.

#### **Fleksibilnost kralježnice i trupa**

Panjabi (1992. a i 1992. b) teorijski je definirao koncept neutralne zone kao klinički važnu mjeru stabilnosti kralježnice. Neutralna zona je područje intervertebralnih gibanja oko neutralne posture unutar kojeg kralježnica pruža minimalni otpor, a može se povećati kao posljedica ozljede same kralježnice ili slabosti mišića. Navedeno kao posljedicu ima

nestabilnost kralježnice i križbolju. Fiziološki intervertebralni opseg pokreta mjeren od neutralnog položaja, Panjabi dijeli na 2 dijela: neutralnu i elastičnu zonu (Dijagram 1). Neutralna zona je zona fleksibilnosti ili labavosti u kojoj kralježnica pruža minimalni unutarnji otpor, a elastična zona je zona visoke čvrstoće, proteže se od ruba neutralne zone do fiziološke granice, a u kojoj kralježnica pruža zamjetan unutarnji otpor.



Dijagram 1. Model neutralne zone prema Panjabiju, 1992. (Radziminska, Weber-Rajek, Straczynska i Zukow, 2017)

Laird, Gilbert, Kent i Keating (2014) u svojem su preglednom radu i metaanalizi na osnovi 43 istraživanja koja uspoređuju lumbo-pelvičnu kinematiku osoba s križboljom i bez nje zaključili kako osobe s križboljom imaju smanjeni opseg pokreta u lumbalnom dijelu, kreću se sporije i imaju smanjenu propriocepciju u usporedbi s osobama bez križbolje. Autori pritom ističu veliku varijabilnost u metodama i postupcima kojima je procjenjivan opseg pokreta fleksije kralježnice pa normativni podaci imaju limitirajuću relevantnost.

Među stručnjacima postoji stajalište prema kojem naglasak na fleksibilnost trupa unapređuje zdravlje leđa i smanjuje rizik od ozljede, no u literaturi nije moguće pronaći jasne dokaze koji podupiru navedeno. Naprotiv, pojedina istraživanja to stajalište opovrgavaju (McGill, 2016).

Biering-Sorensen (1984) proveo je prvo istraživanje s ciljem da stvori predikcijske parametre buduće pojave boli u leđima na uzorku od 900 odraslih osoba oba spola. Ovo prospektno istraživanje u trajanju od jedne godine pokazalo je da povećani opseg pokreta fleksije lumbalne kralježnice mjenog modificiranim Schoberovim testom (test sposobnosti

pregibanja lumbalne kralježnice) predstavlja predikcijski faktor pojave križobolje kod muškaraca.

Odnos lumbalne fleksije i problema križobolje proučavali su Sullivan, Shoaf i Riddle (2000) u kontekstu fizioterapijske procjene aktivnog opsega pokreta (engl. *active range of motion* – *AROM*). U ovom intervencijskom istraživanju sudjelovalo je 15 terapeuta i 81 bolesnik s križoboljom, a podaci su prikupljeni u dvije vremenske točke – prije i nakon provedene fizioterapije. Rezultati su pokazali nisku povezanost rezultata AROM testa lumbalne fleksije i problema povezanih s križoboljom te uputili na potrebu preispitivanja uporabe mjera AROM lumbalne fleksije kao cilja terapije kada je svrha rješavanje funkcionalnih ograničenja i problema križobolje.

Do zanimljivog otkrića došli su Tanaka i sur. (2001) u istraživanju provedenom na kralježnicama trupala. Veći opseg pokreta lumbalne kralježnice u smjeru rotacija zamijećen je na kralježnicama sa 3. stupnjem degeneracije kralježaka. To su potvrdili McGill i sur. (2003) koji su promatrali mnogobrojne parametre u kontekstu povijesti bolesti križobolje. Naime, prema navedenom istraživanju registrirana je smanjena pokretljivost kralježnice u smjeru fleksije, ekstenzije i lateralne fleksije na objema stranama kod osoba s poviješću bolesti križobolje, no u isto vrijeme te su osobe imale veću rotacijsku pokretljivost u oba smjera.

### **Jakost mišića trupa i križbolja**

Razvoj jakosti mišića trupa često je uključen u protokole rehabilitacija bolova u leđima. No istraživanja provedena o toj temi nisu jasno dokazala kako osobe s križoboljom imaju smanjenu jakost mišića trupa.

Prospektivno, 10-godišnje istraživanje autora Leino, Aro i Hasan (1987), provedeno inicijalno na oko 900 osoba, a završno na njih oko 650, nije uspostavilo povezanost između rezultata testova izometrijske i dinamičke jakosti trupa s pojavnošću bolova u leđima.

U prije spomenutom istraživanju s ciljem da se stvore predikcijski parametri buduće pojave boli u leđima, Biering-Sorensen (1984) bilježi tendenciju slabijih mišića trupa kod osoba s ponovljenom pojavom križobolje unutar godine dana. No za prvu pojavu križobolje, povezanost s jakošću mišića trupa nije pronađena, tj. nije uspostavljena predikcijska vrijednost. Holmstrom i Moritz (1992) u istraživanju provedenom na stotinjak građevinskih radnika nisu pronašli razlike u jakosti izometrijske fleksije i ekstenzije trupa među onima sa simptomima bolova u donjem dijelu leđa ili bez tih simptoma.

Dio je autora u kontekstu jakosti mišića trupa promatrao omjer jakosti fleksije i ekstenzije, točnije povezanost poremećaja u omjeru jakosti fleksije i ekstenzije s pojavom

križbolje. Biering-Sorensen (1984) nije ustanovio prognostičku vrijednost ovog omjera na pojavu križbolje, kao ni Leino i sur. (1987). Istraživanje McGilla i sur. (2003) pokazalo je da osobe s problemima križbolje imaju relativnu veću jakost ekstenzora u odnosu prema fleksorima.

Dakle, dosadašnja istraživanja pokazala su vrlo nisku povezanost između jakosti mišića trupa sa zdravljem kralježnice, osobito njezina donjeg dijela. McGill (2016) zaključuje kako to ne znači da jakost trupa nije važna, već da je za zdravlje kralježnice relativno važniji način njezina gibanja, tj. održavanje fizioloških krivina – neutralan položaj – u kojem ona najbolje podnosi vanjske i unutarnje sile uz ekonomičnu potrošnju mišićne energije.

### **Izdržljivost mišića trupa i križbolja**

Biering-Sorensen (1984) definirao je kako odgovarajuća statična izdržljivost mišića donjeg dijela leđa prevenira pojavu prve epizode križbolje. Te su rezultate potvrdili i proširili Luoto, Heliovaara, Hurri i Alaranta (1995) ponudivši podjelu rezultata izdržljivosti ekstenzora leđa u 3 kategorije pri čemu je relativan rizik pojave križbolje više od 3 puta veći među osobama oba spola koje su bile u najnižoj kategoriji (<58 sekundi).

McGill i sur. (2003) također su potvrdili povezanost izdržljivosti mišića trupa s pojavom križbolje kroz određene omjere kod opće populacije, radnika oba spola u teškoj industriji. Osobe s prethodnom epizodom križbolje pokazale su slabiju mišićnu izdržljivost ekstenzora u odnosu prema fleksorima. Omjer izdržljivosti mišića desne i lijeve lateralne strane trupa između 0,95 i 1,05 prema autorima upućuje na uravnoteženu izdržljivost, a omjer izvan tih granica upozorava na neuravnoteženost koja predstavlja rizik za razvitak bolova u donjem dijelu leđa. Ako je omjer izdržljivosti lateralne strane trupa i ekstenzije >0,75, on također upozorava na navedeni rizik. U istom je istraživanju zaključeno kako omjer jakosti (Nm) i mišićne izdržljivosti (sek) ekstenzora trupa također predstavlja rizik za križbolju ako je veći od 4,0.

Usporedbom 35 različitih testova jakosti, mišićne izdržljivosti, fleksibilnosti, motoričke kontrole i funkcije koji se upotrebljavaju za procjenu trupa, Waldhelm i Li (2012) dolaze do zaključka kako su testovi mišićne izdržljivosti najpouzdanija mjera za kompleksan pojam stabilnosti trupa.

Vježbanje je često dio preventivskog i rehabilitacijskog pristupa križbolji. Međutim, takvi programi vježbanja najčešće su sveobuhvatni te uključuju vježbe koje pokrivaju različite dimenzije trupa: fleksibilnost kralježnice, mišićnu izdržljivost, jakost, snagu ili pak povećanje opsega pokreta kukova. Istraživanja koja su procjenjivala rezultate takvih programa (Koes,

Bouter, Beckerman, Van der Heijden i Knipschild, 1991; Abenhaim i sur., 2000; Van Tulder, Malmivaara, Esmail i Koes, 2000) ne daju nam jasnu i nedvojbenu sliku o stvarnim učincima specifičnih vježbi usmjerenih na određene dimenzije trupa na križbolju. No prema prikazanom, dosadašnja saznanja upućuju na potrebu razvoja statične izdržljivosti mišića trupa kao primarne intervencije u prevenciji i tretiranju križbolje.

### **1.3.2. Povezanost funkcija trupa s ozljedama donjih ekstremiteta**

Središnji živčani sustav (SŽS) putem mehanizma anticipacijske posturalne prilagodbe inicira aktivaciju trbušnih mišića i multifidusa prije primarnih pokretača donjih ekstremiteta te na taj način stvara stabilnu osnovu za njihovo pokretanje (Hodges i Richardson, 1997). Kao što je istaknuto, anticipacijske posturalne prilagodbe, tj. redosljed i jačina aktivacije pojedinih mišića trupa, ovise o motoričkom zadatku i funkcionalnom stanju pojedinca (Bouisset, 2008). Također, s obzirom na svoj centralni smještaj u gotovo svim funkcionalnim kinetičkim lancima, mišići trupa pomažu u generiranju i transferu sile s velikih dijelova tijela na one manje, osiguravajući proksimalnu stabilnost za distalnu mobilnost (Kibler i sur., 2006) te je njihova uloga u funkcionalnosti donjih ekstremiteta nezaobilazna.

U svojem istraživanju o utjecaju uganuća gležnja na aktivaciju mišića pri ekstenziji kuka, Bullock-Saxton, Janda i Bullock (1994) zamijetili su kašnjenje u uzorku aktivacije mišića gluteus maximus obje strane, što za posljedicu može imati promijenjenu stabilnost zgloba te razvoj boli. Beckman i Buchanan (1995) registrirali su pak kašnjenje aktivacije mišića gluteus medius ipsilateralne strane kod osoba s uganućem gležnja te kontralateralne strane osoba s hipermobilnim gležnjem.

Proučavajući jakost mišića kukova kod mlađih ženskih osoba (12 – 21 godine), s patelofemoralnom boli i bez nje, Ireland i sur. (2003) mjerili su izometrijsku jakost abdukcije i vanjske rotacije kuka ručnim dinamometrom. Rezultati su pokazali kako osobe s patelofemoralnom boli imaju 26% manju jakost abduktora te 36% manju jakost vanjskih rotatora kuka u odnosu prema kontrolnoj grupi. Frederickson i sur. (2000) kod trkača na duge staze s iliotibijalnim sindromom zamijetili su manju jakost abduktora kuka ipsilateralne noge u odnosu prema kontralateralnoj nozi te u odnosu prema kontrolnoj skupini trkača. Nakon intervencije u obliku 6-tjednog standardiziranog protokola usmjerenog na jačanje mišića gluteus medius, kod žena je povećan moment sile abdukcije kuka za 34,9%, a kod muškaraca za 51,4%. Bol je izostala pri svim pokretima kod 22 od 24 trkača (92%).

Ozljeda prednjeg križnog ligamenta koljena (engl. *anterior cruciate ligament* – ACL) jedna je od najčešćih ozljeda ligamenata koljena i kompleksne je etiologije s mnogobrojnim anatomskim, mišićnim, biomehaničkim, hormonskim i okolišnim čimbenicima uključujući i njihove kombinacije. Zamijećeno je kako je često u trenutku ozljede ACL-a ipsilateralna noga u položaju adukcije i unutarnje rotacije femura pa se u svrhu prevencije preporučuje jačanje i povećanje izdržljivosti abduktora i vanjskih rotatora kuka (Griffin, Agel i Albohm, 2000). Chaudari i Andriacchi (2006) prema istraživanju na biomehaničkom modelu zaključili su kako su dinamičko poravnanje noge i krutost mišića kuka (i gležnja) najvažniji prediktori za ozljedu ACL-a. Sommer je 1988. proveo kinematografsko istraživanje na 15 sportaša natjecatelja u kontekstu ozljeda koljena i umora. Rezultati su pokazali kako donji ekstremiteti s pojavom umora imaju tendenciju zauzimanja položaja tipičnih za pojavu ozljeda – u smjeru veće femoralne adukcije i unutarnje rotacije. Sommer smatra kako se to događa zbog nesposobnosti generiranja odgovarajućeg momenta sile glutealnih i abdominalnih mišića te hamstringsa. Devlin (2000) je napravila pregled literature s tematikom ozljeda hamstringsa sportaša australske ragbi lige te zaključila kako zamor trbušnih mišića može pridonijeti ozljedama hamstringsa.

Kako stabilnost trupa ima značajnu ulogu u prevenciji ozljeda donjih ekstremiteta, smatraju i Leetun, Ireland, Wilson, Ballantyne i Davis (2004), a kao mjere stabilnosti trupa pretpostavili su izometrijsku jakost abdukcije i vanjske rotacije kuka te statičnu mišićnu izdržljivost ekstenzora i laterofleksora trupa. Na uzorku od 80 ženskih i 60 muških sveučilišnih sportaša promatrali su incidenciju ozljeda donjih ekstremiteta u jednoj natjecateljskoj sezoni u odnosu prema rezultatima testova provedenih prije početka sezone. U promatranom razdoblju ozlijedili su se sportaši sa značajno manjom jakosti femoralne abdukcije i vanjske rotacije.

Hewett i Myer (2005) u svojem sustavnom preglednom članku o utjecaju živčano-mišićnih treninga na smanjenje ozljeda koljena sportašica, zaključuju kako trening pliometrijske snage, tehnike, jakosti, ravnoteže te stabilnosti trupa može izazvati živčano-mišićne promjene i prevenirati ozljede donjih ekstremiteta kod sportašica. Međutim, ostaje nejasno koja je od komponenti najučinkovitija ili je učinak posljedica kombinacije.

U svojem preglednom radu retrospektivnih i presječnih istraživanja o povezanosti stabilnosti trupa s funkcijom i ozljedama donjih ekstremiteta Willson i sur. (2005) ističu jasnu povezanost između mišićne aktivnosti trupa i pokreta donjih ekstremiteta no ističu kako nije moguće svaku ozljedu nogu pripisati nedostacima stabilnosti trupa. Procjenjivana istraživanja sugeriraju kako ozljede donjih ekstremiteta mogu umanjiti mjere stabilnosti trupa kao i to da

prethodno postojanje deficita u funkcionalnosti trupa može povećati rizik ozljeda donjih ekstremiteta.

Prospektivna, longitudinalna istraživanja u trajanju od 3 godine, provedena na velikom uzorku (n=277) sveučilišnih sportaša oba spola, potvrdila su povezanost stabilnosti trupa s ozljedama donjih ekstremiteta (Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg i Cholewicki, 2007. a i b). Prema dobivenim rezultatima, smanjena propriocepcija trupa i smanjena živčano-mišićna kontrola bile su prediktivni čimbenici za buduće ozljede koljena kod sportašica.

### **1.3.3. Povezanost funkcija trupa s ozljedama gornjih ekstremiteta**

Prema navedenom u slučaju donjih ekstremiteta, pretpostavljena uloga trupa i u kontekstu gornjih ekstremiteta zasniva se na anticipacijskim i reaktivnim posturalnim prilagodabama te na propulzivnoj ulozi trupa unutar funkcionalnih kinetičkih lanaca.

Ozljede gornjih ekstremiteta povezane s funkcijama trupa istraživane su pretežito na sportašima. Chaudari, McKenzie, Borchers i Best (2011) suočivši se s problemom adekvatnog i objektivnog mjerenja lumbo-pelvične kontrole pri pokretu, osmislili su i razvili „Level belt“ – remen sa senzorom na bazi akcelerometra koji registrira anteriorni i posteriorni tilt zdjelice u odnosu prema horizontali. U svojem prospektivnom istraživanju (Chaudari, McKenzie, Pan i Onate, 2014) istražili su povezanost lumbo-pelvične kontrole i ozljeda profesionalnih igrača bejzbola (n=347) pomoću testa podizanja jedne noge (engl. *single-leg raise test*) provedenog tijekom priprema te vođenjem evidencije o danima izostanaka zbog ozljeda svakog pojedinog igrača tijekom jedne sezone. Bacači s manjom lumbo-pelvičnom kontrolom, tj. s većim pokretom zdjelice pri izvođenju testa (unutar gornje trećine rezultata) imaju 3 puta veću vjerojatnost izostanka s terena u trajanju od najmanje 30 dana u odnosu prema bacačima s manjim pokretom u zdjelici. U ukupnom broju ozljeda, beskontaktne ozljede gornjih ekstremiteta činile su 60%, a ozljede trupa/leđa 14%.

Povezanost stabilnosti trupa s ozljedama lakta i ramena kod igrača bejzbola prosječne starosti 13,5 godina, Endo i Sakamoto (2013) nisu dokazali. Međutim, stabilnost trupa mjerena je neodgovarajućim testovima statične mišićne izdržljivosti trupa. Manje prosječne vrijednosti u izdržljivosti laterofleksora trupa registrirane su kod ispitanika grupe s prijavljenom boli pri bacanjima.

Pontillo, Spinelli i Sennett (2014) te Tate i sur. (2012) stabilnost trupa u kontekstu ozljeda gornjih ekstremiteta procjenjivali su pomoću nevalidiranog CKCUEST testa (engl. *closed kinetic chain upper extremity stability test*) koji se izvodi u uporuu na šakama

dodirivanjem oznaka razmaknutih 91,4 centimetara izmjenjujući ruke. Iako je uporaba ovog testa upitna kao mjera stabilnosti trupa, autori zaključuju kako se loša stabilnost trupa može smatrati rizičnim čimbenikom za pojavu ozljeda gornjih ekstremiteta. Tate i sur. su uz CKCUEST test upotrijebili i testove statične mišićne izdržljivosti trupa te nisu ustanovili povezanost njihovih nižih rezultata s ozljedama ramena, osim u slučaju izdržljivosti laterofleksora trupa.

Presječno istraživanje o ozljedama sveučilišnih plivačica natjecateljske kategorije, Harrington, Meisel i Tate (2014), uključivalo je testove opsega pokreta, jakosti gornjih ekstremiteta, dužinu pektoralnih mišića te statičnu mišićnu izdržljivost trupa za fleksore i laterofleksore obje strane. U kontekstu izdržljivosti mišića trupa, nisu ustanovljene statistički značajne razlike između grupa s boli u ramenu i bez boli.

Radwan i sur. (2014) testirali su trup sveučilišnih sportaša (n= 61) različitih sportova koji uključuju pokrete rukama iznad glave u namjeri da pronađu poveznice s disfunkcijama ramena. Kao mjere trupa provedeni su testovi: SLBT (engl. *single-leg stance balance test*) test ravnoteže, DSLL (engl. *double straight leg lowering test*) test stabilnosti trupa, te testovi statične mišićne izdržljivosti ekstenzora i laterofleksora trupa. Istraživanje je pokazalo kako sportaši s ozljedama ramena imaju smanjenu ravnotežu u odnosu prema onima bez ozljeda. Do sličnih zaključaka došli su i Garrison, Arnold, Macko i Conway (2013) uspoređujući dinamičnu ravnotežu kod skupine sveučilišnih sportaša bejzbola s ozljedama ularnog kolateralnog ligamenta i bez tih ozljeda. Kod ozlijeđenih sportaša registrirana je značajno smanjena dinamična ravnoteža na objema nogama.

U svojem kritičkom pregledu o utjecaju stabilnosti trupa na ozljede gornjih ekstremiteta (i sportsku izvedbu) kod sportaša, Silfies i sur. (2015) zaključuju kako nedostatna stabilnost trupa kao čimbenika rizika za razvoj ozljeda gornjih ekstremiteta nije sistematično evaluirana u kontekstu ostalih ozljeda.

#### **1.4. Funkcije trupa i sportska izvedba**

Tijekom posljednjeg desetljeća dogodile su se znatne promjene u pristupu treningu sportaša i rekreativaca u smislu isticanja uporabe vježbi za poboljšanje živčano-mišićnih funkcija trupa, posebice statičnih vježbi mišićne izdržljivosti trupa. Međutim, te promjene



paradigme treniranja nisu potpuno bile vođene rezultatima znanstvenih istraživanja te uloga živčano-mišićnih funkcija trupa u sportskoj ili motoričkoj izvedbi sportaša još nije dovoljno poznata.

#### **1.4.1. Postojeće smjernice u treningu trupa**

Prema Leetunu i sur. (2004), zadaće mišića trupa razlikuju se pri svakodnevnim aktivnostima (nisko opterećenje, sporije kretnje) i onim povezanim uz sport (visoko opterećenje, dinamični pokreti i pokreti koji uključuju otpor). Stoga se zaključci istraživanja provedeni na treninzima u rehabilitacijske svrhe ne mogu u potpunosti primijeniti na uvjete sporta u smislu učinkovitosti pojedinih programa vježbanja (Hibbs, Thompson, French, Wrigley i Spears, 2008). Dok je rehabilitacijski sektor u prvome redu usmjeren na uklanjanje boli pri obavljanju svakodnevnih zadaća (McGill, 2016), u sportu je cilj unapređenje izvedbe te prevencija ozljeda tijekom izvedbe (Myer, Ford, Palumbo i Hewett, 2005; Behm i Anderson, 2006).

Kako ne postoji jedna vježba koja bi aktivirala sve mišiće trupa, da bi se unaprijedile stabilnost i jakost trupa, potrebno je kombinirati više vježbi različitog intenziteta (Cholewicki i VanVliet, 2002). Comerford (2007) također smatra da je važno trenirati trup i pod niskim i pod visokim opterećenjima te definira 3 nužna područja treninga trupa: (1) motorička kontrola stabilnosti, (2) trening jakosti trupa, (3) trening opće jakosti. Prema Vezina i Hubley-Kozey (2000), aktivacija mišića >60% maksimalne voljne kontrakcije (engl. *maximal voluntary contraction* – MVC) nužna je kako bi rezultirala unapređenjem jakosti, dok su stabilnost i mišićna izdržljivost posljedica MVC-a <25%. Trening trupa ponajprije treba biti specifičan i u funkciji cilja – rehabilitacijskog ili sportskog pa tako prije početka bilo kakvog trenažnog programa odabir vježbi i njihov intenzitet moraju biti pažljivo evaluirani (Hibbs i sur., 2008).

Trenažne programe s otporom izvođene na nestabilnim podlogama proučavala su mnogobrojna istraživanja vođena premisom kako se sport odvija u nestabilnim uvjetima te da se u cilju specifičnosti, trening također treba odvijati u sličnim uvjetima (Behm, Drinkwater, Willardson i Cowley, 2010). Druga premisa o korištenju nestabilnih podloga u treningu zasniva se na ideji da je na nestabilnim površinama potrebno manje opterećenje kako bi se izazvao isti učinak kao na stabilnoj površini s većim opterećenjem (Wirth i sur. 2016). Određena istraživanja pokazala su kako trening s otporom u nestabilnim uvjetima (izazvanim platformom na kojoj se izvode ili pokretima ekstremiteta) povećava aktivaciju mišića trupa u odnosu prema istom treningu u stabilnim uvjetima te jednako tako povećava aktivnost mišića ekstremiteta

(Marshal i Murphy, 2006.a i 2006.b; Santana, Vera-Garcia i McGill, 2007). Behm, Power i Drinkwater (2003) zaključuju kako unilateralne vježbe imaju sličan učinak na mišiće trupa i ekstremiteta kao vježbe izvođene na nestabilnim podlogama. Međutim, Hamlyn i sur. (2007) pokazali su kako standardne vježbe obrasca podizanja (čučanj, mrtvo dizanje) izvođene na stabilnoj podlozi pridonose još višim razinama aktivacije mišića trupa u odnosu prema vježbama izvođenim bez vanjskog opterećenja na nestabilnim podlogama. Vježbanje s otporom na nestabilnim podlogama može rezultirati smanjenjem snage, brzine i opsega pokreta (Drinkwater, Pritchett i Behm, 2007). Behm i sur. (2010) zaključuju kako sa stajališta sportske izvedbe, uporaba nestabilnih površina nije opravdana ako je primarni trenažni cilj mišićna hipertrofija, jakost ili snaga. Generiranje sile, izlazna snaga i brzina u uvjetima nestabilnih podloga su umanjene te nedovoljne za izazivanje adaptacijskih promjena, osobito kod visokoutreniranih osoba.

Metaanaliza Prieske, Muehlbauer i Granacher iz 2016. godine o povezanosti mišićne jakosti trupa s motoričkom izvedbom sportaša te o učincima treninga jakosti trupa na motoričku izvedbu sportaša pokazala je iznenađujuće rezultate. Naime, autori su utvrdili kako je povezanost jakosti trupa s motoričkom izvedbom sportaša vrlo niska i kreće se između  $r = -0,05$  (negativna korelacija) i  $r = 0,18$  (niska pozitivna korelacija). Ista je metaanaliza pokazala kako velike promjene u mišićnoj jakosti trupa, izazvane treningom jakosti trupa, dovode do malih promjena u motoričkoj izvedbi sportaša. Štoviše, ti su trenažni učinci manji od trenažnih učinaka standardnog treninga s otporom. Međutim, autori ističu nisku razinu metodološke kvalitete analiziranih istraživanja, što ograničava generalizaciju ovih zaključaka. Sličan zaključak u svojem sustavnom pregledu literature navode i Reed i sur. (2012).

#### **1.4.2. Metodološka ograničenja dosadašnjih istraživanja**

Detaljnim pregledom radova o temi funkcija trupa u kontekstu sportske izvedbe moguće je uočiti značajna metodološka ograničenja dosadašnjih istraživanja, ponajprije vezana uz strukturu, mjerenje i treniranje jakosti i snage mišića trupa. Prema uočenim metodološkim ograničenjima slijedi pregled literature o povezanosti funkcija trupa s motoričkom izvedbom sportaša te o učincima treninga trupa na motoričku izvedbu sportaša.

#### **A/ Niska razina valjanosti**

Kao što je u ovom radu već istaknuto, u literaturi se pod pojmom stabilnosti trupa mogu pronaći raznoliki pojmovi poput jakosti mišića kukova i trupa, izdržljivosti mišića trupa,

zadržavanja određenog stupnja inklinacije zdjelice ili položaja kralježnice, izdržljivosti ili jakosti mišića trupa i drugih (Willson i sur., 2005). Silfies i sur. (2015) definiraju stabilnost trupa kao dinamični proces koji zahtijeva optimalne mišićne kapacitete (jakost, izdržljivost, snaga) i živčano-mišićnu kontrolu, a autori promatranih istraživanja vrlo se često za jednu dimenziju trupa koriste različitim pojmovima u istom radu. Najčešće autori nisu mjerili jakost ili snagu mišića trupa, već njihovu izdržljivost u statičnom položaju, ali su za nju upotrebljavali različite pojmove.

Odnos između stabilnosti trupa i sportske izvedbe (vertikalni skok CMJ, sprint, povratno trčanje, 1 RM bench press, čučanj, nabačaj) kod igrača američkog nogometa proučavali su Nesser i sur. (2008), te vrlo slično istraživanje na nogometašicama Nesser i Lee (2009). Kao mjeru za stabilnost trupa upotrijebili su McGillov skup testova mišićne izdržljivosti, a za navedenu mjeru koriste se različitim pojmovima: stabilnost, jakost i mišićna izdržljivost. Rezultati su pokazali slabe do umjerene i nekonzistentne korelacije testova trupa s testovima sportske izvedbe. Iako autori smatraju da se mogući razlog za takve rezultate krije u nespecifičnosti testova jakosti trupa (koju nisu mjerili), donose zaključak kako trup ima minornu ulogu u performansama jakosti i snage. Zaključci navedenih istraživanja nisu valjani iz razloga što se nije mjerilo ono što je bila namjera mjeriti te zbog zanemarivanja načela specifičnosti – testovi za trup izvođeni su u statičnom režimu rada, duljeg su vremenskog trajanja i u ležećem položaju, a testovi izvedbe su dinamični, kratkog trajanja, eksplozivni i u stojećem položaju.

Cilj istraživanja koje su napravili autori Wells, Elmi i Thomas (2009) bio je odrediti korelacije između nekih fizioloških karakteristika (ravnoteža, fleksibilnost, jakost trupa, periferna jakost i snaga, te kardiovaskularni kapacitet) 24 elitna igrača golfa oba spola sa sportskom izvedbom golfa, u laboratorijskim i turnirskim uvjetima. Za procjenu mišića trupa korišteni su fleksijski i laterofleksijski testovi mišićne izdržljivosti, a mjere koje su njima dobili autori nazivaju različitim nazivima: jakošću, stabilnošću, izdržljivošću te općom performansom trbušnih mišića. Rezultati su uputili na značajne korelacije testova trupa sa sportskom izvedbom golfa. Postojanje povezanosti određenih izvedbi (duljina udarca) s testovima trupa kod žena, ali ne i kod muškaraca, autori povezuju s dužinom poluge u testnim izdržajima (muškarci su u prosjeku viši) te isto objašnjavaju činjenicom da je pri udarcu u golfu ipak važnija snaga od mišićne izdržljivosti. Na osnovi nepotpunih testova izdržljivosti mišića trupa (nedostaje ekstenzijska) zaključuju kako jakost trupa treba biti uključena u programe treninga za igrače

golfa. Znači, autori su mjerili izdržljivost mišića, ističu važnost snage, a zaključuju o jakosti trupa, što upućuje na nisku valjanost istraživanja.

Sa sličnim problemom susrećemo se i u istraživanju Claytona i sur. (2011) o odnosu između izokinetičke jakosti trupa i sportske izvedbe (vertikalni skok, nabačaj, BOMB test bacanja medicine unatrag iznad glave, McGillov skup testova mišićne izdržljivosti), a provedeno je na studentskoj populaciji igrača bejbola. McGillov skup testova autori su uvrstili u motoričku izvedbu, a nazivaju ih testovima izdržljivosti i jakosti mišića trupa. Kako navedeni testovi nisu specifični za sport jer se izvode u statičnom, ležećem položaju, njihova uvrštenost u testove sportske izvedbe nije opravdana. Upitna je i uporaba izokinetičkih testova u svrhu procjene jakosti trupa s obzirom na položaj nogu koje nisu u doticaju s podlogom te takvo mjerenje trupa nema ekološku valjanost jer nije u skladu s izvedbom u stvarnim sportskim uvjetima. Rezultati ovog istraživanja su pokazali kako testovi sportske izvedbe nemaju statistički značajnu povezanost s izokinetičkom jakosti trupa, osim BOMB testa koji ima statistički značajnu povezanost sa svim testovima izokinetike trupa. Samo na osnovi korelacije, zaključuju da je BOMB praktičan i pouzdan prediktor jakosti trupa.

Hoppe i sur. (2015) promatrali su odnos između jakosti trupa i ključnih varijabli sportske izvedbe kod elitnih hokejaša na malom uzorku (n=10). Testovi za trup klasificirani su kao jakost-izdržljivost iako se radi o dinamičnoj izdržljivosti (prednji i bočni upor na podlakticama te Biering-Sorensenov test). Standardnim izdržajima nadodani su pokreti u zadanom ritmu vođeni idejom koncentrične i ekscentrične kontrakcije: u prednjem uporu ispitanici su ispružali nogu u kuku, u bočnom uporu podizali su i spuštali zdjelicu, a u Biering-Sorensenovu testu trup. Iako izvedeni u promijenjenoj izvedbi u odnosu prema standardnom McGillovom skupu testova, ovi testovi ne mjere jakost, nego i dalje mišićnu izdržljivost, a dinamična komponenta nije istovjetna u svim testovima. U prednjem uporu podizanjem noge test dobiva istaknutu komponentu nestabilnosti, dok ostala dva testa nisu konzistentna u smislu vrste kinetičkog lanca – bočni upor izvodi se pomicanjem centralnog segmenta trupa (zdjelice) u zatvorenom kinetičkom lancu dok se u Biering-Sorensenovu testu pomiče cijeli trup u otvorenom. Iz navedenog slijedi kako nije dobivena jasna mjera trupa, tj. da su testovi niske valjanosti. Rezultati korelacije testova trupa s testovima sportske izvedbe (izdržljivost, jakost, snaga, brzina, agilnost) pokazali su visoku povezanost testova trupa jedino s testom mišićne izdržljivosti. Također, položaji u kojem je mjereno trup nisu specifični za sport.

## **B/ Zanemareno načelo specifičnosti**

Prema načelu specifičnosti (SAID – engl. *specific adaptation to imposed demands*), koje je prvi put predložio Henry (1958), tijelo se fiziološki prilagođava specifičnim zahtjevima kojima se izlaže. U promatranim istraživanjima položaji u kojima su mjerene i razvijane dimenzije trupa najčešće su bili vezani uz upore na rukama i nogama, ležećem ili sjedećem položaju; s druge strane, testovi za procjenu motoričke izvedbe provode se u stojećem stavu, što po specifičnosti znatno odudara od položaja za mjerenje funkcija trupa.

Sva istraživanja predstavljena u prethodnom poglavlju o niskoj valjanosti zanemarenog su i načela specifičnosti: Nesser i sur. (2008), Nesser i Lee (2009), Wells i sur. (2009), Clayton i sur. (2011), Hoppe i sur. (2015).

Keogh i sur. (2010) željeli su odgovoriti na pitanje mogu li uobičajeni testovi stabilnosti trupa – McGillov skup testova mišićne izdržljivosti te iz njih 4 dobivena omjera (desna/lijeva lateralna fleksija, fleksija/ekstenzija, desna lateralna fleksija/ekstenzija, lijeva lateralna fleksija/ekstenzija) – razlikovati izvedbu ramenog potiska (1RM) u stabilnim i nestabilnim uvjetima (sjed na klupi s naslonom i na lopti) kod rekreativaca. Testovi za trup provedeni su u obliku statičnih jednozglobnih položaja, dok je rameni potisak višezglobna i dinamična kretnja. Autori zaključuju kako je stabilnost trupa specifična u odnosu prema zadatku te da je to razlog zašto nijedna korelativna veza nije pronađena.

Mjereći stabilnost trupa pomoću BKLT (engl. *bent knee lowering test*), Gordon i sur. (2013) nastojali su utvrditi odnos između jakosti trupa, jakosti vanjskih rotatora kuka (HER – engl. *hip external rotation*) i ravnoteže (SEBT test – engl. *star excursion balance test*) kod 54 igračica lakrosa. BKLT test izvodi se u ležećem supiniranom položaju tako da se spuštaju noge flektirane u kuku i koljenu (oboje pod 90°). Bilježi se kut u kuku mjeren od podloge do kojeg ispitanik može kontrolirati stabilnost trupa, tj. spuštati noge bez pomaka zdjelice. Pomak zdjelice registrira se pomoću biofeedback jedinice u obliku jastučića koji prati promjenu tlaka, a smješten je ispod lumbalne kralježnice. Autori mjere dobivenu ovim testom nazivaju stabilnošću i jakošću mišića trupa. Rezultatima nije utvrđena korelacija BKLT i HER (mjeren u otvorenom kinetičkom lancu ručnim dinamometrom, sjedeći) s ravnotežom (SEBT test – mjeren u funkcionalnom zatvorenom kinetičkom lancu, stojeći). Dakle, može se pretpostaviti da su ovakvi rezultati u prvome redu posljedica zanemarenog načela specifičnosti.

Odnos izdržljivosti mišića trupa, jakosti kuka i ravnoteže kod sportašica studentica (n=40) istraživali su Ambegaonkar i sur. (2014). Rezultati su pokazali kako izdržljivost mišića trupa i ravnoteža nisu povezani, a između dimenzija jakosti kuka (mjereno ručnim dinamometrom) i testa ravnoteže postoji povezanost. I u slučaju ovog istraživanja promatrao se odnos testova mjerenih u različitim položajima: izdržljivost mišića trupa sjedeći i ležeći (McGillov skup testova mišićne izdržljivosti), dok se ravnoteža procjenjivala stojeći pomoću SEBT testa čime je narušeno načelo specifičnosti.

McKean i Burkett (2009) pokušali su kvantificirati fleksibilnost i jakost subelitnih kajakaša na mirnim vodama oba spola (n=29) promatrajući odnose između opsega pokreta ramena i kukova, jakosti trupa, jakosti gornjeg dijela tijela (1 RM *bench-press* i *pull-up*) i brzine utrke kajakom. Testiranje trupa i zdjelice uključivalo je modificirani Thomasov test, *Straight leg raise test* i *Double leg lowering test* (DLL test), no nisu navedeni precizni protokoli za njih. Dakle, kao mjera trupa upotrijebljen je samo jedan ležeći test, i to u sagitalnoj ravnini koji autori klasificiraju kao test za jakost trupa, dok je kajak sport u sjedećem položaju te uključuje ostale ravnine. Između mjera jakosti ili mišićne izdržljivosti nije pronađena nijedna korelacija s mjerama sportske izvedbe.

Isti test, DLL test, upotrijebili su i Sharrock, Cropper, Mostad, Johnson i Malone (2011) u svojem pilot-istraživanju s ciljem definiranja odnosa između stabilnosti trupa i sportske izvedbe procjenjivane pomoću sprinta na 40 yd, T-testa, vertikalnog skoka, bacanja medicine iz položaja na koljenima kod sportaša studenata oba spola različitih sportova (18 – 22 god; n=35). Ovaj put autori tvrde kako DLL testom mjere jakost trbušnih mišića, a koja predstavlja mjeru stabilnosti trupa. Rezultati su pokazali slabu korelaciju samo između tako definirane stabilnosti trupa i bacanja medicine, a s ostalim testovima sportske izvedbe nema značajnih korelativnih veza. No iz razloga nespecifičnosti uvjeta testiranja trupa u odnosu prema sportskoj izvedbi, zaključci doneseni na osnovi ovakve metodologije istraživanja su upitni.

Mills, Taunton i Mills (2005) proveli su randomizirano kontrolno istraživanje na 33 (završno 30) subelitnih sportašica odbojke i košarke o utjecaju programa za unapređenje lumbopelvične stabilnosti (LPS) na sportsku izvedbu. Intervencija je trajala 10 tjedana s po 1 nadziranom i 3 nenadzirana, samostalna treninga. Ispitanice su podijeljene u 3 skupine: LPS trening (voljna aktivacija lokalnih stabilizatora – transversus abdominis, multifidus, mišići dna zdjelice), pseudo trening (pregibanja trupa – trbušnjaci, aktivacija globalnih pokretača) i

kontrolna skupina. Kao mjera za LPS korišten je test u ležećem supiniranom položaju podizanjem i spuštanjem nogu kroz 5 stupnjeva progresije uz praćenje kontrole LPS pomoću biofeedback jedinice u obliku jastučića koji registrira promjenu tlaka, a postavljen je ispod lumbalne kralježnice. Sportska izvedba procjenjivala se T-testom za agilnost, vertikalnim skokom i *Bass stick* testom za ravnotežu. Rezultati su pokazali kako trening LPS poboljšava lumbo-pelvičnu stabilnost. Međutim, kod obje trening skupine poboljšanja u LPS-u nisu pridonijela poboljšanju sportske izvedbe. I u slučaju ovog istraživanja, program obiju skupina treninga trupa provodio se kroz vježbe u ležećem položaju te ne zadovoljavaju uvjet specifičnosti u kontekstu sportske izvedbe i testova u stojećem položaju.

Intervencijsko istraživanje o utjecaju 3 vrste treninga, trajanja 9 tjedana (3 puta na tjedan), na brzinu vertikalnog odraza proveli su Butcher i sur. (2007). Uzorak ispitanika sastojao se od rekreativnih sportaša subelitnog ranga vrlo različitih sportova (n=66) koji su podijeljeni u 3 trening grupe: stabilnost trupa, jakost nogu, kombinacija stabilnosti trupa i jakosti nogu, te jednu kontrolnu grupu. Provedena su tri mjerenja: prije intervencije, nakon 3 i nakon 9 tjedana, a sastojala su se od 3 testa: stabilnost trupa – modificirani DSLL (engl. *double straight leg lowering* s neutralnom kralježnicom umjesto sa standardnim posteriornim tiltom zdjelice), brzina odraza pri vertikalnom skoku i procijenjena jakost potiska nogu (engl. *leg press*). Trening stabilnosti trupa i kombinirani trening stabilnosti trupa i jakosti nogu pokazali su značajan napredak u stabilnosti trupa na DSLL testu. Sve tri trening grupe unaprijedile su brzinu odraza pri vertikalnom skoku. Autori su očekivali da će kombinirani trening više unaprijediti brzinu odraza, a razlog za neočekivani rezultat vide u relativno malom uzorku svake pojedine grupe što je otežalo detekciju razlika između grupa. Trening stabilnosti je proveden isključivo u ležećem položaju (proniranom i supiniranom) te u uporabu klečećem, dakle, trup je treniran u nespecifičnom položaju u odnosu prema vertikalnom skoku.

Sato i Mokha (2009) proveli su randomizirano kontrolno istraživanje na odraslim rekreativnim trkačima oba spola (n=26 inicijalno, 20 završno) o utjecaju 6-tjednog (4 puta na tjedan) samostalnog, kućnog treninga stabilnosti trupa (TST) na silu reakcije podloge, SEBT test ravnoteže i trkačku izvedbu. Ispitanici su podijeljeni u 2 skupine: TST i kontrolnu. Program TST se sastojao od 5 vježbi trupa na velikoj lopti (fleksija trupa, ekstenzija trupa, dijagonalno podizanje ekstremiteta u proniranom položaju, podizanje zdjelice u supiniranom položaju i *russian twist*). TST grupa značajno je smanjila vrijeme utrke na 5000 metara iako autori ističu puno bolje vremenske uvjete na završnom testiranju koji su mogli dovesti do ovih rezultata. Na

mjere sila reakcije podloge i SEBT, TST nije imao utjecaja. Obje grupe pokazale su napredak u rezultatima SEBT testa (TST veće), ali vrlo vjerojatno zbog učinka učenja. Program treninga eksperimentalne skupine provodio se u ležećem položaju i na nestabilnoj podlozi u obliku lopte, što znatno odudara od specifičnih uvjeta u kojima se odvija trčanje i testovi provedeni u ovom istraživanju.

Randomizirano kontrolno istraživanje na 36 (završno 22) subelitnih igrača američkog nogometa o utjecaju treninga stabilizacije trupa na mjere izvedbe trupa, jakosti nogu (1 RM mrtvo dizanje), agilnosti i dinamičkog opterećenja koljena proveli su Jamison i sur. (2012). Intervencija je trajala 6 tjedana s ritmom intervencijskih treninga 3 puta na tjedan. Ispitanici su formirali 2 trening grupe: trening s otporom i trening trupa (u kombinaciji s treningom otpora). Promatrane dimenzije trupa bile su: jakost (maksimalna sila nasuprot povlačenju sajle u 4 smjera), kontrola trupa (nakon iznenadnog otpuštanja sile u 4 smjera) te izdržljivost mišića trupa (McGillov skup testova). Jakost i kontrola trupa testirane su u polusjedećem položaju (radi isključivanja pokreta u zglobovima kuka, koljena i gležnja), a mišićna izdržljivost sjedeći i ležeći. Sportska izvedba uključivala je test agilnosti *3-cone test*, povratno trčanje na 20 yd, te skok u dalj iz mjesta. Trening trupa sastojao se od: izdržaja u uporima na rukama i nogama te uporu klečećem, iskoracima u svim smjerovima, ravnim i kosim pregibanjima trupa, abdukcije kuka i glutealnog mosta. Trening trupa značajno je unaprijedio samo izdržljivost mišića trupa. Trening s otporom povećao je opterećenje na koljeno tijekom dinamičkog zadatka dok se kod grupe treninga trupa zadržalo na istoj razini. Slični rezultati dobiveni su i za lateralnu kontrolu trupa: smanjenje kontrole kod treninga s otporom, zadržavanje iste razine kontrole kod treninga trupa. Oba programa unaprijedila su jakost nogu, a samo trening trupa poboljšao je mišićnu izdržljivost i jakost. Kontrola trupa nije unaprijeđena jer nije specifično trenirana. Trening trupa uključivao je jakost i mišićnu izdržljivost te je zasigurno utjecao na te mjere. Izostanak utjecaja treninga trupa na unapređenje sportske izvedbe dogodio se iz istih razloga kao i u prethodnim istraživanjima: testovi za trup izvođeni su u polusjedećem, statičnom položaju, a sportska izvedba testirana je u stojećem položaju i dinamičnim uvjetima.

### **C/ Nepotpunost testiranja funkcionalnih ravnina**

Iako znatan broj motoričkih funkcija zahtijeva funkciju trupa u frontalnoj i transverzalnoj ravnini, u literaturi su se pretežno proučavale funkcije mišića trupa u sagitalnoj ravnini (fleksija i ekstenzija). Primjeri takvih istraživanja su i prethodno predstavljeni u ovom



poglavlju: McKean i Burkett (2009), Sharrock i sur. (2011), te Gordon i sur. (2013) u kojima je trup procjenjivan isključivo u sagitalnoj ravnini, i to samo u smjeru fleksije.

Lin i sur. (2013) pokušali su ustanoviti korelaciju između statične i dinamične izdržljivosti mišića trupa te brzine zamaha palicom kao mjere sportske izvedbe kod igrača bejzbola u dobi od 14 do 18 godina. Mišići trupa procjenjivali su se isključivo u sagitalnoj ravnini, a zamah palicom odvija se u transverzalnoj ravnini. Rezultati su pokazali nisku do umjerenu negativnu korelaciju brzine zamaha palicom sa statičnom i dinamičnom izdržljivošću fleksora te s omjerom statične i dinamične fleksijske izdržljivosti. Osim nepotpunog testiranja svih funkcionalnih ravnina, u ovom istraživanju također je zanemareno načelo specifičnosti. Trup je testiran u ležećem položaju (iako je uključena dinamika pokreta) dok se zamah palicom odvija u stojećem položaju. Kod odabira zamaha palicom kao mjere sportske izvedbe, postavlja se i pitanje motoričkog znanja i kontrole, tj. koliko učinkovito tako mladi igrači izvode rotaciju pri zamahu.

Iako su u svoje istraživanje uključili zbroj i omjere fleksijske i ekstenzijske maksimalne izometrijske jakosti trupa, Keiner, Sander, Wirth, Hartmann i Yaghobi (2014) zanemarili su ostale funkcionalne ravnine trupa osim sagitalne. Autori su imali namjeru ustanoviti korelacije između triju različitih dubina čučnja, maksimalne izometrijske jakosti trupa i linearne sprinterske izvedbe kod nogometaša juniora nacionalne i regionalne njemačke lige (tri tima U-19, U-17 i U-15), n= 28. Čučnjevi (1 RM) su izvođeni s fleksijom koljenskog zgloba od 60, 90 i 120°, a linearni je sprint testiran na 5, 10, 20 i 30 m. Između mjera jakosti trupa (fleksija, ekstenzija, fleksija/ekstenzija i fleksija + ekstenzija) i sprinta pronađene su niske do umjerene korelacije, a srednje do jake između mjera različitih dubina čučnja i mjera jakosti trupa.

Ulogu trupa u izvedbi drop-jump testa (DJT) na stabilnim i nestabilnim površinama nastojali su utvrditi Prieske i sur. (2015). Za procjenu trupa korišten je izokinetikom dobiveni vršni moment sile fleksora i ekstenzora trupa naizmjeničnim kretnjama pri kutnoj brzini od 60°/sek. Rezultati su pokazali da postoje niske pozitivne korelacije između jakosti ekstenzora trupa i mjera DJT, neovisno o stabilnosti podloge. Autori su na osnovi toga zaključili kako trup ima malu ulogu u DJT izvedbi te kako jačanje trupa ima ograničeni učinak na DJT izvedbu. Kao što je već istaknuto u ovom radu, izokinetički testovi u svrhu procjene jakosti trupa nisu opravdani s obzirom na položaj nogu koje nisu u doticaju s podlogom. Stoga takvo mjerenje trupa nema ekološku valjanost jer nije u skladu s izvedbom u stvarnim uvjetima sporta. Osim

toga, metodološka ograničenja istraživanja odnose se na procjenjivanje trupa isključivo u sagitalnoj ravnini te na nemogućnost generalizacije na sportaše odrasle dobi s obzirom na to da je istraživanje provedeno na rekreativcima.

#### **D/ Ograničena generalizacija zaključaka**

Promatrana istraživanja najčešće su se provodila na ispitanicima mlađe dobi i/ili rekreativcima, što otežava generalizaciju na sportsku populaciju odrasle dobi. Tako su istraživanja Lin i sur. (2013) te Keiner i sur. (2014) provedena na ispitanicima mlađe dobi, dok su na rekreativcima provedena ona Butcher i sur. (2007), Keogh i sur. (2010), Sato i Mokha (2009) te Prieske i sur. (2015).

Odnos između stabilnosti trupa (McGillov skup testova mišićne izdržljivosti), funkcionalnog pokreta (FMS – engl. *functional movement systems*) i sportske izvedbe (BOMB test bacanja medicinke, čučanj na jednoj nozi, *T-run agility test*) kod rekreativaca promatrali su Okada i sur. (2011). Namjera im je bila ustanoviti koji od navedenih testova najbolje predstavlja sportsku izvedbu. Testiranjima je ustanovljeno nekoliko umjereno pozitivnih i negativnih korelacijskih veza između testova trupa i sportske izvedbe, te isto tako između funkcionalnih testova i testova sportske izvedbe. Nisu pronađene korelacije između testova trupa i funkcionalnih testova. Prema autorima, fleksijska i desna laterofleksijska mišićna izdržljivost trupa te funkcionalni test mobilnosti desnog ramena najbolji su prediktori ukupne promatrane sportske izvedbe, ali i autori se ograđuju od pouzdanosti zaključka s obzirom na niske korelativne veze. Također, upitna je generalizacija na sportsku populaciju s obzirom na to da je istraživanje provedeno na rekreativcima.

Stanforth, Stanforth, Hahn i Phillips (1998) proveli su randomizirano kontrolno istraživanje na 55 žena rekreativki (aerobika, plesanje, hodanje), u dobi od 20 do 40 godina, o učincima treninga na velikoj lopti na mjere trupa (DLL test stabilnosti trupa, izokinetička jakost fleksora i ekstenzora trupa). Ispitanice su podijeljene u 3 skupine: trening trupa na lopti (TTL), standardni trening trupa (STT) i kontrolna skupina bez treninga trupa. Rezultati su pokazali statistički značajan utjecaj TTL treninga na unapređenje rezultata stabilnosti trupa mjenog DLL testom te utjecaj oba treninga (TTL, STT) na rezultate izokinetike ekstenzora trupa. Nijedan trening nije se pokazao efikasnim za fleksore trupa mjerene izokinetikom. Autori zaključuju o efikasnosti treninga trupa na lopti za unapređenje stabilnosti trupa, no s obzirom

na nehomogenost ispitanika u smislu dobi i vrste rekreacijske aktivnosti kojom se bave, otežano je uopćavanje i na rekreativce, a osobito na sportsku populaciju.

Na rekreativcima oba spola sportova na otvorenom (n=30), Aggarwal, Zutshi, Munjal, Kumar i Sharma (2010) proveli su intervencijsko istraživanje u trajanju od 6 tjedana (3 puta na tjedan) u kojem su usporedili trening stabilnosti trupa i trening ravnoteže te njihove utjecaje na statičnu (Stork test ravnoteže), dinamičnu (SEBT test) i funkcionalnu ravnotežu (stabilizacijski test skokova na jednoj nozi). Ispitanici su podijeljeni u 3 skupine od kojih je jedna predstavljala kontrolnu. Obje trening grupe pokazale su značajan napredak statične i dinamične ravnoteže u odnosu prema kontrolnoj skupini, a skupina stabilizacijskog treninga u prosjeku više. Niti jedna grupa nije unaprijedila rezultate na testu funkcionalne ravnoteže. Prema navedenom, izvedeni su zaključci prema kojima treninzi ravnoteže i stabilnosti trupa unapređuju statičnu i dinamičnu ravnotežu te kako nijedan ne poboljšava funkcionalnu ravnotežu. Generalizacija zaključaka ovog istraživanja otežana je na sportsku populaciju jer je provedena na rekreativcima. Također, trening stabilnosti trupa bio je usredotočen na upitnu voljnu aktivaciju mišića lokalnih stabilizatora (*transversus abdominis* i *multifidus*).

Tong i sur. (2014. b ) usporedili su učinke 6-tjednog HIIT treninga (engl. *high intensity interval training*) na odrasle trkače rekreativce oba spola (n=16). Obje grupe, intervencijska i kontrolna, provodile su HIIT trening u kontroliranim uvjetima, a intervencijska je grupa imala dodatne treninge trupa u kombinaciji s prethodnim treningom inspiracijskih mišića. Rezultati su pokazali kako su funkcije trupa i inspiracijskih mišića unaprijeđeni u objema grupama, no u odnosu prema kontrolnoj grupi, intervencijska je pokazala veći napredak u funkciji trupa i trkačkoj izvedbi. Funkcija trupa promatrana je kroz test mišićne izdržljivosti u uporuu prednjem s podizanjem ruku i nogu (engl. *sport-specific endurance plank test performance*), a trening trupa sastojao se od 4 vježbe u ležećem položaju ili uporuu klečećem. S obzirom na to da je intervencijska grupa uz dodatak treninga trupa provodila i trening inspiracijskih mišića, teško je razlučiti koja je od dviju intervencija utjecala na sportsku izvedbu. Također, generalizacija na sportsku populaciju je otežana s obzirom na to da je istraživanje provedeno na rekreativcima.

Stanton, Reaburn i Humphries (2004) autori su intervencijskog istraživanja na 22 (završno 18) igrača košarke i tzv. touch varijante američkog nogometa (prosječne dobi 16 godina) o utjecaju 6-tjednog treninga (2 puta na tjedan po 25 min) na velikoj lopti na stabilnost trupa i trkačku sportsku izvedbu. Na objema grupama, eksperimentalnoj i kontrolnoj,

provedeno je inicijalno i završno mjerenje: *Sahrmann core stability test* (u ležećem supiniranom položaju podizanje i spuštanje nogu kroz 5 stupnjeva progresije uz praćenje kontrole stabilnosti trupa pomoću biofeedback jedinice u obliku jastučića koji registrira promjene tlaka, a postavljen je ispod lumbalne kralježnice), test stabilnosti trupa na velikoj lopti u proniranom položaju (uz površinski EMG mišića *rectus abdominis*, *obliquus externus abdominis* i *erector spinae*) te trkačka sportska izvedba pomoću testova *VO2max* i trkačke ekonomičnosti. Trening na lopti unaprijedio je stabilnost trupa, ali bez odgovarajućih promjena parametara EMG zamora promatranih mišića. Također nisu registrirana ni značajna poboljšanja promatranih parametara trkačke izvedbe. Mlađa dob ispitanika onemogućava generalizaciju na sportaše odrasle dobi, a volumen treninga i prethodno neiskustvo ispitanika u vježbanju na lopti dodatna su metodološka ograničenja ovog istraživanja.

U kontekstu kukova kao dijela trupa, Deane, Chow, Tillman i Fournier (2005) proveli su intervencijsko istraživanje o utjecaju treninga fleksora kuka u trajanju od 8 tjedana (3 puta na tjedan) na sportsku izvedbu kod rekreativaca oba spola, prosječne dobi 21 godina (n=48). Uzorak ispitanika formirao je eksperimentalnu i kontrolnu grupu. Sportska izvedba testirana je pomoću 4 testa: sprint na 10 i 40 yd, povratno trčanje, vertikalni skok (CMJ) i izometrijska jakost kuka. Trening fleksora kuka značajno je unaprijedio sportsku izvedbu u svim provedenim testovima, osim u vertikalnom skoku. S obzirom na to da je istraživanje provedeno na rekreativcima, generalizacija rezultata je otežana.

Szymanski i sur. (2007. a) istražili su učinke 12-tjednog treninga s medicinkom na sportsku izvedbu kod igrača bejzbola u dobi od 14 do 18 godina (n=49). Eksperimentalna i kontrolna grupa provodile su redoviti trening (3 puta na tjedan) otpora za cijelo tijelo uz 100 zamaha palicom po danu treninga, a eksperimentalna je dodatno 3 puta na tjedan provodila trening jakosti i bacanja medicinke. Inicijalno i završno testiranje sastojalo se od 3 RM testa rotacijske jakosti obiju strana trupa (Cybex), test rotacijskog bacanja medicinke (1 kg, zbog sličnosti s težinom palice od 0.85 kg) te 3 RM čučanj i *bench press*. Obje grupe pokazale su unapređenje rezultata na svim testovima, no eksperimentalna grupa statistički značajno više od kontrolne grupe u rezultatima rotacijske jakosti i rotacijskog bacanja medicinke. Szymanski i sur. (2007. b) napravili su vrlo slično istraživanje na sličnom uzorku (n=55, igrači bejzbola u dobi od 14 do 18 godina) i s identičnim protokolom treninga, samo su ovaj put kinematičkom analizom promatrali njegov utjecaj na kutne brzine kuka i ramena te linearnu brzinu palice i ruke. Rezultati su pokazali kako dodatni balistički trening rotacijske snage trupa pomoću

medicinke značajno poboljšava linearnu brzinu palice, kutne brzine kuka i ramena, 3RM rotacijsku jakost obiju strana trupa i rezultate na testu rotacijskog bacanja medicinke. Iako su istraživanja provedena na ispitanicima mlađe dobi, pokazala su nužnost treninga mišića trupa dinamičnim kretnjama u svrhu unapređenja propulzivne uloge trupa u sportu.

Istraživanje o utjecaju treninga suspenzijskim trakama (engl. *Sling exercise training – SET*) na maksimalnu brzinu bacanja 16-godišnjih subelitnih rukometašica (n=24), tijekom 6 tjedana (2 puta na tjedan) proveli su Saeterbakken, Van der Tillaar i Seiler (2011). SET skupina provodila je 2 nadzirana suspenzijska treninga na tjedan umjesto 2 redovita tehnička rukometna treninga dok je kontrolna skupina provodila sve redovite treninge. SET trening uključivao je 6 specifičnih vježbi za trup i rotacijsku stabilnost trupa malog volumena i visokog intenziteta, a izvođenih u zatvorenom kinetičkom lancu kroz 3 stupnja progresije. U inicijalnom testiranju nisu registrirane razlike u brzini bacanja između SET i kontrolne skupine, no nakon intervencije SET grupa pokazala je porast brzine bacanja za 4,9% (p=0,01), a brzina u kontrolnoj grupi ostala je nepromijenjena. Autori zaključuju kako trening trupa vježbama zatvorenog kinetičkog lanca u nestabilnim uvjetima može unaprijediti visokospecifičnu sportsku izvedbu te da vježbe za trup trebaju biti usmjerene i na rotacije. Istraživanje je provedeno na ispitanicima mlađe dobi te je upitna generalizacija na stariju sportsku populaciju.

Weston i sur. (2015) proveli su intervencijsko istraživanje kvantificiranja 12-tjednog (3 puta na tjedan) izoliranog treninga trupa kod elitnih plivača juniora (15 – 17 godina) nacionalnog ranga oba spola (n=20). Plivači istog kluba koji redovito treniraju u 2 trening grupe, u svrhu ovog istraživanja činili su 2 skupine: intervencijsku i kontrolnu. Obje su skupine provodile redovite plivačke treninge, a intervencijska je imala dodatni trening trupa sastavljen od 6 vježbi koje su postupno progresirane tijekom intervencije. Plivačka izvedba uključivala je vrijeme na 50 m kraul i test ekstenzije ramena u sagitalnoj ravnini (engl. *straight-arm latissimus dorsi pull-down test*), a trup je testiran isključivo kroz fleksijsku mišićnu izdržljivost trupa u uporuu na laktovima. Intervencijska grupa poboljšala je svoje vrijeme na 50 m plivanja kraul za 2%, a pokazala je i niske do umjerene napretke u fleksijskoj izdržljivosti trupa i ekstenziji ramena. Istraživanje je provedeno na ispitanicima mlađe dobi te je otežana generalizacija na odraslu sportsku populaciju. Dodatno metodološko ograničenje predstavlja procjena trupa isključivo u sagitalnoj ravnini u smjeru fleksije čije korištenje autori temelje na upitnoj specifičnosti za plivanje tehnikom kraul.

## **E/ Zanemarenost dvojake uloge mišića trupa u sportu**

Trup u sportu ima dvojaku ulogu: stabilizacijsku (statičnu) pri brzim pokretima rukama i/ili nogama (bacanja i udarci) te propulzivnu (dinamičnu) funkciju u rotacijskim pokretima koji su sastavni dio motoričke izvedbe sportaša. S ponekom iznimkom poput Szymanski i sur. (2007. a), Szymanski i sur. (2007. b), Saeterbakken i sur. (2011), sva ostala do sada navedena istraživanja u ovom poglavlju o metodološkim ograničenjima zanemarila su dvojaku ulogu mišića trupa u sportu.

Slično metodološko ograničenje pronalazimo i u istraživanju Tse i sur. (2005) kojom je provedena validacija programa izdržljivosti mišića trupa sezonskih veslača prosječnog iskustva od 1 godine, prosječne dobi 21 godine (n=45 inicijalno, 34 završno). Ispitanici su podijeljeni u 2 grupe, intervencijsku i kontrolnu, a obje su uz redoviti veslački trening provodile i kružni trening s po jednom vježbom po velikoj mišićnoj skupini. Intervencijska grupa provodila je i dodatni trening za trup 8 tjedana/ 2 puta na tjedan (ukupno 14 – 16 treninga). Vježbe za trup nisu specificirane, no autori navode vježbe za aktivaciju mišića trupa (transversus abdominis i multifidus), posturalne vježbe, vježbe stabilnosti, statično-dinamičke vježbe i vježbe mobilnosti. Trup je testiran pomoću McGillova skupa testova mišićne izdržljivosti, a sportska izvedba kroz vertikalni skok, skok u dalj iz mjesta, povratno trčanje na 10 m, sprint na 40 m, bacanje medicine iznad glave i 2000 m na veslačkom ergometru (vrijeme, laktati, maksimalna frekvencija srca). Intervencijska grupa značajno je unaprijedila rezultate obiju strana laterofleksijske izdržljivosti, nijedna grupa nije unaprijedila fleksijsku mišićnu izdržljivost trupa (inicijalno visoki rezultati) te iznenađujuće, kontrolna grupa značajno je unaprijedila rezultate ekstenzijske izdržljivosti trupa. Kao mogući razlog za posljednje, autori navode niže rezultate grupe na inicijalnom mjerenju iako ne i statistički značajne. Ni na jednom testu sportske izvedbe grupe nisu pokazale značajne razlike. Trenirana je statična mišićna izdržljivost mišića trupa (vrlo vjerojatno u ležećim položajima) te donekle stabilnost koju autor nije specificirao. Zanemarena je dinamična funkcija mišića trupa u sportu koja nije trenirana u intervenciji. Također, s obzirom na to da se radi o sezonskim sportašima, oni vrlo vjerojatno pripadaju rekreativcima.

## **F/ Isključivanje mišića kuka kao dijela trupa**

Osim njih nekoliko, a metodološki ograničena po drugim kriterijima (Deane i sur., 2005; Szymansky i sur. 2007. b; Gordon i sur., 2013, Ambegaonkar i sur., 2014), dosadašnja istraživanja rijetko su proučavala povezanost funkcije mišića kukova kao dijela trupa i motoričke izvedbe sportaša.

Shinkle, Nesser, Demchak i McMannus (2012) istražili su učinak snage na funkciju ekstremiteta i sportsku izvedbu. Testovi su uključivali sjedeće bacanje medicine u 4 smjera – statično i dinamično, *push press* (kao mjera prijenosa sile s donjih na gornje ekstremitete), 1 RM čučanj i *bench press*, sprint na 40 yd, povratno trčanje i vertikalni skok CMJ. Na osnovi toga, autori su pronašli nekoliko značajnih korelacija statičnih bacanja sa sportskom izvedbom, u svim smjerovima osim bacanja naprijed. Manje značajnih korelativnih veza pronađeno je između dinamičnih bacanja i sportske izvedbe, no samo se bacanje unatrag pokazalo bez značajnih korelacija. Regresijskom analizom ustanovljeno je kako je 1 RM čučanj jedini prediktor uspješnosti *push pressa*. Funkcionalnost upotrijebljenih testova točnije je procijenila učinak mišića trupa na izvedbu te autori zaključuju kako snaga trupa utječe na sportsku izvedbu sportaša. Jedini nedostatak istraživanja, što navode i sami autori, jest neuključivanje mišića kukova u procjenu mišića trupa.

Intervencijsko istraživanje s ciljem da se utvrdi mogu li dva različita programa treninga provedena 6 tjedana (3 puta na tjedan) utjecati na sportsku izvedbu i stabilnost trupa kod igrača bejzbola na studentskoj razini – proveli su Lust i sur. (2009). Obje trening grupe provodile su program koji je uključivao vježbe otvorenog i zatvorenog kinetičkog lanca gornjih ekstremiteta te pliometrijski trening bacanja, dok je druga skupina uz navedeno dodatno provodila trening stabilnosti trupa. Zavisne varijable bile su skup testova koju je predložio McGill za statičnu izdržljivost mišića trupa (autori ih povremeno nazivaju i testovima stabilnosti) i funkcionalni testovi: preciznost bacanja loptice i CKCUEST test (engl. *closed kinetic chain upper extremity stability test*). Oba programa, s treningom trupa i bez njega, izazvala su značajna unapređenja u funkcionalnim testovima te testovima fleksijske i ekstenzijske izdržljivosti trupa. No rezultati nisu pokazali očekivane značajne razlike između dvaju programa treninga u kontekstu funkcionalnih testova i testova stabilnosti. Mogući razlog za to je mali uzorak (8 i 11 ispitanika po programu treninga završno), zatim programi vježbanja su rehabilitacijski te stoga moguće nedostatni da izazovu promjenu kod sportske populacije. Također, do ovakvih rezultata moguće

je došlo zbog neuključivanja mišića kukova kao dijela trupa, odnosno zbog isključive trenažne usmjerenosti na gornje ekstremitete i trup.

Sveukupno gledajući, trenutačne znanstvene spoznaje ne potvrđuju važnost razvoja mišićne jakosti trupa u funkciji poboljšanja motoričke izvedbe sportaša. Sve navedeno jasno upućuje na potrebu redefiniranja pristupa problemu evaluacije jakosti i snage mišića trupa u sportu. Na tragu uočenih metodoloških ograničenja dosadašnjih istraživanja, namjera je ovog istraživanja evaluirati dimenzije jakosti i snage mišića trupa u svim ravninama (sagitalnoj, frontalnoj i transverzalnoj), u različitim položajima (stojeći i sjedeći), statično i dinamično, te u evaluaciju uključiti i mišiće kuka. Ovaj sustavni pristup evaluaciji jakosti i snage mišića trupa omogućit će definiranje strukture jakosti i snage trupa te utvrđivanje stvarne uloge dimenzija jakosti i snage trupa u motoričkoj izvedbi sportaša. Kao reprezentanti sportaša u ovom istraživanju odabrani su nogometaši jer je nogomet sport koji uključuje motoričku izvedbu skokova, sprintova i brze promjene smjera kretanja, što je zajedničko većini srodnih ekipnih sportova.



## 2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Temeljni ciljevi ovog istraživanja su:

1. odrediti latentnu strukturu i faktorsku valjanost testova jakosti, snage i izdržljivosti mišića trupa.
2. utvrditi povezanost jakosti mišića trupa i kukova, mjerenih u različitim položajima, s testovima motoričke izvedbe kod nogometaša.
3. utvrditi povezanost snage mišića trupa s testovima motoričke izvedbe kod nogometaša.

Na temelju rezultata dosadašnjih istraživanja postavljene su sljedeće hipoteze:

- H1 Latentne dimenzije jakosti i snage trupa bit će definirane režimom rada mišića i njihovom funkcionalnom ulogom.
- H2 Postoji statistički značajna i praktično relevantna povezanost između testova jakosti mišića kuka i motoričke izvedbe nogometaša.
- H3 Postoji statistički značajna i praktično relevantna povezanost između testova snage trupa u transversalnoj ravnini (rotacije) i motoričke izvedbe nogometaša.

Sve će hipoteze biti testirane na razini statističke značajnosti od  $p < 0,05$ .

### 3. METODE ISTRAŽIVANJA

#### 3.1. Uzorak ispitanika

U istraživanju je sudjelovao 91 zdrav muški nogometaš GNK Dinamo iz Zagreba u rasponu od 15 do 21 godinu. Ispitanici koji su sudjelovali u eksperimentu imali su najmanje 7 godina natjecateljskog iskustva u nogometu te su u vrijeme provođenja istraživanja bili zdravi. Njihova temeljna demografska i morfološka obilježja prikazana su u Tablici 3.1. Svoje sudjelovanje u istraživanju punoljetni ispitanici potvrdili su pisanim pristankom, a za maloljetne ispitanike pristanak su dali roditelji. Istraživanje je provedeno u skladu s Helsinškom deklaracijom. Povjerenstvo za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu odobrilo je eksperimentalni protokol pod brojem 7/17 na dan 23.3.2017.

Tablica 3.1. Demografska i morfološka obilježja ispitanika (AS  $\pm$  SD)

Varijabla	Rezultat
Dob (god.)	17,3 $\pm$ 1,7
Visina (m)	1,78 $\pm$ 0,07
Masa (kg)	70,3 $\pm$ 7,5
Dužina noge (m)	0,95 $\pm$ 0,05
Dužina potkoljenice (m)	0,42 $\pm$ 0,03

#### 3.2. Uzorak varijabli

Uzorak varijabli sastojao se od 21 testa za procjenu mišićne funkcije trupa, 4 testa za procjenu jakosti mišića kuka te 5 testova za procjenu motoričke izvedbe nogometaša. Mišićna funkcija trupa mjerena je izometrijskom dinamometrijom, dinamičnim (balističkim) testovima snage te statičnim testovima mišićne izdržljivosti. Jakost mišića kuka utvrđivana je izometrijskom dinamometrijom. Testovi motoričke izvedbe nogometaša bili su: skok u dalj iz mjesta, sprint na 20 m, *Zig-zag* test (trčanje s promjenom smjera), vertikalni skok s pripremom (*countermovement jump*) te bacanje medicinske lopte prema naprijed u stojećem položaju. Detaljan opis svih testova prikazan je u tekstu koji slijedi

### 3.2.1. Testovi za procjenu jakosti i snage mišića trupa

#### 3.2.1.1. Izometrijska dinamometrija mišića trupa

Mjerenje izometrijske jakosti mišića trupa provedeno je pomoću dinamometra (TNC, S2P Ltd, Ljubljana, Slovenija) s ugrađenim senzorom sile (PW10AC3-200 kg; HMB, Darmstadt, Njemačka). Prema rezultatima prijašnjih istraživanja (Kocijan i Šarabon, 2014), izometrijska jakost trupa ovisi o položaju tijela, tj. o veličini fleksije u zglobu kuka. Stoga je radi potpunije slike jakosti mišića trupa, dinamometrija trupa obavljena u dva položaja: stojeći i sjedeći, a uključivala je fleksore, ekstenzore i laterofleksore trupa. Na taj je način dobiveno ukupno 8 varijabli jakosti mišića trupa.

#### A. Izometrijska dinamometrija trupa stojeći

Prema protokolu Markovića i suradnika (2015), u stojećem položaju ispitanik je zauzeo uspravni položaj sa stopalima postavljenim u širini ramena i s rukama prekrštenim preko prsa (osim u slučaju fleksije kada su ruke postavljene u predručenje pogrčeno). Zdjelica je pojasom čvrsto fiksirana za donji oslonac čiji je gornji rub postavljen u visini prednjeg gornjeg trna bočne kosti. Gornji oslonac, s ugrađenim senzorom sile, postavljen je tako da je gornji rub oslonca u ravnini s grebenom lopatice. Ispitanik je u svakom smjeru izveo po jednu probnu te 3 maksimalne voljne kontrakcije u trajanju od 3 sekunde (sa 20 sekundi odmora između ponavljanja) pritišćući gornji oslonac najjače što može i to: prsima prema naprijed (fleksija), leđima prema natrag (ekstenzija) te ramenom u desnu i lijevu stranu (laterofleksija). Navedeni redoslijed smjerova bio je jednak za sve ispitanike. Za daljnju analizu upotrijebljen je najveći rezultat (prosječna vršna sila u 1 sekundi) za svaki pojedini smjer te je izmjeren krak sile – udaljenost između donjeg i gornjeg oslonca. Krak sile upotrijebljen je za normalizaciju rezultata.

#### B. Izometrijska dinamometrija trupa sjedeći

U sjedećem položaju ispitanik je sjedio na tvrdoj, vodoravnoj podlozi – drvenom sanduku. Donji oslonac postavljen je na natkoljenice i oslonjen na zdjelicu koja je pojasom čvrsto fiksirana za oslonac. Gornji rub gornjeg oslonca postavljen je u ravnini s grebenom lopatice, kao i u stojećem položaju. Ispitanik je u svakom smjeru izveo po jednu probnu te 3 maksimalne voljne kontrakcije u trajanju od 3 sekunde (sa 20 sekundi odmora između ponavljanja) pritišćući gornji oslonac najjače što može – prsima prema

naprijed (fleksija), leđima prema natrag (ekstenzija) te ramenom u desnu i lijevu stranu (laterofleksija). Navedeni redoslijed smjerova bio je jednak za sve ispitanike. Za daljnju analizu upotrijebljen je najveći rezultat (prosječna vršna sila u 1 sekundi) za svaki pojedini smjer te je izmjeren krak sile – udaljenost između donjeg i gornjeg oslonca. Krak sile upotrijebljen je za računanje momenta sile te kasniju normalizaciju rezultata spram veličine tijela.

### 3.2.1.2. Dinamični testovi snage mišića trupa

Testovi snage mišića trupa izvodili su se primjenom testova bacanja medicinke mase 3 kg, koje su predložili Shinkle i suradnici (2012) i Tse i suradnici (2005). Bacanja su se izvodila iz sjedećeg položaja kako bi se eliminirala sila proizvedena donjim ekstremitetima, i to u 4 smjera: prema naprijed, prema natrag te u obje strane – udesno i ulijevo. Sva navedena bacanja izvođena su u dva uvjeta s obzirom na stabilizaciju trupa – statično i dinamično, tj. s naslonom i bez naslona. Svaki ispitanik prvo je izveo statična, a potom dinamična bacanja. Također je izvedeno bacanje medicinke naprijed stojeći. Na taj je način dobiveno ukupno 9 varijabli koje predstavljaju dimenzije snage mišića trupa.

#### A. Bacanje medicinke sjedeći, s naslonom (statičan trup)

Ispitanik je zauzeo sjedeći položaj na standardnoj klupi za dizanje utega podignutog naslona, s punim stopalima položenim na pod te fleksijom u kuku od 90 stupnjeva. Leđa su bila uspravna tijekom cijelog izvođenja bacanja i pojasom preko prsa čvrsto fiksirana uz naslon kako ne bi došlo do pokreta u trupu. Bacanje se ponavljalo ako je došlo do pokreta u kuku ili trupu te ako su se stopala podigla od podloge. Svako bacanje u 4 smjera ponavljalo se 2 puta, s razmakom od 1 minute između bacanja. U daljnjoj analizi upotrebljavao se bolji rezultat od dvaju bacanja po smjeru. Udaljenost se mjerila u centimetrima od sredine sjedala do mjesta prvog kontakta lopte s podlogom.

Statično bacanje naprijed: ispitanik je loptu držao iznad glave objema rukama, abduciranih ramena i flektiranih laktova te je zatim izveo bacanje prema naprijed.

Statično bacanje natrag: ispitanik je medicinku držao objema rukama u visini pupka te je potom izveo bacanje preko glave unatrag.

Statično bacanje u stranu: ispitanik je loptu držao objema rukama s vanjske strane natkoljenice, suprotno od strane bacanja, te je zatim izveo bacanje uz

minimalnu spinalnu rotaciju. Statično bacanje medicinke u stranu najprije je izvedeno u desnu te potom u lijevu stranu.

Navedeni redoslijed svih smjerova statičnih bacanja bio je jednak za sve ispitanike.

#### B. Bacanje medicinke sjedeći, bez naslona (dinamičan trup)

Ispitanik je zauzeo sjedeći položaj na standardnoj klupi za dizanje utega spuštenog naslona, s punim stopalima položenim na pod te fleksijom u kuku od 90 stupnjeva. Bacanje se ponavljalo ako su se stopala podigla od podloge tijekom bacanja. Svako bacanje u 4 smjera ponavljalo se 2 puta, s razmakom od 1 minute između bacanja. U daljnjoj analizi upotrebljavao se bolji rezultat od dvaju bacanja po smjeru. Udaljenost se mjerila u centimetrima od sredine sjedala do mjesta prvog kontakta lopte s podlogom.

Dinamično bacanje naprijed: ispitanik je loptu objema rukama podigao iznad glave te se zatim u svrhu zamaha ekstenzijom u kukovima i kralježnici nagnuo natrag koliko želi uz uvjet ostanka punih stopala na podlozi. Bacanje je izveo fleksijom u kukovima i kralježnici izbacujući loptu prema naprijed.

Dinamično bacanje natrag: ispitanik je najprije flektirao kukove i kralježnicu naginjući se prema naprijed, pri čemu je lopta, držana objema rukama, došla u položaj neposredno ispred koljena; zatim je izbacio loptu ekstenzijom kukova i trupa te podižući ruke iznad glave. Ispitanik je ostao sjediti tijekom cijelog izvođenja bacanja.

Dinamično bacanje u stranu: Ispitanik je najprije flektirao kukove i kralježnicu rotirajući se u stranu suprotno od strane bacanja, a zatim je, kao pripremu za izbacivanje lopte, povećao fleksiju i rotaciju u svrhu postizanja zamaha te izbacio loptu u suprotnu stranu. Dinamično bacanje medicinke u stranu najprije je izvedeno u desnu te potom u lijevu stranu.

Navedeni redoslijed svih smjerova dinamičnih bacanja bio je jednak za sve ispitanike.

#### C. Bacanje medicinke naprijed stojeći

Ispitanik je zauzeo stojeći položaj sa stopalima razmaknutim u širini kukova i prstima postavljenim do linijske oznake na podu te podignuo loptu iznad glave objema rukama. Kao pripremu za izbacivanje lopte, ispitanik je zamahnuo loptom

postavljajući je iza glave, ekstenzirao kukove i trup te flektirao koljena, a zatim izbacio loptu zamahom rukama prema naprijed istodobno s ekstenzijom koljena i fleksijom kukova i trupa. Iskorak i pomicanje stopala nisu bili dopušteni. Bacanje se ponavljalo 2 puta s razmakom od 1 minute između bacanja. U daljnjoj analizi upotrebljavao se bolji rezultat od dvaju bacanja. Udaljenost se mjerila u centrimetrima od linijske oznake na podu do mjesta prvog kontakta lopte s podlogom.

### 3.2.1.3. Testovi statične mišićne izdržljivosti trupa

Statična izdržljivost mišića trupa provedena je pomoću skupa testova koje su predložili McGill i suradnici (1999). Zbog visoke pouzdanosti navedenih testova ( $>0,97$ ), svaki pojedinačni test izveden je samo jedanput (Waldhelm i Li, 2012). Testirani su ekstenzori, fleksori i laterofleksori trupa objiju strana te su dobivene ukupno 4 varijable koje predstavljaju dimenzije statične izdržljivosti mišića trupa.

#### A. Test izdržljivosti ekstenzora trupa – modificirani Biering-Sorensenov test

Ispitanik je ležao u proniranom položaju na terapijskom stolu na način da su mu oba prednja gornja trna bočne kosti bila na stolu, dok je gornji dio trupa bio izvan stola. Ispitanik se rukama oslonio na pomoćni sanduk postavljen oko 25 cm ispod razine visine stola. Kukovi, koljena i gležnjevi su pojasevima bili fiksirani za stol. Test je počeo podizanjem trupa u vodoravni položaj u razini stola s rukama prekrizanim preko prsa te dlanovima postavljenim na suprotnim ramenima. Ispitanik je dobio uputu da zadrži vodoravni položaj što dulje može te ga je mjeritelj verbalno ispravljao ako je vodoravni položaj bio narušen. Vrijeme se mjerilo u sekundama ručnom štopericom od trenutka zauzimanja vodoravnog položaja do trenutka kada je ispitanik gornjim dijelom tijela došao u kontakt s pomoćnim sandukom.

#### B. Test izdržljivost fleksora trupa – V-sit test

Ispitanik je sjedio na podu, na oznaci 10 cm udaljenoj od drvenog naslona postavljenog pod nagibom od  $45^\circ$  te gornjim dijelom tijela naslonjen na naslon. Koljena i kukovi bili su mu flektirani na  $90^\circ$ , a stopala čvrsto priljubljena na podlozi.

Stopala je rukama pridržavao asistent mjeritelja. Ruke su bile prekrižene preko prsa s dlanovima postavljenim na suprotnim ramenima. Test je počinjao odmicanjem gornjeg dijela trupa od naslona zadržavanjem kralježnice neutralnom, a trup uspravnim s glavom i vratom u neutralnom položaju u produžetku kralježnice. Ispitanik je dobio uputu da zadrži navedeni položaj što dulje može te ga je mjeritelj verbalno ispravljao ako je gubio neutralnost kralježnice, tj. uspravni položaj trupa. Vrijeme se mjerilo u sekundama ručnom štopericom od trenutka odmicanja leđa od naslona i zauzimanja neutralnog položaja kralježnice do trenutka kada je ispitanik gornjim dijelom tijela došao u kontakt s naslonom.

C. Test izdržljivosti lateralnih fleksora trupa – upor strance na laktu (*side plank*)

Test je proveden na prostirci za vježbanje debljine 2,5 cm s nalijepljenom oznakom, samoljepljivom trakom širine 5 cm duž cijele prostirke. Ispitanik je zauzeo ležeći položaj na boku te se oslonio na podlakticu tako da je lakat (postavljen u projekciji ramena na podlogu), kuk i ekstenziranu donju nogu postavio na oznaku. Stopalo gornje noge postavljeno je ispred donje noge na način da peta gornje noge dodiruje prste donje. Slobodna, gornja ruka postavljena je preko prsa s dlanom obuhvaćajući rame donje ruke. Test počinje podizanjem zdjelice od podloge oslanjanjem na podlakticu i bridove stopala i dovodeći središnju liniju tijela u ravninu. Ispitanik je dobio uputu da zadrži navedeni položaj što dulje može te ga je mjeritelj verbalno ispravljao ako je gubio ravninu središnje linije tijela te ako se rotirao oko nje. Vrijeme se mjerilo u sekundama ručnom štopericom od trenutka podizanja zdjelice od podloge do trenutka kada je ispitanik zdjelicom dotaknuo podlogu. Test izdržljivosti lateralnih fleksora trupa izveden je na obje strane, najprije desnu, a zatim na lijevu stranu.

Redoslijed izvođenja testova bio je jednak za sve ispitanike te se provodio prema rasporedu: izdržljivost ekstenzora trupa, fleksora trupa, laterofleksora desne strane te laterofleksora lijeve strane. Testovi statične mišićne izdržljivosti trupa izvođeni su s najmanje 5 minuta razmaka između pojedinih testova.

### **3.2.2. Testovi za procjenu jakosti mišića kukova**

Maksimalna jakost ekstenzora i fleksora kuka mjerena je unilateralno pomoću multifunkcionalnog prenosivog dinamometra (TNC, S2P Ltd., Ljubljana, Slovenija; Marušič, Marković i Šarabon, 2021). Ispitanik je za svaku nogu i za svaku testiranu funkcionalnu grupu mišića (ekstenzori i fleksori kuka) izveo po jednu probnu te 3 maksimalne voljne kontrakcije u trajanju od 3 sekunde, sa 20 sekundi odmora između ponavljanja. Za daljnju analizu upotrijebljen je najveći rezultat (prosječna vršna sila u 1 sekundi) za svaku nogu i za svaku funkcionalnu grupu mišića te su time dobivene ukupno 4 varijable koje predstavljaju jakost mišića kukova, po redosljedu: ekstenzija kuka na desnu i lijevu nogu te fleksija kuka na desnu i lijevu nogu. Navedeni redosljed testiranja bio je jednak za sve ispitanike.

#### **A. Maksimalna unilateralna ekstenzija kuka**

Ispitanik je zauzeo pronirani ležeći položaj s fleksijom u koljenu od  $10^\circ$  te dobio uputu da izvede maksimalnu kontrakciju ekstenzora kuka gurajući distalnim dijelom potkoljenice (5 cm iznad medijalnog maleola) fiksirani senzor dinamometra u trajanju od 3 sekunde. Testirana su oba kuka, najprije desni, a zatim lijevi.

#### **B. Maksimalna unilateralna fleksija kuka**

Ispitanik je zauzeo supinirani ležeći položaj s fleksijom u zglobu kuka i koljena od  $10^\circ$  te dobio uputu da izvede maksimalnu kontrakciju fleksora kuka gurajući distalnim dijelom potkoljenice (5 cm iznad medijalnog maleola) fiksirani senzor dinamometra u trajanju od 3 sekunde. Testirana su oba kuka, najprije desni, a zatim lijevi.

### **3.2.3. Testovi za procjenu motoričke izvedbe nogometaša**

Odabrani su motorički testovi koji predstavljaju tipične kretne strukture tijekom nogometne igre: horizontalni i vertikalni skokovi, sprintovi, trčanja s promjenom smjera kretanja te bacanje lopte iz stojećeg položaja. U 5 testova dobiveno je ukupno 5 varijabli koje predstavljaju motoričku izvedbu nogometaša. Redosljed testova bio je jednak za sve ispitanike:



skok u dalj, sprint na 20 m, Zig-zag test, vertikalni skok s pripremom te bacanje medicine u stojećem položaju.

#### 3.2.3.1. Skok u dalj

Skok u dalj iz mjesta često je upotrebljavan test horizontalnog skoka pri procjeni motoričke izvedbe sportaša (Tse i suradnici, 2005; Jamison i Chaudhari, 2012) te je zajedno s testom vertikalnog skoka s pripremom (*countermovement jump*) najpouzdaniji i najvaljaniji test za procjenu eksplozivne snage donjih udova (Marković i suradnici, 2004).

Ispitanik je na početku testiranja stao uz linijsku oznaku na podu te dobio uputu da skoči najdalje što može, pri čemu se kao pripremom mogao koristiti fleksijom u koljenima i kukovima te zamahom rukama. Udaljenost između početne oznake i pete izmjerena je u metrima nakon izvedenog skoka. Za daljnju analizu korišten je najbolji rezultat (najdalji skok) od triju ponavljanja između kojih je bila najmanje jedna minuta razmaka.

#### 3.2.3.2. Sprint na 20 m

Sprintovi u kontekstu motoričke izvedbe sportaša uobičajeno služe za procjenu sposobnosti linearnog ubrzanja i brzine. Prema Andrzejewski, Chmura, Pluta i Konarski (2015), prosječna duljina sprinta u nogometu iznosi 20 m.

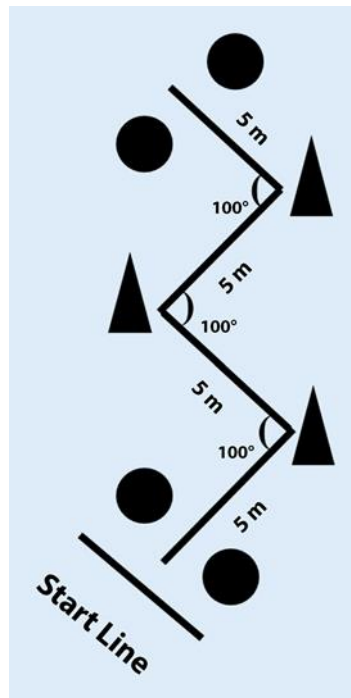
Test se izvodio na umjetnoj travi, a mjerio se pomoću dva para infracrvenih stanica (Brower Timing System, Draper, SAD) postavljenih na 10 i 20 metara. Ispitanik je na početku testa zauzeo položaj visokog starta sa stopalom prednje noge tik uz linijsku oznaku, a stopalo stražnje noge uz pritisak postavio je na podlogu ispod koje je postavljen senzor. Uputa dana ispitaniku bila je da trči što brže dok ne prođe završni par infracrvenih stanica. Vrijeme je pokrenuto kada je ispitanik počeo trčati, tj. oslobodio senzor od pritiska stražnjeg stopala. Infracrvene zrake između stanica prekinute su prolaskom ispitanika na 10 i 20 metara, a navedeni signal odaslan je i automatski registriran. Za daljnju analizu korišten je najbolji rezultat od dvaju ponavljanja između kojih su bile najmanje dvije minute razmaka.

#### 3.2.3.3. Zig-zag test

Trčanje s višestrukim promjenama smjera karakteristično je za nogometnu igru. Zig-zag test prema autorima Little i Williams (2005) zahtijeva ubrzanje, usporavanje i komponentu kontrole ravnoteže tijekom trčanja. Jednostavnost testa minimalizira utjecaj učenja na rezultat.

Test se izvodio na umjetnoj travi, a mjerio se pomoću dva para infracrvenih stanica

(Brower Timing System, Draper, SAD) postavljenih na startnoj i završnoj liniji testnog terena koji se sastojao od 4 dionice po 5 m postavljene pod kutom od  $100^\circ$  (dijagram x). Ispitanik je, nakon objašnjenja testa i upute da trči između oznaka najbrže što može, zauzeo položaj visokog starta te je prolaskom između infracrvene stanice na startu pokrenuo vrijeme, a prolaskom između stanica na cilju zaustavio vrijeme. Za daljnju analizu korišten je najbolji rezultat od dvaju ponavljanja između kojih su bile najmanje dvije minute razmaka.



Slika 1. Zig-zag test, Loturco i sur. (2018)

#### 3.2.3.4. Vertikalni skok s pripremom (*countermovement jump*)

Vertikalni skokovi neizostavni su dio nogometne igre te ih je potrebno uključiti u procjenu motoričke izvedbe nogometaša. Prema Marković, Dizdar, Jukić i Cardinale (2004), vertikalni skok s pripremom (*countermovement jump* – CMJ), uz skok u dalj iz mjesta, visoko je pouzdan i valjan test za procjenu eksplozivne snage donjih udova.

Za mjerenje CMJ korišten je sustav za opto-elektronički sustav OptoGait (Microgate s.r.l., Bolzano, Italija). Ispitanik je na početku testiranja zauzeo uspravni stojeći položaj između dva vodoravno položena opto-elektronička senzora. Ruke su bile postavljene na kukove tijekom cijele izvedbe testa. Uputa ispitaniku bila je da izvede najviši mogući skok kojem prethodi priprema u obliku počučnja te da doskoči na isto mjesto s kojeg se odrazio. Posebna je pozornost

bila usmjerena na to da se izbjegne pregibanje nogu u zglobovima kuka, koljena i gležnja pri doskoku. Skok je ponovljen tri puta s odmorom od barem jedne minute između ponavljanja, a za daljnju analizu upotrijebljen je najbolji rezultat (najviši skok), izražen u metrima.

#### 3.2.3.5. Bacanje medicine u stojećem položaju

U nogometnoj igri, pri ubacivanju lopte u igru nakon *outa*, igrač mora u trenutku bacanja držati loptu objema rukama iznad glave pri čemu oba stopala moraju biti na tlu na crti kojom je označen rub terena. Stoga bacanje medicine iznad glave u stojećem položaju predstavlja odgovarajući test motoričke sposobnosti nogometaša.

Na početku testiranja ispitanik je zauzeo stojeći položaj sa stopalima razmaknutim u širini kukova i prstima postavljenim do linijske oznake na podu te je podignuo loptu iznad glave objema rukama. Kao pripremu za izbacivanje lopte, ispitanik je zamahnuo loptom postavljajući je iza glave, ekstendirao kukove i trup te flectirao koljena, a zatim izbacio loptu zamahom rukama prema naprijed istodobno s ekstenzijom koljena i fleksijom kukova i trupa. Iskorak i pomicanje stopala nisu bili dopušteni. Bacanje se ponavljalo dva puta s razmakom od jedne minute između bacanja. U daljnjoj analizi upotrebljavao se bolji rezultat od dvaju bacanja. Udaljenost se mjerila u centimetrima od linijske oznake na podu do mjesta prvog kontakta lopte s podlogom.

### 3.3. Protokol testiranja

Svi su testovi provedeni u poslijepodnevnim satima, a raspoređeni su bili u tri dana, s 48 sati razmaka između dana. Ispitanici su upozoreni da dan prije i na dan testiranja ne provode intenzivne trenažne ili natjecateljske aktivnosti. Na početku svakog dana testiranja provedeno je standardno zagrijavanje u trajanju od 15 do 20 minuta, a sastojalo se od:

- razgibavanje zglobova: vrat, ramena, trup, kukovi, koljena
- kretanje naprijed-natrag sa zadacima
- 10 čučnjeva
- 10 sklekova
- 10 podizanja trupa iz ležećeg položaja na leđima
- 10 opružanja trupa iz ležećeg položaja na prsima

- po 5 iskoraka na svaku nogu
- upor strance s podignutom gornjom nogom – po 10 sekundi na obje strane
- „stražnji most“ (*hip thrust*) s podignutom nogom – po 5 ponavljanja sa svakom nogom
- upor na laktovima (*plank*) s podignutom jednom nogom – po 15 sekundi sa svakom nogom
- dinamičko istežanje: kvadriceps femoris i iliopsoas, hamstrings, aduktori kuka, trup.

Raspored pojedinih testiranja po danima prikazan je u Tablici 3.2. Stanka između ponavljanja pojedinog testa bila je pasivna i trajala je između 1 i 5 minuta. Stanka između pojedinih testova unutar jednog dana bila je oko 5 minuta.

Tablica 3.2. Raspored testova po danima

Dan testiranja	Skupina testova	Testovi	Broj ponavljanja svakog testa
1.	Izometrijska dinamometrija mišića trupa	stojeći naprijed	3
		stojeći natrag	3
		stojeći desno	3
		stojeći lijevo	3
		sjedeći naprijed	3
		sjedeći natrag	3
		sjedeći desno	3
		sjedeći lijevo	3
2.	Dinamički testovi snage trupa – bacanje medicinke	sjedeći/ s naslonom naprijed	2
		sjedeći/ s naslonom natrag	2
		sjedeći/ s naslonom desno	2
		sjedeći/ s naslonom lijevo	2
		sjedeći/ bez naslona naprijed	2
		sjedeći/ bez naslona natrag	2
		sjedeći/ bez naslona desno	2
		sjedeći/ bez naslona lijevo	2
		stojeći naprijed	2
	Statična mišićna izdržljivost trupa	ekstenzori	1
		fleksori	1
		laterofleksori desni	1
		laterofleksori lijevi	1
3.	Izometrijska dinamometrija mišića kukova	ekstenzori – desna noga	3
		ekstenzori – lijeva noga	3
		fleksori – desna noga	3
		fleksori – lijeva noga	3

	Motorički testovi	skok u dalj	3
		sprint na 20 m	3
		Zig-zag test	3
		vertikalni skok s pripremom	3
		bacanje medicinke stojeći	3

### 3.4. Metode obrade podataka

Za sve testove određeni su središnji i disperzivni parametri: aritmetička sredina i standardna devijacija. Normalnost distribucije varijabli utvrđena je Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Latentna struktura varijabli mišićne funkcije trupa utvrđena je eksplorativnom faktorskom analizom sa Promax kosokutnom rotacijom. Broj značajnih glavnih komponenti određen je primjenom Gutman-Kaiserova kriterija (svojstvena vrijednost  $\geq 1$ ). Izračunate su matrice strukture i sklopa te korelacije između faktora. Povezanost varijabli jakosti i snage mišića trupa, te mišića kukova, s motoričkom izvedbom nogometaša utvrđena je korelacijskom analizom. Povezanost jakosti i snage mišića trupa i kukova s testovima motoričke izvedbe utvrđena je multiplom regresijskom analizom. Razina statističke značajnosti testiranja postavljenih hipoteza postavljena je na  $p < 0,05$ .

## 4. REZULTATI

### 4.1. Deskriptivna statistika i normalnost distribucije varijabli

U skladu s prethodnim poglavljem, jakost i snaga mišića trupa procjenjivane su pomoću:

- testova izometrijske dinamometrije – 8 varijabli u 2 položaja (stojeći i sjedeći)
- dinamičnim testovima snage – 9 varijabli u 2 položaja (sjedeći, stojeći), pri čemu sjedeći u 2 uvjeta (s vertikalnim naslonom i bez njega)
- testovima statične mišićne izdržljivosti – 4 varijable.

Ukupno je izmjerena 21 varijabla čiji su deskriptivni parametri (aritmetička sredina i standardna devijacija) i test normalnosti distribucije prikazani u Tablici 4.1.

U izometrijskim testovima jakosti rezultati su prikazani kao prosječna vršna sila u 1 sekundi pri maksimalnoj voljnoj kontrakciji (*MVC*). Prosječni rezultati fleksije i laterofleksije u stojećem položaju veći su od rezultata istih testova u sjedećem položaju. Rezultat ekstenzije trupa u sjedećem položaju (*Trunk\_ex\_sed*) prosječno je bio veći za 1,8 % od istovjetnog testa u stojećem položaju (*Trunk\_ex\_stn*), što predstavlja jedini test dinamometrije trupa u sjedećem položaju koji je prosječno veći od istovjetnog u stojećem. Laterofleksija u stojećem i sjedećem položaju prosječno je većih rezultata na lijevu stranu u odnosu prema desnoj.

Balistički testovi snage mišića trupa (bacanje medicinske lopte mase 3 kg) definirani su udaljenošću izraženom u centimetrima. Prosječni rezultati u sjedećem položaju očekivano su veći u testovima izvedenim bez vertikalnog naslona, tj. sa statičnim trupom, od onih izvedenih bez vertikalnog naslona, odnosno sa zamahom trupa. Prosječno najbolji rezultati postignuti su u bacanju medicinske lopte u oba uvjeta prema natrag, nakon čega slijedi bacanje prema naprijed pa u stranu. U oba uvjeta bacanje u stranu pokazuje prosječno veće rezultate na lijevu u odnosu prema desnoj strani. Rezultat u balističkom testu snage izveden u stojećem položaju bacanje medicinske lopte naprijed stojeći (*Mb\_st\_fw*) očekivano je prosječno veći od oba rezultata testova izvedenih u istom smjeru, prema naprijed, ali u sjedećem položaju. Rezultati dinamičkih bacanja u sjedećem položaju prosječno su veći od rezultata bacanja u istim smjerovima sa statičnim trupom, osim u slučaju bacanja naprijed pri kojem su u oba uvjeta, s naslonom i bez njega, rezultati približno jednaki.

Rezultati testova statične mišićne izdržljivosti mjereni su u sekundama te su dobiveni prosječni rezultati kako slijedi od najvećih prema najmanjima: fleksori trupa (V-sit test), ekstenzori trupa (modificirani Biering-Sorensenov test), te laterofleksori trupa pri čemu su laterofleksori lijeve strane trupa (upor strance na laktu lijevi) pokazali prosječno veću izdržljivost od onih desne strane (upor strance na laktu desni).

Tablica 4.1. Aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD) i Kolmogorov-Smirnovljev (K-S) test normalnosti distribucije za varijable jakosti i snage mišića trupa (n=81)

VARIJABLA	AS	SD	K – S TEST (d)
Ekstenzija trupa stojeći (Nm/kg)	4,32	1,08	0,06
Fleksija trupa stojeći (Nm/kg)	3,53	0,78	0,05
Laterofleksija trupa stojeći desna (Nm/kg)	3,65	0,88	0,06
Laterofleksija trupa stojeći lijeva (Nm/kg)	3,69	0,85	0,08
Ekstenzija trupa sjedeći (Nm/kg)	4,39	0,97	0,05
Fleksija trupa sjedeći (Nm/kg)	2,35	0,46	0,06
Laterofleksija trupa sjedeći desna (Nm/kg)	2,87	0,65	0,07
Laterofleksija trupa sjedeći lijeva (Nm/kg)	3,07	0,68	0,05
Bacanje medicinke naprijed sjedeći s naslonom (cm)	568,20	80,76	0,07
Bacanje medicinke natrag sjedeći s naslonom (cm)	579,86	78,83	0,05
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći s naslonom (cm)	552,98	82,87	0,05
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći s naslonom (cm)	568,73	83,23	0,08
Bacanje medicinke naprijed sjedeći bez naslona (cm)	590,41	78,73	0,05
Bacanje medicinke natrag sjedeći bez naslona (cm)	759,01	108,02	0,11
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći bez naslona (cm)	729,42	107,97	0,07
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći bez naslona (cm)	746,01	113,15	0,06
Bacanje medicinke naprijed stojeći (cm)	789,94	125,95	0,05
Modificirani Biering-Sorensenov test (s)	168,78	59,50	0,13
Upor strance na laktu desni (s)	128,70	39,93	0,10
Upor strance na laktu lijevi (s)	141,79	117,15	0,27
V-sit test (s)	224,19	138,57	0,18

**Kritična vrijednost : 0,14**

## 4.2. Latentna struktura varijabli jakosti i snage mišića trupa

Hipoteza prema kojoj će latentne dimenzije jakosti i snage trupa biti definirane režimom rada mišića i njihovom funkcionalnom ulogom provjerena je faktorskom analizom eksplorativnog tipa matrice interkorelacija varijabli jakosti i snage mišića trupa. Korelacije između navedenih varijabli prikazane su u tablici Matrica interkorelacija u Prilogu 1. Faktorskom analizom ekstrahirane su četiri značajne glavne komponente koje zajedno objašnjavaju 69,62 % ukupnog varijabiliteta mjera jakosti i snage trupa (Tablica 4.2).

Tablica 4.2. Glavne komponente, njihove svojstvene vrijednosti (Total), postotak objašnjene varijance (% Var) te kumulativni postotak objašnjene varijance (Cum %).

Glavna komponenta	Svojstvena vrijednost		
	Total	% Var	Cum %
<b>1</b>	<b>8,63</b>	<b>41,08</b>	<b>41,08</b>
<b>2</b>	<b>2,99</b>	<b>14,23</b>	<b>55,30</b>
<b>3</b>	<b>1,62</b>	<b>7,70</b>	<b>63,00</b>
<b>4</b>	<b>1,39</b>	<b>6,62</b>	<b>69,62</b>
5	0,86	4,11	73,73
6	0,78	3,70	77,43
7	0,74	3,52	80,95
8	0,67	3,18	84,14
9	0,55	2,64	86,77
10	0,46	2,19	88,97
11	0,40	1,88	90,85
12	0,35	1,65	92,50
13	0,28	1,31	93,81
14	0,25	1,20	95,01
15	0,24	1,16	96,17
16	0,22	1,07	97,24
17	0,15	0,73	97,96
18	0,14	0,66	98,62
19	0,11	0,54	99,16
20	0,11	0,51	99,68
21	0,07	0,32	100,00



Prva glavna komponenta objasnila je 41% varijance analiziranih varijabli za procjenu funkcija mišića trupa, druga 14%, a treća i četvrta 7 – 8%. Glavne komponente objasnile su relativno visok postotak varijance varijabli promatranih dimenzija trupa (komunaliteti varijabli; Tablica 4.3), osim u slučaju sve četiri varijable statične mišićne izdržljivosti trupa na što je upućivala i matrica interkorelacija.

Tablica 4.3. Komunaliteti varijabli

Varijabla	Komunalitet
Ekstenzija trupa stojeći	0,75
Fleksija trupa stojeći	0,68
Laterofleksija trupa stojeći desna	0,77
Laterofleksija trupa stojeći lijeva	0,77
Ekstenzija trupa sjedeći	0,60
Ekstenzija trupa sjedeći	0,59
Laterofleksija trupa sjedeći desna	0,75
Laterofleksija trupa sjedeći lijeva	0,73
Bacanje medicinke naprijed sjedeći s naslonom	0,76
Bacanje medicinke natrag sjedeći s naslonom	0,78
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći s naslonom	0,79
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći s naslonom	0,81
Bacanje medicinke naprijed sjedeći bez naslona	0,79
Bacanje medicinke natrag sjedeći bez naslona	0,68
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći bez naslona	0,74
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći bez naslona	0,77
Bacanje medicinke naprijed stojeći	0,79
Modificirani Biering-Sorensenov test	<b>0,48</b>
Upor strance na laktu desni	<b>0,53</b>
Upor strance na laktu lijevi	<b>0,51</b>
V-sit test	<b>0,55</b>

Glavne komponente varijabli za procjenu mišićnih funkcija trupa transformirane su *oblique* rotacijom te su konačni rezultati faktorske analize prikazani u tablicama 4.4. (matrica sklopa), 4.5. (matrica strukture) i 4.6. (interkorelacije faktora).

Tablica 4.4. Matrica sklopa.

	Faktori			
	1	2	3	4
Ekstenzija trupa stojeći	-0,03	0,87	-0,09	-0,02
Fleksija trupa stojeći	0,10	0,71	-0,02	-0,18
Laterofleksija trupa stojeći desna	0,04	0,84	0,05	-0,06
Laterofleksija trupa stojeći lijeva	-0,04	0,88	-0,06	-0,04
Ekstenzija trupa sjedeći	0,08	0,36	-0,25	-0,53
Ekstenzija trupa sjedeći	0,20	0,11	0,11	-0,65
Laterofleksija trupa sjedeći desna	-0,07	0,06	0,15	-0,84
Laterofleksija trupa sjedeći lijeva	0,04	0,37	0,25	-0,60
Bacanje medicinke naprijed sjedeći s naslonom	0,81	0,14	-0,06	0,02
Bacanje medicinke natrag sjedeći s naslonom	0,85	0,10	-0,09	0,09
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći s naslonom	0,88	-0,01	0,02	-0,06
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći s naslonom	0,91	-0,06	-0,16	0,01
Bacanje medicinke naprijed sjedeći bez naslona	0,88	0,04	0,01	0,05
Bacanje medicinke natrag sjedeći bez naslona	0,80	0,03	0,09	-0,04
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći bez naslona	0,91	-0,12	0,07	0,03
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći bez naslona	0,91	-0,10	0,01	-0,05
Bacanje medicinke naprijed stojeći	0,88	0,01	0,03	-0,02
Modificirani Biering-Sorensen test	-0,26	-0,06	0,57	0,22
Upor strance na laktu desni	0,13	0,11	0,65	-0,18
Upor strance na laktu lijevi	0,16	0,40	0,45	0,41
V-sit test	-0,04	-0,20	0,70	-0,24

Tablica 4.5. Matrica strukture.

	Faktori			
	1	2	3	4
Ekstenzija trupa stojeći	0,35	<b>0,86</b>	-0,03	-0,25
Fleksija trupa stojeći	0,43	<b>0,80</b>	0,04	-0,39
Laterofleksija trupa stojeći desna	0,40	<b>0,87</b>	0,11	-0,29
Laterofleksija trupa stojeći lijeva	0,34	<b>0,87</b>	0,01	-0,26
Ekstenzija trupa sjedeći	0,34	0,52	-0,21	<b>-0,63</b>
Ekstenzija trupa sjedeći	0,36	0,37	0,13	<b>-0,72</b>
Laterofleksija trupa sjedeći desna	0,10	0,26	0,17	<b>-0,85</b>
Laterofleksija trupa sjedeći lijeva	0,30	0,57	0,30	<b>-0,72</b>
Bacanje medicinke naprijed sjedeći s naslonom	<b>0,86</b>	0,47	-0,06	-0,16
Bacanje medicinke natrag sjedeći s naslonom	<b>0,87</b>	0,42	-0,10	-0,09
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći s naslonom	<b>0,89</b>	0,38	0,00	-0,22
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći s naslonom	<b>0,88</b>	0,31	-0,18	-0,13
Bacanje medicinke naprijed sjedeći bez naslona	<b>0,88</b>	0,40	-0,00	-0,12
Bacanje medicinke natrag sjedeći bez naslona	<b>0,82</b>	0,38	0,07	-0,19
Bacanje medicinke u desnu stranu sjedeći bez naslona	<b>0,85</b>	0,26	0,05	-0,10
Bacanje medicinke u lijevu stranu sjedeći bez naslona	<b>0,87</b>	0,29	-0,01	-0,19
Bacanje medicinke naprijed stojeći	<b>0,89</b>	0,39	0,02	-0,18
Modificirani Biering-Sorensenov test	-0,34	-0,19	<b>0,56</b>	0,27
Upor strance na laktu desni	0,20	0,26	<b>0,66</b>	-0,25
Upor strance na laktu lijevi	0,24	0,40	<b>0,47</b>	0,26
V-sit test	-0,09	-0,10	<b>0,69</b>	-0,20

Tablica 4.6. Interkorelacije faktora jakosti i snage trupa

	1	2	3	4
1	1,00			
2	0,42	1,00		
3	-0,02	0,07	1,00	
4	-0,18	-0,26	-0,03	1,00

### 4.3. Povezanost jakosti i snage mišića trupa s motoričkom izvedbom

#### 4.3.1. Povezanost testova i latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s testovima motoričke izvedbe

Korelacije između varijabli trupa i varijabli motoričke izvedbe prikazane su u tablici u Prilogu 2. Korelacije između faktora latentnih dimenzija trupa i varijabli motoričke izvedbe prikazane su u Tablici 4.7.

Tablica 4.7. Korelacije između latentnih dimenzija trupa i varijabli motoričke izvedbe (\*statistički značajna korelacija  $r$  na razini  $p < 0,05$ ).

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
Skok u dalj	<b>0,26*</b>	<b>-0,33*</b>	0,10	<b>-0,30*</b>
Sprint na 20 m	<b>-0,50*</b>	-0,23	0,12	<b>0,31*</b>
Zig-zag test	-0,12	<b>-0,25*</b>	-0,15	<b>0,43*</b>
Vertikalni skok s pripremom	<b>0,60*</b>	<b>0,29*</b>	0,18	-0,20
Bacanje medicinke naprijed stojeći	<b>0,89*</b>	<b>0,39*</b>	0,02	-0,18

#### 4.3.2. Regresijska analiza latentnih dimenzija jakosti i snage trupa i testova motoričke izvedbe

Prediktivne veze jakosti i snage trupa sa pojedinim testovima motoričke izvedbe utvrđene su multiplom regresijskom analizom. Kao prediktori upotrijebljene su četiri latentne dimenzije jakosti i snage trupa, a testovi motoričke izvedbe predstavljaju zavisne varijable.

##### 4.3.2.1. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom skoka u dalj

Regresijski model gdje su prediktori latentne dimenzije jakosti i snage trupa, a kriterij izvedba skoka u dalj, statistički je značajan:  $F(4,52) = 8,30$ ,  $p < 0,0001$ ,  $R^2 = 0,39$ . Konkretno,

prediktori objašnjavaju 39% varijance kriterija. Tablica 4.8. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Prva, druga i četvrta latentna dimenzija trupa imaju statistički značajne prediktivne veze s izvedbom skoka u dalj iz mjesta, pri čemu je relacija prve latentne dimenzije pozitivna, a druge i četvrte dimenzije negativna.

Tablica 4.8. Regresijski koeficijenti latentnih dimenzija jakosti i snage trupa na izvedbu skoka u dalj.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	p
	B	Standardna pogreška	Beta		
Faktor 1	821,49	383,35	<b>0,25*</b>	2,14	<b>0,04*</b>
Faktor 2	-1882,70	403,33	<b>-0,57*</b>	-4,67	<b>0,00*</b>
Faktor 3	-48,33	350,06	-0,02	-0,14	0,89
Faktor 4	-1429,15	392,17	<b>-0,47*</b>	-3,64	<b>0,00*</b>

#### 4.3.2.2. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom sprinta na 20 m

Regresijski model gdje su prediktori latentne dimenzije jakosti i snage trupa, a kriterij izvedba sprinta na 20 metara statistički je značajan:  $F(4,57) = 5,61$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0,28$ . Konkretno, prediktori objašnjavaju 28% varijance kriterija. Tablica 4.9. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Samo prva latentna dimenzija jakosti i snage trupa ima statistički značajne negativne relacije s izvedbom sprinta na 20 metara.

Tablica 4.9. Regresijski koeficijenti latentnih dimenzija jakosti i snage trupa na izvedbu sprinta na 20 m.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	p
	B	Standardna pogreška	Beta		
Faktor 1	-0,08	0,02	<b>-0,42*</b>	-3,47	<b>0,00*</b>
Faktor 2	-0,01	0,02	-0,03	-0,20	0,84
Faktor 3	0,01	0,02	0,07	0,56	0,58
Faktor 4	0,03	0,02	0,18	1,37	0,18

#### 4.3.2.3. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom Zig-zag testa

Regresijski model gdje su prediktori latentne dimenzije jakosti i snage trupa, a kriterij izvedba Zig-zag testa statistički je značajan:  $F(4,57) = 3,56$ ,  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,20$ . Konkretno, prediktori objašnjavaju 20% varijance kriterija. Tablica 4.10. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Samo četvrta latentna dimenzija trupa ima statistički značajne relacije s izvedbom Zig-zag testa.

Tablica 4.10. Regresijski koeficijenti latentnih dimenzija jakosti i snage trupa na izvedbu Zig-zag testa.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	p
	B	Standardna pogreška	Beta		
Faktor 1	0,00	0,04	0,00	0,01	0,99
Faktor 2	-0,03	0,05	-0,10	-0,74	0,46
Faktor 3	-0,03	0,04	-0,10	-0,78	0,44
Faktor 4	0,12	0,04	<b>0,37*</b>	2,60	<b>0,01*</b>

#### 4.3.2.4. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom vertikalnog skoka s pripremom

Regresijski model gdje su prediktori latentne dimenzije jakosti i snage trupa, a kriterij izvedba vertikalnog skoka s pripremom statistički je značajan:  $F(4,67) = 12,04$ ,  $p < 0,0001$ ,  $R^2 = 0,42$ . Konkretno, prediktori objašnjavaju 42% varijance kriterija. Tablica 4.11. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Prva i treća latentna dimenzija trupa imaju statistički značajne pozitivne relacije s izvedbom vertikalnog skoka s pripremom.

Tablica 4.11. Regresijski koeficijenti latentnih dimenzija jakosti i snage trupa na izvedbu vertikalnog skoka s pripremom.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	P
	B	Standardna pogreška	Beta		
Faktor 1	3,06	0,54	<b>0,58*</b>	5,71	<b>0,00*</b>
Faktor 2	0,16	0,54	0,03	0,29	0,77
Faktor 3	1,15	0,49	<b>0,22*</b>	2,34	<b>0,02*</b>
Faktor 4	-0,60	0,50	-0,12	-1,22	0,23

#### 4.3.2.5. Prediktivne veze latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s izvedbom bacanja medicine naprijed stojeći

Regresijski model gdje su prediktori latentne dimenzije jakosti i snage trupa, a kriterij izvedba bacanja medicine naprijed stojeći – statistički je značajan:  $F(4,76) = 70,04$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2 = 0.79$ . Konkretno, prediktori objašnjavaju čak 79% varijance kriterija. Tablica 4.12. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Samo prva latentna dimenzija trupa ima statistički značajnu pozitivne relacije s izvedbom bacanja medicine naprijed stojeći.

Tablica 4.12. Regresijski koeficijenti latentnih dimenzija jakosti i snage trupa na bacanje medicine naprijed stojeći.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	p
	B	Standardna pogreška	Beta		
Faktor 1	110,53	7,39	<b>0,88*</b>	14,96	<b>0,00*</b>
Faktor 2	1,74	7,55	0,01	0,23	0,82
Faktor 3	4,32	6,70	0,03	0,64	0,52
Faktor 4	-2,16	6,94	-0,02	-0,31	0,76

#### 4.4. Povezanost jakosti ekstenzora i fleksora kuka s motoričkom izvedbom

Korelacije između varijabli jakosti ekstenzora i fleksora kuka i varijabli motoričke izvedbe prikazane su u Tablici 4.13.

Tablica 4.13. Korelacije između varijabli jakosti ekstenzora i fleksora kuka i varijabli motoričke izvedbe

	Ekstenzija kuka desne noge	Ekstenzija kuka lijeve noge	Fleksija kuka desne noge	Fleksija kuka lijeve noge
Skok u dalj	0,14	<b>0,34*</b>	<b>0,26*</b>	<b>0,38*</b>
Sprint na 20 m	-0,18	-0,23	-0,12	-0,07
Zig-zag test	-0,09	-0,06	-0,12	-0,10
Vertikalni skok s pripremom	0,15	<b>0,25*</b>	0,16	0,17
Bacanje medicinke naprijed stojeći	<b>0,41*</b>	<b>0,49*</b>	0,23	<b>0,31*</b>

Općenito gledajući, korelacije između jakosti ekstenzora i fleksora kukova i motoričke izvedbe relativno su niske i kreću se između 0,07 i 0,49. Negativan predznak u korelacijama jakosti ekstenzora i fleksora kuka s izvedbom sprinta na 20 m i Zig-zag testa posljedica su inverzne metrike tih varijabli (manji rezultat u tim testovima je bolji).

##### 4.4.1 Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka s izvedbom skoka u dalj

Regresijski model gdje su prediktori jakost ekstenzije i fleksije kuka, a kriterij izvedba skoka u dalj statistički je značajan:  $F(4,56) = 3,66$ ,  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,21$ . Konkretno, prediktori objašnjavaju 21% varijance kriterija. Tablica 4.14. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Samo ekstenzija kuka desne noge ima statistički značajnu pozitivnu relaciju s izvedbom skoka u dalj.



Tablica 4.14. Regresijski koeficijenti jakosti ekstenzora i fleksora kuka na skok u dalj.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	p
	B	Standardna pogreška	Beta		
Ekstenzija kuka desne noge	-901,39	688,68	-0,23	-1,31	0,20
Ekstenzija kuka lijeve noge	1456,43	731,07	<b>0,36*</b>	1,99	<b>0,05*</b>
Fleksija kuka desne noge	-230,41	1192,73	-0,04	-0,19	0,85
Fleksija kuka lijeve noge	1741,87	1187,74	0,34	1,47	0,15

#### 4.4.2. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka s izvedbom sprinta na 20 m

Regresijski model gdje su prediktori jakost ekstenzije i fleksije kuka, a kriterij izvedba sprinta na 20 m nije statistički značajan:  $F(4,55) = 1,07$ ,  $p < 0,38$ ,  $R^2 = 0,07$ .

#### 4.4.3. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka s izvedbom Zig-zag testa

Regresijski model gdje su prediktori jakost ekstenzije i fleksije kuka, a kriterij izvedba Zig-zag testa nije statistički značajan:  $F(4,55) = 0,23$ ,  $p < 0,92$ ,  $R^2 = 0,02$ .

#### 4.4.4. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka na izvedbu vertikalnog skoka s pripremom

Regresijski model gdje su prediktori jakost ekstenzija i fleksija kuka, a kriterij izvedba vertikalnog skoka s pripremom također nije statistički značajan:  $F(4,71) = 1,37$ ,  $p < 0,25$ ,  $R^2 = 0,07$ .

#### 4.4.5. Prediktivne veze jakosti ekstenzije i fleksije kuka na izvedbu bacanja medicinke naprijed stojeći

Regresijski model gdje su prediktori jakost ekstenzija i fleksija kuka, a kriterij izvedba bacanja medicinke naprijed stojeći statistički je značajan:  $F(4,65) = 5,59$ ,  $p < 0,01$ ,  $R^2 = 0,26$ . Konkretno, prediktori objašnjavaju 26% varijance kriterija. Tablica 4.15. prikazuje regresijske koeficijente prediktorskih varijabli i njihovu razinu značajnosti u predikciji kriterija. Samo ekstenzija kuka desne noge ima statistički značajnu pozitivnu relaciju s izvedbom bacanja medicinke naprijed u stajanju.

Tablica 4.15. Regresijski koeficijenti jakosti ekstenzora i fleksora kuka na bacanje medicinke naprijed stojeći.

	Nestandardizirani koeficijenti		Standardizirani koeficijenti	t	p
	B	Standardna pogreška	Beta		
Ekstenzija kuka desne noge	14,09	28,91	0,08	0,49	0,63
Ekstenzija kuka lijeve noge	63,17	28,68	<b>0,38*</b>	2,20	<b>0,03*</b>
Fleksija kuka desne noge	-15,70	50,11	-0,07	-0,31	0,76
Fleksija kuka lijeve noge	37,41	51,07	0,17	0,73	0,47

## **5. RASPRAVA**

Temeljni ciljevi ovog istraživanja bili su (1) odrediti latentnu strukturu i faktorsku valjanost testova jakosti, snage i mišićne izdržljivosti trupa te (2) utvrditi povezanost jakosti i snage mišića trupa i kukova s testovima motoričke izvedbe kod nogometaša. Na tragu metodoloških ograničenja uočenih u dosadašnjim istraživanjima, namjera ovog istraživanja bila je evaluirati dimenzije jakosti i snage mišića trupa u svim ravninama (sagitalnoj, frontalnoj i transverzalnoj), u različitim položajima (stojeći i sjedeći), te u evaluaciju uključiti i mišiće kuka. Prema spoznajama autora, ovo je prvo istraživanje koje je sustavno pristupilo evaluaciji jakosti i snage mišića trupa, a svojim rezultatima omogućuje definiranje stvarne uloge dimenzija jakosti i snage trupa u motoričkoj izvedbi nogometaša.

### **5.1. Latentna struktura varijabli jakosti i snage mišića trupa**

Kao što je navedeno u uvodnom dijelu, u literaturi nailazimo na nedovoljno jasno razlikovanje mišićnih funkcija trupa koji su u ovom radu podijeljeni na jakost, snagu i mišićnu izdržljivost. U istraživanjima zatječemo miješanje tih pojmova, tj. njihovo izjednačavanje (Nesser i sur., 2008; Wells i sur., 2009) ili, pak, svođenje svih funkcija trupa pod zajednički pojam stabilnosti trupa koju različiti autori međusobno različito definiraju (Kibler i sur., 2006; Borgghuis i sur., 2011; Reed i sur., 2012). Premda nije predmet ove disertacije, pojam stabilnost trupa je kontroverzan, nejasno opisan i problematičan kada je riječ o objektivnom mjerenju (Wirth i sur. 2017).

Glavni nalaz ovog dijela istraživanja jest da su latentne dimenzije jakosti i snage trupa jasno definirane režimom rada mišića i njihovom funkcionalnom ulogom, što je na tragu postavljene prve istraživačke hipoteze H1. Jakost trupa procjenjivala se izometrijskom dinamometrijom u sagitalnoj i frontalnoj ravnini (ekstenzija, fleksija te desna i lijeva laterofleksija trupa) te u dva položaja (stojeći i sjedeći). Navedeni položaji odabrani su u skladu s rezultatima prijašnjih istraživanja (Cartas, Nordin, Frankel, Malgady i Sheikhzadeh, 1993; Kocijan i Šarabon, 2014), a prema kojima jakost trupa značajno ovisi o kutu u zglobu kuka u sagitalnoj ravnini. Autori su ustanovili kako izometrijska jakost u smjeru ekstenzije raste s povećanjem fleksije u zglobu kuka, dok je kod fleksije trupa obrnut slučaj. Nalazi ovog

istraživanja su konzistentni s navedenim istraživanjima. Prema Kocijanu i Šarabonu (2014), postoji bitan utjecaj mišića kukova na rezultate mjerenja jakosti trupa, pri čemu je poprečni presjek ekstenzora kukova bitno veći od onoga fleksora kuka. Ta činjenica može biti jedan od čimbenika koji pridonose većoj jakosti ekstenzora spram fleksora trupa. Što se tiče jakosti laterofleksora trupa, uočene su asimetrije u korist lijeve strane tijela. Prema Bobbertu i van Zandwijku (1999), Wilson i sur. (2005) zaključuju kako se tijekom jednonožnog stava, vertikalna sila reakcije podloge nalazi medijalno od središta zgloba kuka te se u svrhu sprečavanja femoralne adukcije stvara vanjski moment sile abduktora kojem se suprotstavlja ekvivalentni moment sile lateralnih mišića trupa stojne noge. Stoga je kod nogometaša dominantne (šuterske) desne noge (većina testiranih igrača) moguć veći razvoj jakosti lijeve strane trupa u odnosu prema desnoj.

Balistički testovi bacanja medicinke mase 3 kg upotrijebljeni su u svrhu procjene (eksplozivne) snage trupa. Bacanja su izvođena: (1) u 4 smjera (naprijed, natrag te kroz rotacije u obje strane); (2) u sjedećem položaju kako bi se eliminirao doprinos sile donjih ekstremiteta te (3) s naslonom i bez njega (varijacija vezana uz doprinos mišića trupa u proksimalnoj stabilizaciji i propulziji). Također je izvedeno i bacanje medicinke naprijed stojeći. Očekivano, sjedeća bacanja bez naslona rezultirala su prosječno većim vrijednostima u svim smjerovima u odnosu prema istovjetnim smjerovima sa statičnim trupom. Iznimka je bacanje prema naprijed gdje nije uočen bitan utjecaj naslona. Ovi rezultati podudaraju se s onima Shinklea i sur. (2012), pri čemu minimalne razlike u bacanjima prema naprijed u dva uvjeta, autori tumače činjenicom da m. rectus abdominis, iako glavni pregibač trupa, nema ulogu u dinamičkoj funkciji mišića trupa, što potvrđuje i njegova građa. Naime, „kuglasta“ građa segmenata tog mišića podijeljenog poprečnim tetivama upućuje na to da mu je primarna stabilizacijska (statična mišićna akcija), a ne propulzivna funkcija (koncentrična mišićna akcija) (McGill, 2009). Prosječno najbolji rezultati postignuti su u bacanjima prema natrag u oba uvjeta, što se podudara s rezultatima navedenog istraživanja Shinklea i sur. (2012) koji su u bacanjima u stranu nešto bolje rezultate dobili na lijevu stranu u odnosu prema desnoj pri statičnom trupu te obrnuto pri dinamičnom. U ovom istraživanju, u oba uvjeta bacanja na lijevu stranu bila su nešto veće udaljenosti nego na desnu. Razlog bi ponovno mogao biti u dominantnoj desnoj nozi ispitanika kojima se pri udarcima lopte desnom nogom snažno aktivira kontralateralna strana trupa u svrhu stabilizacije i prijenosa sile. Bacanje medicinke prema naprijed u stojećem položaju očekivano je postiglo prosječnu najveću udaljenost u odnosu prema bacanjima u oba uvjeta u sjedećem

položaju. Uzrok se pronalazi u činjenici da je povećana sila generirana kroz donje ekstremitete pokretima u zglobo kuka i koljena pri bacanju, ali i veća visina medicinke u trenutku izbačaja.

Statična izdržljivost mišića trupa testirana je standardnim skupom testova McGilla i suradnika (1999), a testirani su ekstenzori, fleksori i laterofleksori trupa. Autori su u svojem istraživanju, u kojem su željeli uspostaviti normative za mišićnu izdržljivost trupa na zdravoj populaciji, za muškarce dobili približno jednake rezultate fleksora i ekstenzora trupa (1% razlike u korist ekstenzora). U ovom istraživanju fleksori trupa pokazali su za čak 35% veću izdržljivost od ekstenzora. Razlika u rezultatima vjerojatno je nastala zbog razlike u uzorku – opća populacija (McGill i sur. 1999) nasuprot visoko utreniranim nogometašima (ovo istraživanje). Tse i sur. (2005) u svojem su istraživanju provedenom na sezonskim veslačima dobili rezultate bliže ovom istraživanju: prosječni rezultati izdržljivosti fleksora bili su za čak oko 50% bolji od ekstenzora. Autori su svoje rezultate također uspoređivali s navedenim istraživanjem McGilla i suradnika te su zaključili da je razlika posljedica specifičnosti sporta veslanja. Nesser i sur. (2008) u istraživanju na igračima američkog nogometa dobili su također veće vrijednosti fleksora trupa od ekstenzora za 15%, a Nesser i Lee (2009) za 20%. Dakle, moguće je zaključiti kako se kod sportaša omjer izdržljivosti ekstenzora i fleksora trupa značajno razlikuje od onoga kod opće populacije, a uočena varijacija rezultata spomenutog omjera među navedenim istraživanjima vjerojatno je posljedica specifičnosti sportova. U ovom istraživanju, prema izdržljivosti, nakon fleksora i ekstenzora slijede najprije laterofleksori lijeve, a zatim desne strane trupa. Laterofleksori lijeve strane za 11% su prosječno izdržljiviji od desne strane. U promatranim istraživanjima provedenim na muškim sportašima razlike između desne i lijeve strane kreću se u rasponu od 3% do 10% u korist jedne ili druge strane trupa (Tse i sur., 2005; Nesser i sur., 2008; Lust i sur., 2009; Keogh i sur., 2010). Prema istraživanju McGilla i sur. (2003) provedenom na radnicima težih fizičkih poslova, ustanovljen je omjer mišićne izdržljivosti desne i lijeve strane trupa unutar 5% kao siguran u smislu smanjenja rizika nastanka križobolje dok veće razlike upućuju na potencijalni rizik. U tom kontekstu, ispitanici ovog istraživanja bi, u prosjeku, mogli biti potencijalno izloženi navedenom riziku zbog asimetrije od 11%. Stoga bi bilo poželjno u trening nogometaša uključiti specifični trening mišićne izdržljivosti objiju strana trupa. Ezechieli i suradnici (2013) u istraživanju s ciljem određivanja specifičnih profila jakosti trupa za sportaše različitih sportova, zaključili su također kako specifični treninzi sportova ne postižu ravnotežu jakosti mišićne mase trupa, što posljedično može dovesti do ozljeda i bolnih sindroma.

Prvi važan nalaz ovog istraživanja vezan je uz faktorsku strukturu funkcija mišića trupa. Hipoteza prema kojoj će latentne dimenzije jakosti i snage trupa biti definirane režimom rada mišića i njihovom funkcionalnom ulogom provjerena je faktorizacijom matrice interkorelacija varijabli jakosti i snage mišića trupa (Prilog 1.). Faktorskom analizom ekstrahirane su 4 glavne komponente koje objašnjavaju 70% ukupnog varijabiliteta testova jakosti i snage trupa (Tablica 4.2). Prva glavna komponenta objasnila je 41% varijance analiziranih testova za procjenu funkcija mišića trupa, druga 14%, treća 8%, a četvrta 7%. Iz komunaliteta varijabli vidljivo je kako su glavne komponente objasnile relativno visok postotak varijance varijabli promatranih dimenzija trupa, osim u slučaju varijabli statične mišićne izdržljivosti trupa. Glavne komponente varijabli za procjenu mišićnih funkcija trupa transformirane su tzv. kosokutnom rotacijom (eng. *oblique*).

Kao kriterij razine povezanosti u tekstu koji slijedi korištene su slijedeće vrijednosti: <0,2 nulta povezanost, 0,21 – 0,4 niska povezanost, 0,41 – 0,7 umjerena povezanost, >0,71 visoka povezanost.

Prema Matricama sklopa i strukture (Tablice 4.4 i 4.5), najveće ortogonalne i paralelne projekcije na prvi faktor imaju varijable snage trupa – bacanja medicinske lopte. Osim varijabli snage trupa, s prvim faktorom umjereno koreliraju sve varijable jakosti trupa, osim sjedeće laterofleksije u desnu stranu s kojom je korelacija niska, što je također bilo vidljivo u matrici interkorelacija. Najniži koeficijent među umjerenim korelacijama jakosti trupa ima sjedeća laterofleksija u lijevu stranu. Dakle, jakost trupa u frontalnoj ravnini u sjedećem položaju ima najmanje projekcije na prvi faktor između varijabli jakosti trupa. Jedina varijabla negativne umjerene korelacije s prvim faktorom je Biering-Sorensenov test statične mišićne izdržljivosti. Ostali testovi mišićne izdržljivosti nemaju korelacija s prvim faktorom.

Drugi faktor definiran je varijablama izometrijske jakosti trupa u stojećem položaju, a s kojim očekivano visoko koreliraju još i varijable izometrijske jakosti trupa u sjedećem položaju: ekstenzija i lijeva laterofleksija. Ostale dvije varijable jakosti trupa u sjedećem položaju pokazuju umjerenu (laterofleksija trupa sjedeći lijeva) ili nisku (laterofleksija trupa sjedeći desna) povezanost s ovim faktorom. Umjerenu korelaciju s drugim faktorom imaju sve dimenzije snage trupa osim varijable bacanja medicinske lopte u sjedećem položaju bez naslona u desnu i lijevu stranu. Upor strance lijevi jedina je varijabla među mjerama statične mišićne izdržljivosti koja je umjereno povezana s drugim faktorom.

Najveće ortogonalne i paralelne projekcije na treći faktor imaju varijable svih testova statične mišićne izdržljivosti. Ostale promatrane dimenzije trupa nemaju projekciju na ovaj faktor.

Četvrti faktor definiran je varijablama izometrijske jakosti trupa u sjedećem položaju. Ovaj faktor nema značajnijih korelacija s ostalim varijablama za procjenu funkcija trupa.

Interpretacija dobivenih faktora je u slučaju Faktora 1 i 3 jasna te dobiveni faktori predstavljaju snagu (Faktor 1), odnosno izdržljivost mišića trupa (Faktor 3). Neočekivani rezultat ovog dijela istraživanja svakako predstavlja razdvajanje latentnih dimenzija jakosti trupa na različite faktore, a u ovisnosti o položaju testiranja. Tako je ekstrahirani Faktor 2 definiran varijablama izometrijske jakosti trupa u stojećem položaju, a Faktor 4 definiran je varijablama istih testova u sjedećem položaju. Stoga se Faktor 2 može definirati kao izometrijska jakost trupa u stajanju, a Faktor 4 kao izometrijska jakost trupa u sjedećem položaju. Interkorelacijski, i u skladu s kosokutnom rotacijom, ova dva faktora pokazala su relativnu neovisnost. U kontekstu uočene diferencijacije jakosti trupa u stajanju i sjedećem položaju, zanimljivo je da se isti fenomen nije pojavio kod dimenzija snage trupa. Konkretno, testovi bacanja medicinke, neovisno o tome je li bacanje bilo u stajanju ili sjedećem položaju, odnosno s naslonom ili bez naslona, definiraju jedan jedinstveni faktor – snagu mišića trupa. Dakle, postavlja se pitanje u čemu se varijable jakosti u sjedećem i varijable jakosti u stojećem položaju do te mjere razlikuju da čine odvojene faktore. Zdjelica je u oba položaja bila fiksirana pa se može pretpostaviti kako uključenost mišića nogu odupiranjem stopalima o podlogu u stojećem položaju značajno mijenja manifestaciju jakosti trupa u odnosu prema sjedećem položaju u kojem stopala ne dodiruju podlogu. Pretpostavka je da uočena razlika nije nastala zbog veličine fleksije u kuku, već zbog sinergijskog djelovanja nogu, uslijed nastale sile reakcije podloge.

Kod testova snage, razdvajanje na više faktora s obzirom na položaj i uvjete nije se dogodilo jer je aktivna uključenost gornjih ekstremiteta u svim položajima i svim uvjetima ujediniła sve testove pod jedan faktor. Također, u svim testovima snage (bacanja), bez obzira na položaj tijela, stopala su prema protokolu bila oslonjena na podlogu te su noge više ili manje sudjelovale pri svim uvjetima bacanja. Autor pretpostavlja kako je stabilizacijska i propulzijska funkcija trupa u znatnoj mjeri ovisna o funkciji nogu, pri čemu oslonac stopalima na podlogu (zatvoreni kinematički lanac) mijenja funkciju mišića trupa. Pri svim bacanjima, ispitanici su

se koristili nogama za oslonac, dok su kod izometrijskih testova jakosti trupa u sjedu noge bile u zraku. Autor zaključuje kako postoji specifičnost dimenzija jakosti i snage trupa u ovisnosti o funkciji preostalog kinematičkog lanca, posebice nogu. U pozadini ovog fenomena je specifična građa lokomotornog sustava gdje postoji jasna miofascijalna veza između pojedinih dijelova tijela, posebice između udova i trupa (Krause, Wilke, Vogt i Banzer, 2016).

Korelacije između statične mišićne izdržljivosti trupa (Faktor 3) gotovo su nulte sa svim ostalim latentnim dimenzijama trupa (snaga, izometrijska jakost u stojećem položaju, izometrijska jakost u sjedećem položaju). Također, nema povezanosti između faktora snage (Faktor 1) i faktora jakosti u sjedećem položaju (Faktor 4). Nisku negativnu korelaciju pronalazimo između faktora izometrijske jakosti trupa u stojećem (Faktor 2) i sjedećem položaju (Faktor 4). Jedina umjerena pozitivna povezanost vidljiva je između dimenzije snage (Faktor 1) i izometrijske jakosti u stojećem položaju (Faktor 2). Interkorelacije faktora jakosti i snage trupa općenito pokazuju da su ekstrahirani faktori relativno neovisni.

Dobivena struktura dimenzija jakosti i snage mišića trupa u skladu je s definicijom Silfies i suradnika (2015) prema kojoj u kontekstu stabilnosti trupa optimalni mišićni kapaciteti uključuju 3 komponente: jakost, snagu i mišićnu izdržljivost. Sveukupno gledajući, ovi rezultati mogu imati važne implikacije na testiranje dimenzija jakosti i snage trupa. Konkretno, autor preporučuje da se testiranje jakosti i snage trupa kod sportaša provodi sa stopalima na tlu. Iznimka bi bili sportovi u kojima noge nemaju čvrst oslonac na tlu poput vaterpola, kajaka, veslanja i sličnih sportova. Potrebna su daljnja istraživanja o toj temi koja bi provjerila hipotezu o specifičnosti rezultata testiranja funkcija trupa kod tih sportova.

## **5.2. Povezanost jakosti i snage mišića trupa s motoričkom izvedbom**

Tijekom posljednjeg desetljeća zamjećuju se znatne promjene u pristupu treningu sportaša u smislu isticanja uporabe vježbi za poboljšanje živčano-mišićnih funkcija trupa, osobito statičnih vježbi mišićne izdržljivosti trupa. No te promjene paradigme treniranja nisu bile vođene rezultatima znanstvenih istraživanja. Naprotiv, sustavni pregled literature Reeda i suradnika (2012) te metaanaliza Prieskea i suradnika iz 2016. godine o povezanosti mišićne jakosti trupa s motoričkom izvedbom sportaša te o učincima treninga jakosti trupa na motoričku



izvedbu sportaša pokazala je iznenađujuće rezultate: povezanost jakosti trupa s motoričkom izvedbom sportaša vrlo je niska i kreće se između  $r = -0,05$  i  $r = 0,18$ . Ista je metaanaliza pokazala kako velike promjene u mišićnoj jakosti trupa, izazvane treningom jakosti trupa, dovode do malih promjena u motoričkoj izvedbi sportaša. Štoviše, ti su trenažni učinci manji od trenažnih učinaka standardnog treninga s otporom. Autori su istaknuli nisku razinu metodološke kvalitete analiziranih istraživanja, što ograničava generalizaciju navedenih zaključaka. Metodološka ograničenja dosadašnjih istraživanja o temi funkcije trupa u kontekstu sportske izvedbe sistematizirana su u uvodnom poglavlju ovog rada. Slijedom navedenog, namjera je ovog istraživanja bila utvrditi stvarnu povezanost živčano-mišićnih funkcija trupa s motoričkom izvedbom sportaša. Navedena kompleksna povezanost i prediktivne veze sa sportskom izvedbom potvrđene su ovim istraživanjem, a prema rezultatima kojeg je povezanost testova i latentnih dimenzija jakosti i snage trupa s testovima motoričke izvedbe nogometaša nedvojbeno, jednako kao i postojanje prediktivnih veza između latentnih dimenzija jakosti i snage trupa sa motoričku izvedbom.

U ovom istraživanju provedene su korelacijske i regresijske analize kako bi se utvrdila zavisnost funkcija trupa i motoričke izvedbe nogometaša. Rezultati korelacijskih analiza testova i latentnih dimenzija jakosti i snage trupa i varijabli motoričke izvedbe pokazali su kako koeficijenti korelacija variraju od nultih, preko umjereno negativnih i pozitivnih vrijednosti, pa sve do visokopozitivnih vrijednosti (Prilog 2 i Tablica 4.7).

Među varijablama trupa najvišu razinu povezanosti s varijablama testova motoričke izvedbe pokazuju varijable za procjenu snage trupa u sjedećem položaju, s naslonom i bez njega. Očekivano, s obzirom na to da test također uključuje bacanje medicinke, najviše koeficijente povezanosti ove varijable pokazuju s motoričkim testom bacanja medicinske lopte u stojećem položaju prema naprijed s koeficijentima od 0,66 do 0,82; slijedi umjerena do visoka pozitivna povezanost s varijablama vertikalnog skoka s pripremom (CMJ) ( $r = 0,43$  do  $0,57$  te umjerena negativna povezanost tri od četiri varijable snage trupa s varijablama sprinta na 20 m ( $r = -0,41$  do  $-0,52$ ). Sva bacanja, u svim uvjetima, imaju statistički značajnu umjerenu do visoku povezanost s testovima sprint na 20 m, CMJ i bacanje medicinke u stojećem položaju. Međutim, ističe se izostanak povezanosti s varijablama skok u dalj i trčanje s promjenom smjera (Zig-zag). Povezanost snage trupa s vertikalnim skokom, a njezin izostanak kod horizontalnog skoka vjerojatno je posljedica činjenice da ta dva skoka pripadaju različitim kategorijama skokova s obzirom na kinetičke varijable sile reakcije podloge (Baković, 2016) te različitim

utjecaju aktivnosti ekstenzijskih mišića koji imaju važnu ulogu pri vertikalnim skokovima (Blache i Monteil, 2013). Također, inklinacija trupa u odnosu prema podlozi je manja kod horizontalnog skoka, nego pri vertikalnom skoku, što omogućuje odraz u horizontalnom smjeru (Ridderikhoff, Batelaan i Bobbert, 1999), a što utječe na ukupno višu aktivaciju mišića kukova prema računalno simuliranom modelu vertikalnog i horizontalnog skoka (Nagano, Komura i Fukushima, 2007).

Na latentnoj razini, faktor snage trupa (Faktor 1) ima umjerene do visoke, logički pozitivne korelacije s 3 od 5 testova motoričke izvedbe (Tablica 4.7); s bacanjem medicinske lopte u stojećem položaju koeficijent korelacije iznosi visokih  $r = 0,89$ ; s varijablom vertikalnog skoka s pripremom (CMJ) i sprintom 20 m koeficijent korelacije je umjeren i iznosi  $r = 0,60$ , odnosno  $r = -0,50$ . Niska, odnosno nulta korelacija utvrđena je između faktora snage trupa i skoka u dalj te testa brze promjene smjera kretanja ( $r = 0,26$  i  $r = -0,12$ ). Vidljivo je kako se rezultati korelacija manifestnih varijabli i latentnih dimenzija snage trupa s motoričkom izvedbom podudaraju i sugeriraju kako postoji umjerena do visoka povezanost između snage trupa i sposobnosti izvedbe sprinta, vertikalnog skoka i bacanja kod mladih nogometaša.

Ovi se rezultati općenito podudaraju s onima Shinklea i suradnika (2012) dobivenim u istraživanju na nogometašima, a prema čijem su protokolu i izvedeni testovi dinamičke snage trupa. Korelacije između varijabli snage trupa i varijabli motoričke izvedbe u istraživanju Shinklea i suradnika (2012) kreću se u rasponu od 0,41 do 0,65. Nikolenko i sur. (2011) također su za procjenu snage trupa upotrijebili bacanje medicine naprijed, no s podizanjem iz ležećeg u sjedeći položaj te iz sjedećeg položaja u stranu (protokol prema Coweley i Swensen, 2008). Rezultati u tim testovima korelirali su s testovima sportske izvedbe kod rekreativaca – sprint na 40 jardi, povratno trčanje (*shuttle run*), vertikalni skok i 1RM čučanj. Prema dobivenim rezultatima, umjerene korelacije ( $r = 0,51 - 0,65$ ) utvrđene su samo između bacanja prema naprijed i čučnja; no, istraživanje je provedeno na rekreativcima te se postavlja pitanje mogućnosti generalizacije tih rezultata na sportsku populaciju, posebice na vrhunske sportaše.

Sve varijable izometrijske jakosti trupa u stojećem položaju pozitivno su nisko povezane ( $r = 0,28 - 0,4$ ) s varijablom bacanja medicine u stojećem položaju, dok s varijablama ostalih motoričkih testova koeficijenti povezanosti variraju od nultih do nisko pozitivnih (CMJ) ili nisko negativnih (skok u dalj). Većina varijabli izometrijske jakosti trupa u sjedećem položaju nisko je povezana s varijablama CMJ i bacanje medicine u stojećem

položaju (0,26 do 0,37). Iste varijable jakosti trupa imaju nulte ili niske negativne korelacije s varijablama sprint 20 m i trčanjem s izmjenama smjera ( $r = -0,26$  do  $-0,4$ ), dok su te korelacije sa skokom u dalj još niže.

Na latentnoj razini, dimenzije jakosti trupa u stajanju i sjedu (faktori 2 i 4) također pokazuju niske do nulte korelacije s varijablama motoričke izvedbe (Tablica 4.7). Ti rezultati potvrđuju gore navedene rezultate na manifestnoj razini i sugeriraju nisku povezanost između dimenzija jakosti trupa (neovisno o modalitetu testiranja) i motoričke izvedbe nogometaša. Ističe se suprotan predznak povezanosti između jakosti trupa u stajanju i sjedu s nekim varijablama motoričke izvedbe (Tablica 4.7). Konkretno, vidljive su logički negativne korelacije između jakosti trupa u sjedu i *svih* varijabli motoričke izvedbe nogometaša, što dodatno potvrđuje kako testovi jakosti trupa u sjedu nisu primjereni za procjenu funkcije trupa kod sportaša koji se kreću po tlu.

Keiner i sur. (2014) u svojem istraživanju na nogometašima adolescentske dobi dobili su umjerene korelacije ( $r = -0,45$  do  $-0,48$ ) između testova jakosti trupa u sjedu i maksimalne izvedbe sprinta. Navedene korelacije utvrđene su kod sprinta na 20 i 30 m, ali ne i kod sprinta na 5 i 10 m. Clayton i suradnici (2011) dobili su nešto više koeficijente korelacije ( $r = 0,57 - 0,68$ ) između izokinetičke jakosti fleksora i ekstenzora trupa u sjedećem položaju i testa bacanja medicine preko glave unatrag. No, isti testovi jakosti trupa nisu pokazali povezanost s vertikalnim skokom i nabačajem kod dobro utreniranih igrača bejzbola. Rezultati nisu potpuno usporedivi s ovim istraživanjem s obzirom na nižu razinu utreniranosti ispitanika (subelitni nasuprot elitni), drugačiji pristup mjerenju jakosti trupa (izokinetika nasuprot izometrijski testovi) te razliku između testova bacanja medicine u stojećem položaju (prema natrag naspram prema naprijed). I rezultati pilot-istraživanja Sharrocka i suradnika (2011) teško su usporedivi s ovim istraživanjem s obzirom na način mjerenja jakosti trupa. Naime, kao mjera jakosti trupa upotrijebljen je samo jedan ležeći test, i to u sagitalnoj ravnini, tzv. *Double leg lowering test* koji autori klasificiraju kao test za jakost ili stabilnost trupa. U tom istraživanju, jakost trupa nije pokazala statistički značajne korelacije s testovima motoričke izvedbe (T-test, sprint na 40 yd i vertikalni skok), dok je s bacanjem medicine iz klečećeg položaja registrirana negativna niska povezanost ( $r = -0,39$ ). Također, ovo je istraživanje provedeno na 35 sportaša studenata oba spola iz različitih sportova, što također znatno odudara od kriterija ovog istraživanja. Prieske i sur. (2015) dobili su nešto više korelacije ( $r = 0,50 - 0,66$ ) između izokinetičke jakosti ekstenzora trupa u sjedećem položaju i rezultata u dubinskom skoku

izvođenog na stabilnoj i nestabilnoj podlozi, dok s fleksijskom jakosti nisu registrirani statistički značajni koeficijenti korelacije. No, valja uzeti u obzir da je navedeno istraživanje provedeno na rekreativcima oba spola te je upitna generalizacija na sportsku populaciju. Usporedbu otežava i različit pristup mjerenju jakosti trupa – izokinetika u istraživanju Prieskea i suradnika (2015) te izometrija u ovom istraživanju.

Varijable statične mišićne izdržljivosti trupa nemaju statistički značajne korelacije s varijablama sprinta i brze promjene smjera, dok s ostalim varijablama motoričke izvedbe imaju niske korelativne veze ( $r = -0,23$  do  $0,28$ ). Slični se nalazi vide i na latentnoj razini – nulte ili vrlo niske korelacije između faktora mišićne izdržljivosti trupa (Faktor 3) i testova motoričke izvedbe nogometaša (Tablica 4.7).

Navedeni rezultati općenito se podudaraju s većinom istraživanja provedenih s ovom temom. Hoppe i suradnici (2015) u istraživanju na vrhunskim hokejašima nisu pronašli korelacije između modificiranih testova mišićne izdržljivosti trupa i testova motoričke izvedbe (npr. testovi brzine i agilnosti, CMJ). Nisku do umjerenu negativnu povezanost ( $r = -0,31$  do  $-0,4$ ) između brzine zamaha palicom u bejzbolu i statične te dinamične izdržljivosti fleksora trupa dobili su Lin i sur. (2013). Wells i sur. (2009) utvrdili su značajnije umjerene korelacije između testova mišićne izdržljivosti trupa (prednji i bočni upor) i sportske izvedbe kod vrhunskih igrača golfa oba spola. No, treba istaknuti kako protokol testiranja izdržljivosti fleksora trupa nije identičan onoj iz McGillova skupa testova, dok se izdržljivost ekstenzora trupa uopće nije mjerila. Hoshikawa i suradnici (2013) u trening istraživanju na nogometašima mlađe adolescentske dobi (12 – 13 godina) unaprijedili su rezultate vertikalnih skokova (uključujući i CMJ) za 5% do 6,8% pomoću vježbi koje su klasificirali kao vježbe za stabilnost trupa (pretežno vježbe mišićne izdržljivosti). Razlog poboljšanja rezultata protumačili su optimizacijom nagiba trupa koja je posljedica međumišićne koordinacije zgloba kuka. Generalizacija ovog zaključka na odrasle vrhunske sportaše je upitna jer je, zbog dobi ispitanika, moguće da je poboljšanje vertikalne skočnosti u tom istraživanju rezultat učenja ili usavršavanja tehnike skoka.

Iako često navode da mjere stabilnost, jakost ili snagu, mnoga istraživanja koja su procjenjivala izdržljivost mišića trupa McGillovim skupom testova te ih dovodila u korelaciju s određenim testovima motoričke izvedbe kod sportaša ili rekreativaca, dobila su rezultate konzistentne ovom istraživanju. Tako, primjerice, iako su naveli da mjere stabilnost trupa,

Keogh i sur. (2010) nisu pronašli nijednu značajnu korelativnu vezu između mišićne izdržljivosti trupa (koju su mjerili) i izvedbe ramenog potiska u stabilnim i nestabilnim uvjetima kod rekreativaca. Ambegaonkar i sur. (2014) nisu dokazali povezanost između mišićne izdržljivosti trupa i ravnoteže kod sportašica studentske dobi. S druge strane, Okada i sur. (2011) ustanovili su značajne korelativne veze između mišićne izdržljivosti trupa i varijabli sportske izvedbe, i to između izdržljivosti laterofleksora i *T-run testa* ( $r = -0,38$  desna strana trupa,  $r = -0,45$  lijeva strana trupa) te između mišićne izdržljivosti svih regija trupa (osim ekstenzora) i maksimalnog izdržaja u jednonožnom čučnju ( $r = 0,5$ ). Iako *T-run test* potpada pod skupinu motoričkih testova agilnosti, znatno se razlikuje od Zig-zag testa provedenog u ovom istraživanju. Naime *T-run test* zahtijeva dvostruko više vremena, dvostruko dužu prijedenu udaljenost te jednu promjenu smjera kretanja više od Zig-zag testa (Nimphius, Callaghan, Bezodis i Lockie, 2018). Navedene razlike samih testova mogući su uzroci nepodudaranja u rezultatima, baš kao i činjenica da su Okada i suradnici svoje istraživanje proveli na rekreativcima, dok je ovo provedeno na sportašima. Jednonožni čučanj (tzv. dinamični Trendelenburgov test) kao mjera izdržljivosti donjih ekstremiteta odvija se u za sport vrlo nespecifičnim uvjetima – dugotrajnom stajanju na jednoj nozi uz održavanje ravnoteže pridržavanjem rukom za oslonac. U istraživanju za ovaj rad svi testovi motoričke izvedbe odabrani su kao specifične kretne strukture tijekom nogometne igre te stoga nema odgovarajućeg usporedivog testa jednonožnom čučnju koji predstavlja nespecifičan test.

Nesser i sur. (2008) dobili su slabe do umjerene korelacije između testova mišićne izdržljivosti trupa i sportske izvedbe. Autori su na osnovi testova mišićne izdržljivosti zaključili kako trup ima minornu ulogu u performansama snage i jakosti. No osim upitnog zaključka, dobivene korelacije razlikuju se od onih dobivenih u ovom istraživanju (usprkos velikoj podudarnosti u testovima) i kreću se od 0,38 do 0,49 te su negativnog predznaka kod testova brzine. Usporedivši rezultate dobivene na uzorku sportaša američkog nogometa s rezultatima ovog istraživanja, ističu se razlike najprije na razini visine i mase ispitanika koje su posljedica antropometrijske specifičnosti sportova: visina od  $184 \pm 7,1$  cm i masa od  $100,5 \pm 22,4$  kg u istraživanju Nessera i sur. (2008) nasuprot visini od  $178 \pm 7$  cm i masi od  $70,3 \pm 7,5$  kg u ovom istraživanju. Nadalje, prosječno vrijeme postignuto na pojedinim testovima mišićne izdržljivosti je između 30% i 100% više u ovom istraživanju u odnosu prema onom američkih autora. Zbog toga se nameće pitanje odnosa između testova mišićne izdržljivosti trupa i morfoloških obilježja ispitanika. Marković i Jarić (2004) pokazali su kako testovi relativne mišićne izdržljivosti penaliziraju osobe s većim tjelesnim dimenzijama, a što ima značajan

utjecaj na stupanj povezanosti između varijabli jakosti i snage te motoričke izvedbe (Jarić, 2003). Zbog relativne homogenosti uzorka, u ovom istraživanju nije bilo velikih varijacija u veličini tijela među ispitanicima; no, u budućim se istraživanjima treba voditi računa o utjecaju veličine tijela na stupanj povezanosti između dimenzija jakosti i snage trupa te motoričke izvedbe. To se može postići pomoću normalizacije rezultata testova jakosti, snage i motoričke izvedbe uzimajući u obzir teoriju geometrijske sličnosti (Jarić, Mirkov i Marković, 2005) ili, pak, putem parcijalizacije utjecaja veličine tijela u korelacijskim i regresijskim analizama. Konačno, ne treba zanemariti ni činjenicu da rezultati na testovima mišićne izdržljivosti trupa u velikoj mjeri ovise i o motivaciji i trudu ispitanika (Moreau i sur., 2001), što je također jedan od mogućih čimbenika koji može objasniti uočene razlike u rezultatima ovog istraživanja i istraživanja Nesslera i suradnika.

Zaključno, ovo je istraživanje pokazalo da postoji značajna umjerena, logički pozitivna povezanost između manifestnih varijabli i latentne dimenzije snage trupa i izvedbe bacanja, sprinta i vertikalnog skoka kod mladih nogometaša, a povezanost varijabli i dimenzija jakosti i, posebno, izdržljivosti mišića trupa s motoričkom izvedbom niska je i praktički beznačajna.

Osim korelacijskih analiza, u ovom su istraživanju provedene i serije regresijskih analiza s latentnim dimenzijama jakosti i snage trupa kao prediktorima, te varijablama motoričke izvedbe kao kriterijima. Te su analize pokazale kako latentne dimenzije mišićnih funkcija trupa imaju značajnu prediktivnu vrijednost u svim testovima motoričke izvedbe provedenim u ovom istraživanju. Konkretno, dimenzije jakosti, snage i mišićne izdržljivosti trupa objašnjavaju između 20% i 42% varijance testova motoričke izvedbe. Iznimka je test bacanja medicinke u stajanju, gdje navedene dimenzije jakosti i snage trupa objašnjavaju čak 79% varijance, a jedina značajna prediktivna veza utvrđena je s faktorom snage trupa. Valja istaknuti kako je i u gotovo svim preostalim regresijskim analizama faktor snage trupa imao značajne pozitivne prediktivne veze sa motoričkom izvedbom nogometaša. Ti rezultati dodatno upućuju na važnost razvoja snage trupa kod nogometaša i sportaša u sličnim sportovima poput rukometa, košarke i odbojke. Znakovito je kako se u navedenim sportovima, izuzev (možda) rukometa, treninzi trupa kroz eksplozivna bacanja medicinke relativno rijetko koriste. Rezultati ovog istraživanja indirektno sugeriraju kako bi se primjenom tih sadržaja potencijalno moglo pozitivno utjecati i na izvedbu eksplozivnih motoričkih zadataka relevantnih za uspjeh u navedenim sportovima.

Uočene su i određene nelogičnosti u rezultatima provedenih regresijskih analiza. Primjerice, kod regresijskih analiza u kojima su kriterijske varijable bile skok u dalj i Zig-zag test, utvrđena je logički negativna prediktivna veza jakosti trupa u sjedu s izvedbom u navedenim motoričkim zadacima. Ti su rezultati na tragu prethodno interpretiranih korelacijskih analiza i dodatno upozoravaju na činjenicu da se testiranje jakosti mišića trupa treba provoditi u stajanju, a ne u sjedećem položaju. Zanimljivo, i faktor jakosti trupa u stajanju imao je značajan logički negativan regresijski koeficijent kod izvedbe skoka u dalj, a što je u ovom trenutku teško objašnjivo.

Okada i suradnici (2011) pokušali su pomoću regresijskog modela varijabli trupa predvidjeti uspješnost na motoričkim testovima rekreativaca. Prediktivne faktore regresijske analize predstavljale su 4 varijable trupa (McGillov skup testova mišićne izdržljivosti) i 12 varijabli FMS-a (*Functional movement screen*), dok su zavisne varijable bili testovi motoričke izvedbe: BOMB test bacanja medicinke stojeći unatrag, čučanj na jednoj nozi i *T-run agility test*. 86% varijabiliteta u ukupnoj izvedbi objasnili su sljedeći prediktori: mišićna izdržljivost trupa fleksije i desne laterofleksije te mobilnost desnog ramena. Autori su se ogradili od uporabe ovih rezultata u praktične svrhe s obzirom na niske rezultate korelacijske analize te činjenicu da testovi trupa i FMS-a nisu specifični u kontekstu testova sportske izvedbe.

### **5.3. Povezanost jakosti ekstenzora i fleksora kuka s motoričkom izvedbom**

Koeficijenti korelacije između jakosti ekstenzora i fleksora kuka i motoričke izvedbe (Tablica 4.13) variraju između vrlo niskih  $r = 0,07$  i umjerenih  $r = 0,49$ . Statistički značajne, niske do umjerene i logički pozitivne korelacije zabilježene su između jakosti ekstenzora i fleksora kuka te izvedbe bacanja medicinke u stajanju i skoka u dalj. Na tragu ovih rezultata su i rezultati regresijskih analiza u kojima su varijable jakosti fleksora i ekstenzora kuka bili prediktori, a testovi motoričke izvedbe kriterijske varijable. Konkretno, samo su dvije regresijske analize bile statistički značajne – one u kojoj su zavisne varijable bile bacanje medicinke u stajanju i skok u dalj. Pritom je testovima jakosti ekstenzora i fleksora kuka bilo moguće objasniti 26% (bacanje medicinke u stajanju), odnosno 21% (skok u dalj) varijance kriterijske varijable.

Pri bacanju medicine iznad glave prema naprijed u stajanju potrebna je znatna koaktivacija mišića fleksora i ekstenzora kuka, a s ciljem učinkovite izvedbe ciklusa istežanja i skraćivanja te prijenosa energije s nogu, preko trupa, do ramena i ruku. Također, test bacanja je jedini motorički zadatak u kojem su testirani nogometaši svladavali vanjski otpor (a ne vlastitu tjelesnu masu). Poznata je činjenica da jakost ima važnu ulogu u eksplozivnom svladavanju vanjskog otpora (Marković, 2006). Stoga dobiveni rezultati korelacijske i regresijske analize o značajnoj ulozi jakosti ekstenzora i fleksora kuka u izvedbi bacanja medicine u stajanju ne iznenađuju.

Kod izvedbe skoka u dalj, ekstenzori i fleksori kuka imaju važnu ulogu u stvaranju impulsa sile u sagitalnoj ravnini, dok je to manje izraženo kod vertikalnog skoka (Nagano i sur., 2007). Ta bi činjenica mogla objasniti (i) općeniti izostanak značajnih korelacija između jakosti fleksora i ekstenzora kuka i izvedbe vertikalnog skoka te (ii) vrlo nisku i statistički neznačajnu predikciju visine vertikalnog skoka temeljem rezultata jakosti ekstenzora i fleksora kuka.

Kada je u pitanju brza promjena smjera kretanja, dobiveni rezultati o nepovezanosti s jakosti ekstenzora i fleksora kuka su očekivani. Naime, samo kretanje ne odvija u sagitalnoj ravnini i koordinacijski je puno složenije u odnosu prema većini ostalih odabranih motoričkih testova. I rezultati provedene regresijske analize to potvrđuju, gdje je postotak objašnjene varijance izvedbe Zig-zag testa pomoću testova jakosti ekstenzora i fleksora kuka iznosio samo 2%. U kojoj se mjeri jakost mišića kuka u frontalnoj i transverzalnoj ravnini povezana s izvedbom testova brze promjene smjera kretanja – ostaje istražiti.

S druge strane, očekivana je značajna, logički pozitivna korelacija između jakosti fleksora i ekstenzora kuka i izvedbe sprinta na 20 m. Također, iznenađuju rezultati regresijske analize, gdje nije utvrđen statistički značajna prediktivna veza jakosti ekstenzora i fleksora kuka s izvedbom sprinta na 20 m, a postotak objašnjene varijance kriterija iznosio je samo 7%. Veći broj istraživača istaknuo je važnost ekstenzora kuka u izvedbi sprinta, uključujući i sprintersko ubrzanje (Morin i sur., 2015; Schache, Dorn, Williams, Brown i Pandy, 2014; Wiemann i Tidow, 1995). Također je utvrđena važnost fleksora kuka u izvedbi sprinta (Schache i sur., 2014). No, ta su istraživanja vezana uz visokoutrenirane sprintere, odnosno sportaše s visokom razinom razvijenosti tehnike sprinta. Budući da se sprinteri značajno razlikuju od nogometaša upravo u tehnici sprinta (Colyer, Nagahara, Takai i Salo, 2018), to je vjerojatni razlog zašto ovo istraživanje nije potvrdilo očekivanja o važnosti jakosti ekstenzora i fleksora kuka za uspješnu



izvedbu sprinterskog ubrzanja. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se cjelovitije sagledala uloga jakosti mišića kuka u izvedbi sprinta u sportskim igrama, uzevši pritom u obzir i ostale relevantne čimbenike poput tehnike sprinta.

#### **5.4. Ograničenja istraživanja**

Glavna ograničenja ovog istraživanja su: (1) izostanak intervencije u obliku treninga za razvoj ključnih dimenzija trupa, a u svrhu poboljšanja motoričke izvedbe; (2) s obzirom na dob ispitanika ( $17,3 \pm 1,7$  godina) upitno je poopćavanje na iskusnije vrhunske sportaše zbog faktora učenja i usavršavanja izvedbe motoričkih zadataka; (3) nedovoljna homogenost uzorka (15 – 21 godina starosti) – podjelom uzorka na 3 dobne skupine i uvrštavanjem u model, postotak objašnjenje varijance motoričkih testova na temelju motoričkih faktora trupa se smanjuje za 5-10% u odnosu na izvorno izračunate vrijednosti; (4) nepotpunost testiranja jakosti mišića kuka u svim ravninama (testirana je samo sagitalna ravnina, a frontalna i transverzalna nisu); (5) s obzirom na uzorak sastavljen isključivo od muških nogometaša, otežana je generalizacija na ženski spol te na sportaše drugih sportova, osobito onih koji se provode u uvjetima u kojima noge nemaju čvrst oslonac na tlu (plivanje, vaterpolo, veslanje i slično).

#### **5.5. Praktične implikacije istraživanja**

Dobiveni rezultati imaju važne praktične implikacije: (1) testiranje jakosti i snage trupa kod sportaša potrebno je provoditi sa stopalima na tlu, u specifično-sportskim uvjetima te (2) u trening nogometaša, u svrhu poboljšanja njihove motoričke izvedbe, potrebno je uključiti eksplozivna bacanja medicinki. Uobičajeni način razvijanja i mjerenja mišićnih funkcija trupa u položajima upora na rukama i nogama čini se nedovoljno specifičan za poboljšanje motoričke izvedbe sportaša.

## 6. ZAKLJUČAK

Temeljni ciljevi ovog istraživanja bili su odrediti latentnu strukturu i faktorsku valjanost testova jakosti, snage i mišićne izdržljivosti trupa te utvrditi povezanost jakosti i snage mišića trupa i kukova s testovima motoričke izvedbe kod nogometaša. Na tragu metodoloških ograničenja uočenih u dosadašnjim istraživanjima, namjera ovog istraživanja bila je evaluirati dimenzije jakosti i snage mišića trupa u svim ravninama (sagitalnoj, frontalnoj i transverzalnoj), u različitim položajima (stojeći i sjedeći), te u evaluaciju uključiti i mišić kuka. Prema spoznajama autora, ovo je prvo istraživanje koje je sustavno pristupilo evaluaciji jakosti i snage mišića trupa, a svojim rezultatima omogućuje definiranje stvarne uloge dimenzija jakosti i snage trupa u motoričkoj izvedbi sportaša. Uzorak ispitanika činio je 91 zdrav nogometaš, svaki s najmanje 7 godina natjecateljskog iskustva u nogometu. Nogomet je izabran kao sport koji uključuje motoričku izvedbu skokova, sprintova, brze promjene smjera kretanja te bacanja.

Svi su ispitanici izmjereni skupom testova koji je uključivao (1) testove za procjenu jakosti i snage mišića trupa: izometrijska dinamometrija mišića trupa (8 testova), dinamički testovi snage trupa (9 testova) i statična mišićna izdržljivost trupa (4 testa), (2) testove izometrijske dinamometrije ekstenzora i fleksora kukova te (3) motoričke testove: skok u dalj, sprint na 20 m, Zig-zag test, vertikalni skok s pripremom i bacanje medicinke stojeći.

Rezultati su potvrdili istraživačku hipotezu da su latentne dimenzije jakosti i snage trupa jasno definirane režimom rada mišića i njihovom funkcionalnom ulogom. Faktorskom analizom ekstrahirane su 4 glavne komponente koje objašnjavaju 70% ukupnog varijabiliteta mjera jakosti i snage trupa. Dobiveni faktori jasno su diferencirali tri komponente mišićnih funkcija trupa: snagu, jakost i mišićna izdržljivost. Neočekivani rezultat ovog dijela istraživanja predstavlja razdvajanje latentnih dimenzija jakosti trupa na 2 faktora koji ovise o položaju testiranja (stojeći, sjedeći). Prema rezultatima ovog istraživanja, uključenost nogu ima važnu ulogu u ispoljavanju jakosti mišića trupa, a mjerenje jakosti mišića trupa u sjedećem i stojećem položaju značajno se razlikuje u smislu funkcionalnosti trupa. Autor zaključuje kako jakost trupa u stojećem položaju, kao i snaga trupa u svim položajima, zbog aktivnosti nogu, ističu stabilizacijsku i propulzijsku ulogu trupa te preporučuje njihovu primjenu u praksi. Buduća istraživanja valjala bi detaljnije istražiti manifestaciju jakosti trupa ovisno o aktivnosti udova te na osnovi toga pomoći u daljnjem razumijevanju statične i dinamične uloge trupa.

U kontekstu uloge mišićne funkcije trupa u motoričkoj izvedbi, rezultati ovog istraživanja pokazali su kako manifestne varijable i latentna dimenzija snage trupa imaju najviši stupanj povezanosti i prediktivnih veza sa testovima motoričke izvedbe. Konkretno, snaga trupa objasnila je 20 do 79% varijance testova motoričke izvedbe. Navedeni iznosi se smanjuju za 5 do 10% kada se uzorak podijeli na 3 dobne skupine i uvrsti u model. Dobiveni rezultati sugeriraju kako je snaga trupa važan čimbenik uspješne izvedbe sprintova, skokova i bacanja kod visokoutreniranih mladih nogometaša muškog spola. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi provjerila valjanost ovih nalaza na drugim uzorcima sportaša (ženski spol, dob, ostale sportske igre...).

Konačno, ovo je istraživanje pokazalo kako jakost fleksora i ekstenzora kuka ima relativno nisku povezanost i slabe prediktivne veze s motoričkom izvedbom nogometaša. Samo 21 do 26% varijance motoričke izvedbe nogometaša (skok u dalj, bacanje medicine u stajanju) moguće je objasniti pomoću jakosti fleksora i ekstenzora kuka, a prediktivne veze sa sprintom, Zig-zag testom i skokom u vis nisu se pokazale statistički značajne. Uzimajući u obzir spoznaje dobivene na sprinterima, činjenica da je izostala značajna asocijacija između jakosti fleksora i ekstenzora kuka i sprinterskog ubrzanja sugerira kako analizirani uzorak nogometaša nije dosegao visoku kvalitativnu razinu sprinterske tehnike. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se provjerila ova pretpostavka.

## 7. LITERATURA

1. Abenhaim, L., Rossignol, M., Valat, J., Nordin, M., Avouac, B., Blotman, F., Charlot, J., Dreiser, R.L., Legrand, E., Rozenberg, S., Vautravers, P. (2000). The role of activity in the therapeutic management of back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 25(4):1 - 33.
2. Aggarwal, A., Zutshi, K., Munjal, J., Kumar, S., Sharma, V. (2010). Comparing stabilization training with balance training in recreationally active individuals. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*. 17(5):244–253.
3. Ambegaonkar, J.P., Mettinger, L.M., Caswell, S.V., Burt, A., Cortes, N. (2014). Relationships between core endurance, hip strength, and balance in collegiate female athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 9(5):604–616.
4. Andersson, E., Sward, L., Thorstensson, A. (1988). Trunk muscle strength in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(6). 587-593.
5. Andersson, G.B.J (1998). Epidemiology of low back pain. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 281:28–31
6. Andre, M.J., Fry, A.C., Heyrman, M.A., Hudy, A., Holt, B., Roberts, C., Vardiman, P., Gallagher, P.M. (2012). A reliable method for assessing rotational power. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(3):720–724.
7. Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., Konarski, J.M. (2015). Sprinting activities and distance covered by top level Europa league soccer players. *International Journal of Sports Science and Coaching*. 10(1):39-50.
8. Baković, M. (2016). Biomehaničko vrjednovanje skokova: uloga lateralnosti, zamaha rukama, režima rada mišića i smjera kretanja, doktorska disertacija. Kineziološki fakultet, Zagreb.

9. Bayramoglu, M., Akman, M.N., Kilinc, S., Cetin, N., Yavuz, N., Ozker, R. (2001). Isokinetic measurement of trunk muscle strength in women with chronic low-back pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 80(9):650-655.
10. Beckman, S.M., Buchanan, T.S. (1995). Ankle inversion injury and hypermobility: effect on hip and ankle muscle electromyography onset latency. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 76(12):1138-1143.
11. Behm, D.G., Anderson, K.G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 16(3). 415-422.
12. Behm, D.G., Drinkwater, E.J., Willardson, J.M., Cowley, P.M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 35:109-112.
13. Behm, D.G., Power, K.E., Drinkwater, E.J. (2003). Muscle activation is enhanced with multi- and uni-articular bilateral versus unilateral contractions. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 28(19): 38-52.
14. Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 230:1-54.
15. Blache, Y., Monteil, K. (2013). Influence of lumbar spine extension on vertical jump height during maximal squat jumping. *Journal of Sports Science*. 32(7):642–651.
16. Bobbert, M.F., van Zandwijk, J.P. (1999): Dynamics of force and muscle stimulation in human vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 31:303-310.
17. Bohannon, R.W. (1997). Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 78:26-32.

18. Borghuis, A.J., Lemmink, K.A., Hof, A.L. (2011). Core muscle response times and postural reactions in soccer players and nonplayers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 43(1):108-114.
19. Bouisset, S. (2008). Posture, dynamic stability, and voluntary movement. *Neurophysiologie Clinique/ Clinical Neurophysiology*. 38:345-362.
20. Bullock-Saxton, J.E., Janda, V., Bullock, M.I. (1994). The influence of ankle sprain injury on muscle activation during hip extension. *International Journal of Sports Medicine*. 15(6):330-334.
21. Butcher, S.J., Craven, B.R., Chilibeck, P.D., Spink, K.S., Lovo Grona, S., Sprigings, E.J. (2007) The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 37(5):223–231.
22. Cahalan, T.D., Johnson, M.E., Liu, S., Chao, E.Y. (1989). Quantitative measurements of hip strength in different age groups. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 246:136-145.
23. Cartas, O., Nordin, M., Frankel, V.H., Malgady, R. and Sheikhzadeh, A. (1993) Quantification of trunk muscle performance in standing, semistanding and sitting postures in healthy men. *Spine*.18(5):603-609.
24. Chaudhari, A. M., Andriacchi, T. P. (2006). The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. *Journal of Biomechanics*. 39(2), 330-338.
25. Chaudhari, A.M.W., McKenzie, C.S., Borchers, R.J., Best, T.M. (2011). Lumbopelvic control and pitching performance of professional baseball pitchers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(8):2127-2132.
26. Chaudhari, A.M.W., McKenzie, C.S., Pan, X., Onate, J.A. (2014). Lumbopelvic control and days missed because of injury in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*. 42(11): 2734-2740.

27. Cholewicki, J., Juluru, K., McGill, S.M. (1999). Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*. 32:13-17.
28. Cholewicki, J., VanVliet IV, J.J. (2002). Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clinical Biomechanics*. 17(2):99-105.
29. Clayton, M.A., Trudo, C.E., Laubach, L.L, Linderman, J.K., De Marco, G.M., Barr, S. (2011). Relationships between isokinetic core strength and field based athletic performance tests in male collegiate baseball players. *Journal of Exercise Physiology Online*.14(5):20–30.
30. Colyer, S.L., Nagahara, R., Takai, Y., Salo, A.I.T. (2018). How sprinters accelerate beyond the velocity plateau of soccer players: Waveform analysis of ground reaction forces. *The Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 28(12):2527-2535.
31. Comerford, M.J. (2007). Performance stability, module 1: stability for performance. Course 1: core stability concepts. Ludlow: Comerford & Performance Stability.
32. Comerford, M.J. clinical assessment of stability dysfunction <http://www.kineticcontrol.com/Documents/Ratingsystem0706.pdf>. Pristupljeno: veljača, 2019.
33. Coweley, P., Swensen, T. (2008). Development and reliability of two core stability field tests. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(2):619-624.
34. Cresswell, A.G., Thorstensson, A. (1994). Changes in intra-abdominal pressure, trunk muscle activation and force during isokinetic lifting and lowering. *European Journal of Applied Physiology*. 68:315-321.
35. Crisco, J.J., Panjabi, M.M. (1991). The intersegmental and multisegmental muscles of the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 16(7):793-799.

36. Deane, R.S., Chow, J.W., Tillman, M.D., Fournier, K.A. (2005). Effects of hip flexor training on sprint, shuttle run, and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(3):615–21.
37. Delitto, A., Rose, S.J., Crandell, C.E., Strube, M.J. (1991). Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance. *Spine*. 16:800-803.
38. Drinkwater, E.J., Pritchett, E.J., Behm D.G. (2007). Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2, 400-413.
39. Durall, C.J., Undermann, B.E., Johansen, D.R., Gibson, B., Reineke, D.M., Reuteman, P. (2009). The effects of preseason trunk muscle training on low-back pain occurrence in women collegiate gymnasts. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(1): 86–92.
40. Ezechieli, M., Siebert, C.H., Ettinger, M., Kieffer, O., Weißkopf, M., Miltner, O. (2013). Muscle strength of the lumbar spine in different sports. *Technology and Health Care*. 21(4):379–386.
41. Fig, G. (2005). Sport-specific conditioning: strength training for swimmers – training the core. *Strength and Conditioning Journal*. 27(2):40-42.
42. Frederickson, M., Cookingham, C.L., Chaudari, A.M., Dowdell, B.C., Oestreicher, N., Sahrman, S.A. (2000). Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 10:169-175.
43. Garrison, J.C., Arnold, A., Macko, M.J., Conway, J.E. (2013). Baseball players diagnosed with ulnar collateral ligament tears demonstrate decreased balance compared to healthy controls. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 43(10): 752-758.
44. Gibons, S.G.T., Comerford, M.J. (2001). Strength versus stability. Part 1: Concept and terms. *Orthopaedic Division Review*. 3/4: 21-27.



45. Gordon, A.T., Ambegaonkar, J.P., Caswell, S.V. (2013). Relationships between core strength, hip external rotator muscle strength, and star excursion balance test performance in female lacrosse players. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 8(2):97–104.
46. Granata, K.P., Slota, G.P., Bennett, B.E., Kang, H.G. (2004). Paraspinal muscle reflex dynamics. *Journal of Biomechanics*. 37:241–247.
47. Griffin, L.Y., Agel, J., Albohm, M.J. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: Risk factors and prevention strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 8:141-150.
48. Harrington, S., Meisel, C., Tate, A. (2014). A cross-sectional study examining shoulder pain and disability in Division I female swimmers. *Journal of Sport Rehabilitation*. 23: 65-75.
49. Henry, F. (1958). Specificity vs. generality in learning motor skills. 61st Annual Proceedings of the College of the Physical Education Association. Santa Monica, SAD.
50. Hewett, T.E., Myer, G.D. (2005). Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes. *The Journal of Knee Surgery*. 18(1):82-88.
51. Hibbs, A.E., Thompson, K.G., French, D., Wrigley, A., Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports Medicine*. 38(12): 995-1008.
52. Hodges, P.W., Richardson, C.A. (1997). Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy*. 77:132-142.
53. Hoppe, M.W., Freiwald, J., Baumgart, C., Born, D.P., Reed, J.L., Sperlich, B. (2015). Relationship between core strength and key variables of performance in elite rink hockey players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 55(3):150–157.

54. Hoshikawa, Y., Iida, T., Muramatsu, M., Ii, N., Nakajima, Y., Chumank, K., Kanehisa, H. (2013). Effects of stabilization training on trunk muscularity and physical performances in youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research*. 27(11):3142-3149.
55. Jamison, S.T., McNeilan, R.J., Young, G.S., Givens, D.L., Best, T.M., Chaudari, A.M.W. (2012). Randomized controlled trial of the effects of a trunk stabilization program on trunk control and knee loading. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 44(10):1924–1934.
56. Jarić, S. (2002). Muscle strength testing – use of normalization for body size. *Sports Medicine*. 32(10):615-631.
57. Jaric, S. (2003). Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 31(1):8-12.
58. Jaric, S., Mirkov, D., Markovic, G. (2005). Normalizing physical performance tests for body size: a proposal for standardization. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(2):467-74.
59. Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., Hartmann, H., Yaghobi, H. (2014). Correlations between maximal strength tests at different squat depths and sprint performance in adolescent soccer players. *American journal of sports science*. 2(1):1-7.
60. Keller, A., Hellesnes, J., Brox, J.I. (2001). Reliability of the isokinetic trunk extensor test, Biering-Sorensen, F. (1984): Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine (Phila Pa 1976)*. 9(2):106-19.
61. Keogh, J.W.L., Aickin, S.E., Oldham, A.R.H. (2010). Can common measures of core stability distinguish performance in a shoulder pressing task under stable and unstable conditions? *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(2):422–429.
62. Kibler, W.B., Press, J., Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*. 36(3): 189-198.

63. Kim K. (2010). Effects of core muscle strengthening training on flexibility, muscular strength and driver shot performance in female professional golfers. *International Journal of Applied Sports Sciences*. 22(1):111–117.
64. Kocijan, A., Sarabon, N. (2014). Assessment of isometric trunk strength – the relevance of body position and relationship between planes of movement. *Journal of Sport Science and Medicine*. 13:365-370.
65. Koes, B.W., Bouter, L.M., Beckerman, H., Van der Heijden, G.J.M.G., Knipschild, P.G. (1991). Physiotherapy exercises and back pain: a blinded review. *British Medical Journal*. 302:1572–1576.
66. Krause, F., Wilke, J., Vogt, L., Banzer, W. (2016). Intermuscular force transmission along myofascial chains: a systematic review. *Journal of Anatomy*. 228(6):910-8.
67. Laird, R.A., Gilbert, J., Kent, P., Keating, J.L. (2014). Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC musculoskeletal disorders*. 15:229
68. Leetun, D.T., Ireland, M.L., Wilson, J.D., Ballantyne, B.T., Davis, I.M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 36(6):926-934.
69. Leino, P., Aro, S., Hasan, J. (1987). Trunk muscle function and low back disorders. *Journal of Chronic Disease*. 40:289-296.
70. Lin, K., Huang, Y., Tang, W., Chang, Y., Liu, Y., Liu, C. (2013). Correlation of static and dynamic trunk muscle endurance and bat swing velocity in high school aged baseball players. *Isokinetics and Exercise Science*. 21(2):113–119.
71. Little, T., Williams, A.G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(1):76-78.

72. Loturco, I., Nimphius, S., Ronaldo, K., Bottino, A., Zanetti, V., Pereira, L., Jeffreys, I. (2018). COD deficit in elite young soccer players: the limited relationship between conventional speed and power measures and change-of-direction performance. *German Journal of Exercise and Sport Research*. Objavljeno on-line, pristupljeno listopad 2019.
73. Luoto, S., Heliovaara, M., Hurri, H., Alaranta, H. (1995). Static back endurance and the risk of low-back pain. *Clinical Biomechanics*. 10(6):323-324.
74. Lust, K.R., Sandrey, M.A., Bulger, S.M., Wilder, N. (2009). The effects of 6-week training programs on throwing accuracy, proprioception, and core endurance in baseball. *Journal of Sport Rehabilitation*. 18(3):407-426.
75. Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump test. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 18(3):551-555.
76. Markovic, G., Jaric, S. (2004). Movement performance and body size: the relationship for different groups of tests. *European Journal of Applied Physiology*. 92(1-2):139-49.
77. Markovic, G., Sarabon, N., Greblo, Z., Krizanic, V. (2015). Effects of feedback-based balance and core resistance training vs. Pilates training on balance and muscle function in older woman: A randomized-controlled trial. *Archives of Gerontology Geriatrics*. 61:117-123.
78. Marković, G. (2008). Jakost i snaga u sportu: definicija, determinante, mehanizmi prilagodbe i trening. 6. godišnja međunarodna konferencija Kondicijska priprema sportaša, Zagreb. 15 – 22.
79. Marras, W.S., Ferguson, F.A. Burr, D., Davis, K.G., Gupta, P. (2003). Spine loading in patients with low back pain during asymmetric lifting exertions. *The Spine Journal*. 4:64-75.

80. Marshal, P., Murphy, B. (2006.a). Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on swiss ball. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 31(4): 376-383.
81. Marshal, P.A, Murphy, B.A. (2006.b). Increased deltoid and abdominal muscle activity during swiss ball bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 20(4): 745-750.
82. Marušič, J., Marković, G., Šarabon, N. (2021). Reliability of a New Portable Dynamometer for Assessing Hip and Lower Limb Strength. *Applied Sciences*. 11(8), 3391.
83. McGill, S.M. (2016). *Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation*. 3<sup>rd</sup> edition. Champaign, SAD. Human Kinetics.
84. McGill, S.M., Childs, A., Liebenson, C. (1999). Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 80(8):941-944.
85. McGill, S.M., Grenier, S., Kavcic, N., Cholewicki, J. (2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 13:353-359.
86. McGill, S.M., Grenier, S.G., Bluhm, M., Preuss, R.A., Brown, S., Russell, C. (2003). Previous history of LBP with work loss is related to lingering deficits in biomechanical, physiological, personal, psychosocial and motor control characteristics. *Ergonomics*. 46(7):731-46.
87. McKean, M.R., Burkett, B. (2010). The relationship between joint range of motion, muscular strength, and race time for sub-elite flat water kayakers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 13(5):537–42.

88. Mills, J.D., Taunton, J.E., Mills, W.A. (2005). The effect of a 10-week training regimen on lumbo-pelvic stability and athletic performance in female athletes: a randomized-controlled trial. *Physical Therapy in Sport*. 6(2):60–66.
89. Moorhouse, K.M., Granata, K.P. (2007). Role of reflex dynamics in spinal stability: intrinsic muscle stiffness alone is insufficient for stability. *Journal of Biomechanics*. 40(5):1058-65.
90. Moreau, C.E., Green, B.N., Johnson, C.D., Moreau, S.R. (2001). Isometric Back Extension Endurance Tests: A Review of the Literature. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 24(2): 110-122.
91. Morin, J.B., Gimenez, P., Edouard, P., Arnal, P., Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., Mendiguchia, J. (2015). Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Frontiers in Physiology*. 24;6:404.
92. Myer, G.D., Ford, K.R., Palumbo, J.P., Hewett, T.E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(1), 51–60.
93. Nadler, S.F., Malanga, G.A., Bartoli, L.A., Feinberg, J.H., Prybicien, M., DePrince, M. (2002). Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34 (1): 9-16.
94. Nadler, S.F., Malanga, G.A., DePrince, M., Stitik, D.P., Feinberg, J.F. (2000). The relationship between lower extremity injury, low back pain, and hip muscle strength in male and female collegiate athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 10 (2): 89-97.
95. Nagano, A., Komura, T., Fukashiro, S. (2007). Optimal coordination of maximal-effort horizontal and vertical jump motions – A computer simulation study. *BioMedical Engineering OnLine*. 6(1):20.

96. Nesser, T.W., Huxel, K.C., Tincher, J.L., Okada, T. (2008). The relationship between core stability and performance in division I football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(6):1750-1754.
97. Nesser, T.W., Lee, W.L. (2009). The relationship between core strength and performance in division I female soccer players. *Journal of Exercise Physiology Online*. 12(2): 21-28.
98. Nikolenko, M., Brown, L.E. Coburn, J.W., Spiering, B.A., Tran, T.T. (2011). Relationship between core power and measures of sport performance. *Kinesiology*. 43(2):163-168.
99. Nimphius, S., Callaghan, S.J., Bezodis, N.E., Lockie, R.G. (2018). Change of direction and agility tests: challenging our current measures of performance. *Strength and Conditioning Journal*. 40(1):26-38.
100. Okada, T., Huxel, K.C., Nesser, T.W. (2011). Relationship between core stability, functional movement, and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(1):252-61.
101. Panjabi, M. (1992). The stabilizing system of the spine, part I: function, dysfunction, adaptation and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*. 5:383-389.
102. Panjabi, M. (1992). The stabilizing system of the spine, part II: neutral zone and stability hypothesis. *Journal of Spinal Disorders*. 5:390-397.
103. Parkkola, R., Kujala, U., Rytokoski, U. (1992). Response of the trunk muscles to training assessed by magnetic resonance imaging and muscle strength. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 65(5):383-387.
104. Pollock, M.L., Leggett, S.H., Graves, J.E., Jones, A., Fulton, M., Cirulli, J. (1989). Effect of resistance training on lumbar extension strength. *American Journal of Sports Medicine*. 17 (5): 624-629.

105. Pontillo, M., Spinelli, B.A., Sennett, B.J. (2014). Prediction of in-season shoulder injury from preseason testing in division I collegiate football players. *Sports Health*. 6(6):497-503.
106. Prieske, O., Muehlbauer, T., Granacher, U. (2016). The role of trunk muscle strength for physical fitness and athletic performance in trained individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*. 46(3): 401-419.
107. Prieske, O., Muehlbauer, T., Krueger, T., Kibele, A., Behm, D.G., Granacher, U. (2015). Role of the trunk during drop jumps on stable and unstable surfaces. *European Journal of Applied Physiology*. 115(1):139–146.
108. Radwan, A., Francis, J., Green, A., Kahl, E., Maciurzynski, D., Quartulli, A., Schultheiss, J., Strang, R., Weiss, B. (2014). Is there a relation between shoulder dysfunction and core instability? *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 9(1):8-13.
109. Radziminska, A., Weber-Rajek, M., Straczynska, A., Zukow, W. (2017). The stabilizing system of the spine. *Journal of Education, Health and Sport* 7(11):67-76.
110. Reed, C.A., Ford, K.R., Myer, G.D., Hewett, T.E. (2012). The effects of isolated and integrated “core stability” training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports Medicine*. 42(8):697-706.
111. Richardson, C., Jull, G., Hodges, P., Hides, J. (1999). *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach*. Edinburgh, USA. Churchill Livingstone.
112. Ridderikhoff, A., Batelaan, J.H. i Bobbert, M.F. (1999). Jumping for distance: control of the external force in squat jumps. *Medicine and science in sports and exercise*. 31(8):1196-1204.
113. Rubin, D.I. (2007). Epidemiology and Risk Factors for Spine Pain. *Neurologic Clinics*. 25(2):353-371.



114. Saeterbakken, A.H., Van den Tillaar, R., Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 25(3):712–718.
115. Sale, D.G. (1991). Testing strength and power. *Physiological testing of high-performance athlete*. Champaign, USA. Human Kinetics. 21 – 75.
116. Santana, J.C., Vera-Garcia, F.J., McGill, S.M. (2007). A kinetic and electromyographic comparison of the standing cable press and bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4): 1271-1277.
117. Sato, K., Mokha, M. (2009). Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *Journal of Strength and Conditioning Research*.23(1):133–140.
118. Schache, A. G., Dorn, T. W., Williams, G. P., Brown, N. A., and Pandy, M. G. (2014). Lower-Limb Muscular Strategies for Increasing Running Speed. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 44, 813–824.
119. Sharrock, C., Cropper, J., Mostad, J., Johnson, M., Malone, T. (2011). A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *International Journal of Sports Physical Therapy*. 6(2):63-74.
120. Shinkle, J., Nesser, T.W., Demchak, T.J., McMannus, D.M. (2012). Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(2):373-380.
121. Silfies, S.P., Ebaugh, D., Pontillo, M., Butowicz, C.M. (2015). Critical review of the impact of core stability on upper extremity athletic injury and performance. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 19(5):360-368.
122. Sommer, H.M. (1988). Patellar chondropathy and apicitis, and muscle imbalances of the lower extremities in competitive sports. *Sports Medicine*. 5:386-394.

123. Stanforth, D., Stanforth, P.R., Hahn, S.R., Phillips, A. (1998). A 10-week training study comparing resistaball® and traditional trunk training. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2(4):134–140.
124. Stanton, R., Reaburn, P.R., Humphries, B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 18(3):522–528.
125. Sullivan, M.S., Shoaf, L.D., Riddle, D.L. (2000). The relationship of lumbar flexion to disability in patients with low back pain. *Physical Therapy*. 80(3): 240-250.
126. Szymanski D.J., McIntyre, J.S., Szymanski, J.M., Bradford, T.J., Schade, R.L., Madsen, N.H., Pascoe, D.D. (2007. b). Effect of torso rotational strength on angular hip, angular shoulder, and linear bat velocities of high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(4):1117–1125.
127. Szymanski, D.J., Szymanski, J.M., Bradford, T.J., Schade, R.L., Pascoe, D.D. (2007. a). Effect of twelve weeks of medicine ball training on high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 21(3):894–901.
128. Tanaka, N., An, H.S., Lim, T.H., Fujiwara, A., Jeon, C., Haughton, V.M. (2001). The relationship between disc degeneration and flexibility of the lumbar spine. *The Spine Journal*. 1: 47-56.
129. Tate, A., Turner, G.N., Knab, S.E., Jorgensen, C., Strittmatter, A., Michener, L.A. (2012). Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *Journal of Athletic Training*. 47(2):149–158.
130. Tong, T.K., McConnell, A.K., Lin, H., Nie, J., Zhang, H., Wang, J. (2014. b). 'Functional' inspiratory and core muscle training enhances running performance and economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 30(10):2942-2951.
131. Tong, T.K., Wu., S, Nie, J. (2014. a). Sport-specific endurance plank test for evaluation of global core muscle function. *Physical Therapy in Sport* 15: 56-63.

132. Tse, M.A., McManus, A.M., Masters, R.S.W. (2005). Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 19(3):547-552.
133. Van Tulder, M.W., Malmivaara, A., Esmail, R., Koes, B.W. (2000). Exercise therapy for low-back pain (Review). *Spine (Phila Pa 1976)*. 25(21):2784-2796.
134. Vezina, M.J., Hubley-Kozey, C.L. (2000). Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 86(2): 1370-1379.
135. Waldhelm, A., Li, L. (2012). Endurance tests are the most reliable core stability related measurements. *Journal of Sport and Helath Science*. 1(2):121-128.
136. Wells, G.D., Elmi, M., Thomas, S. (2009). Physiological correlates of golf performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23(3):741–750.
137. Weston, M., Hibbs, A.E., Thompson, K.G., Spears, I.R. (2015). Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 10(2):204–210.
138. Wiemann, K., Tidow, G. (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting - implications for training. *New Studies in Athletics*. 10, 29–49.
139. Willson, J., Dougherty, C.P., Ireland, M.L., Davis, I.M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 13:316-325.
140. Wirth, K., Hartmann, H., Mickel, C., Szilvas, E., Keiner, M., Sander, A. (2016). Core stability in athletes: a critical analysis of current guidelines. *Sports Medicine*. 47(3):401-414.

141. Zazulak, B.T., Hewett, T.E., Reeves, N.P., Goldberg, B., Cholewicki, J. (2007. a). The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study. *The American Journal of Sports Medicine*. 35(3):368-373.
142. Zazulak, B.T., Hewett, T.E., Reeves, N.P., Goldberg, B., Cholewicki, J. (2007. b). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiological study. *The American Journal of Sports Medicine*. 35(7):1123-1130.
143. Zemkova, E. (2017). Assessment of power and strength of trunk muscles: from the lab to the field. *Scientific Review of Physical Culture*. 7(4):103-117.

## 8. PRILOZI

### PRILOG 1: Matrica korelacija

	Trunk_ex_stn	Trunk_fl_stn	Trunk_rlf_stn	Trunk_llf_stn	Trunk_ex_sen	Trunk_fl_sen	Trunk_rlf_sen	Trunk_llf_sen	Mb_ses_fw	Mb_ses_bw	Mb_ses_r	Mb_ses_l	Mb_ses_d_fw	Mb_ses_d_bw	Mb_ses_d_r	Mb_ses_d_l	Mb_st_fw	Sorensen	Side_plank_r	Side_plank_l	V_sit
Trunk_ex_stn	1,000	,652	,665	,658	,516	,305	,247	,432	,389	,341	,271	,324	,366	,326	,218	,249	,288	-,114	,236	,217	-,176
Trunk_fl_stn	,652	1,000	,699	,620	,465	,484	,269	,467	,439	,381	,430	,307	,331	,338	,343	,359	,396	-,256	,250	,181	,013
Trunk_rlf_stn	,665	,699	1,000	,767	,429	,343	,277	,501	,386	,408	,339	,310	,363	,382	,284	,310	,395	-,147	,212	,229	,061
Trunk_llf_stn	,658	,620	,767	1,000	,383	,326	,244	,529	,355	,342	,328	,201	,377	,339	,196	,255	,320	-,234	,162	,228	-,069
Trunk_ex_sen	,516	,465	,429	,383	1,000	,425	,441	,467	,328	,295	,362	,320	,230	,279	,238	,288	,269	-,330	,059	,044	-,023
Trunk_fl_sen	,305	,484	,343	,326	,425	1,000	,491	,546	,293	,236	,363	,326	,246	,331	,258	,320	,328	-,090	,272	,025	,047
Trunk_rlf_sen	,247	,269	,277	,244	,441	,491	1,000	,649	,151	,032	,130	,071	,062	,152	,018	,103	,110	-,114	,251	-,036	,202
Trunk_llf_sen	,432	,467	,501	,529	,467	,546	,649	1,000	,344	,239	,265	,161	,328	,292	,169	,218	,349	-,091	,373	,148	,164
Mb_ses_fw	,389	,439	,386	,355	,328	,293	,151	,344	1,000	,769	,736	,759	,815	,626	,620	,654	,826	-,268	,116	,265	-,164
Mb_ses_bw	,341	,381	,408	,342	,295	,236	,032	,239	,769	1,000	,770	,783	,746	,743	,656	,671	,727	-,353	,086	,215	-,087
Mb_ses_r	,271	,430	,339	,328	,362	,363	,130	,265	,736	,770	1,000	,763	,710	,690	,730	,753	,739	-,329	,210	,243	-,042
Mb_ses_l	,324	,307	,310	,201	,320	,326	,071	,161	,759	,783	,763	1,000	,767	,653	,724	,739	,751	-,244	,021	,139	-,222
Mb_ses_d_fw	,366	,331	,363	,377	,230	,246	,062	,328	,815	,746	,710	,767	1,000	,706	,661	,725	,857	-,226	,196	,117	-,085
Mb_ses_d_bw	,326	,338	,382	,339	,279	,331	,152	,292	,626	,743	,690	,653	,706	1,000	,675	,692	,661	-,230	,226	,202	-,032
Mb_ses_d_r	,218	,343	,284	,196	,238	,258	,018	,169	,620	,656	,730	,724	,661	,675	1,000	,843	,690	-,301	,206	,223	-,001
Mb_ses_d_l	,249	,359	,310	,255	,288	,320	,103	,218	,654	,671	,753	,739	,725	,692	,843	1,000	,707	-,327	,189	,177	-,050
Mb_st_fw	,288	,396	,395	,320	,269	,328	,110	,349	,826	,727	,739	,751	,857	,661	,690	,707	1,000	-,230	,172	,181	-,073
Sorensen	-,114	-,256	-,147	-,234	-,330	-,090	-,114	-,091	-,268	-,353	-,329	-,244	-,226	-,230	-,301	-,327	-,230	1,000	,084	,072	,254
Side_plank_r	,236	,250	,212	,162	,059	,272	,251	,373	,116	,086	,210	,021	,196	,226	,206	,189	,172	,084	1,000	,232	,245

Side_plank_l	,217	,181	,229	,228	,044	,025	-,036	,148	,265	,215	,243	,139	,117	,202	,223	,177	,181	,072	,232	1,000	,090
V_sit	-,176	,013	,061	-,069	-,023	,047	,202	,164	-,164	-,087	-,042	-,222	-,085	-,032	-,001	-,050	-,073	,254	,245	,090	1,000

PRILOG 2: Korelacije između varijable trupa i varijabli motoričke izvedbe

		SLJ	Spr20	Zig_Zag	CMJ	Mb_st_fw	Trunk_ex_sen	Trunk_fl_sen	Trunk_rf_sen	Trunk_lif_sen	Mb_ses_fw	Mb_ses_bw	Mb_ses_r	Mb_ses_l	Mb_ses_fw	Mb_ses_bw	Mb_ses_r	Mb_ses_l	Sorensen	Side_plank_r	Side_plank_l	V_sit	Trunk_ex_stn	Trunk_fl_stn	Trunk_rf_stn	Trunk_lif_stn	
SLJ	Pearson Correlation	1																									
	Sig. (2-tailed)																										
	N	64	61	61	63	58	60	60	60	60	58	58	58	58	58	58	58	58	58	60	59	59	59	60	60	60	60
Spr20	Pearson Correlation		1																								
	Sig. (2-tailed)																										
	N	61	67	67	63	62	64	64	64	64	62	62	62	62	62	62	62	62	62	64	63	63	64	64	64	64	64
Zig_Zag	Pearson Correlation			1																							
	Sig. (2-tailed)																										
	N	61	67	67	63	62	64	64	64	64	62	62	62	62	62	62	62	62	62	64	63	63	64	64	64	64	64
CMJ	Pearson Correlation				1																						
	Sig. (2-tailed)																										
	N	63	63	63	80	73	75	75	75	75	73	73	73	73	73	73	73	73	73	75	74	74	74	75	75	75	75
Mb_st_fw	Pearson Correlation					1																					
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_ex_sen	Pearson Correlation						1																				
	Sig. (2-tailed)																										
	N	60	64	64	64	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_fl_sen	Pearson Correlation							1																			
	Sig. (2-tailed)																										
	N	80	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_rf_sen	Pearson Correlation								1																		
	Sig. (2-tailed)																										
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_lif_sen	Pearson Correlation									1																	
	Sig. (2-tailed)																										
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Mb_ses_fw	Pearson Correlation										1																
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Mb_ses_bw	Pearson Correlation											1															
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Mb_ses_r	Pearson Correlation												1														
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Mb_ses_l	Pearson Correlation													1													
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Mb_sed_fw	Pearson Correlation														1												
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Mb_sed_bw	Pearson Correlation															1											
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84
Mb_sed_r	Pearson Correlation																1										
	Sig. (2-tailed)																										
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84

	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	81	82	82	82	82	
Mb_sed_I	Pearson	.191	-.410**	-.088	.521**	.708**	.279*	.323**	.098	.223*	.656**	.671**	.753**	.740**	.727**	.683**	.844**	1	-.332**	.187	.174	-.050	.243*	.358**	.309**	.256*
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.151	.001	.499	.000	.000	.011	.003	.382	.044	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.002	.092	.117	.655	.028	.001	.005	.020
	N	58	62	62	73	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	81	82	82	82	82	82
Sorensen	Pearson	-.114	.202	-.024	.015	-.234*	-.317**	-.103	-.111	-.107	-.278*	-.355**	-.337**	-.253*	-.230*	-.224*	-.306**	-.332**	1	.082	.075	.244*	-.090	-.244*	-.128	-.206
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.384	.110	.849	.897	.035	.003	.352	.316	.335	.012	.001	.002	.022	.038	.043	.005	.002		.461	.502	.026	.417	.025	.245	.060
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	83	83	83	84	84	84	84	84
Side_plank_r	Pearson	.201	-.054	-.223	.280*	.171	.080	.270*	.251*	.371**	.113	.085	.205	.019	.195	.226*	.204	.187	.082	1	.232*	.245*	.233*	.249*	.209	.157
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.126	.874	.079	.016	.125	.592	.013	.022	.001	.312	.447	.065	.865	.079	.041	.066	.092	.461		.035	.026	.034	.023	.058	.155
	N	59	63	63	74	82	83	83	83	83	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	83	83
Side_plank_t	Pearson	.269*	.024	-.205	.232*	.179	.045	.022	-.035	.145	.258*	.214	.236*	.134	.115	.203	.220*	.174	.075	.232*	1	.089	.218*	.181	.229*	.227*
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.040	.855	.107	.047	.108	.685	.842	.752	.192	.019	.053	.033	.230	.303	.067	.047	.117	.502	.035		.427	.048	.101	.037	.039
	N	59	63	63	74	82	83	83	83	83	82	82	82	82	82	82	82	82	83	83	83	83	83	83	83	83
V_sit	Pearson	.014	.108	-.073	.020	-.073	-.023	.054	.199	.168	-.164	-.087	-.042	-.222*	-.085	-.032	-.001	-.050	.244*	.245*	.089	1	-.180	.009	.052	-.077
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.914	.396	.565	.868	.518	.839	.627	.072	.130	.143	.441	.708	.047	.450	.773	.993	.655	.026	.026	.427		.103	.936	.640	.488
	N	59	64	64	74	81	83	83	83	83	81	81	81	81	81	81	81	81	83	82	82	83	83	83	83	83
Trunk_ext_stn	Pearson	-.285*	-.135	-.245	.270*	.284**	.514**	.286**	.246*	.412**	.372**	.338**	.256*	.311**	.361**	.329**	.212	.243*	-.090	.233*	.218*	-.180	1	.652**	.668**	.661**
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.027	.289	.051	.019	.010	.000	.008	.024	.000	.001	.002	.020	.004	.001	.003	.056	.028	.417	.034	.048	.103		.000	.000	.000
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_fl_stn	Pearson	-.313*	-.274*	-.249*	.265*	.395**	.462**	.472**	.269*	.459**	.432**	.381**	.408**	.335**	.307**	.363**	.381**	.283**	.309**	-.128	.209	.229*	.052	.668**	.699**	.619**
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.015	.028	.047	.021	.000	.000	.000	.013	.000	.000	.000	.000	.006	.003	.002	.002	.001	.025	.023	.101	.936	.000	.000	.000	.000
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_rlf_stn	Pearson	-.312*	-.215	-.225	.226	.394**	.423**	.324**	.276*	.486**	.381**	.408**	.335**	.307**	.363**	.381**	.283**	.309**	-.128	.209	.229*	.052	.668**	.699**	.619**	.770**
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.015	.088	.074	.051	.000	.000	.003	.011	.000	.000	.000	.002	.005	.001	.000	.010	.005	.245	.058	.037	.640	.000	.000	.000	.000
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84
Trunk_fff_stn	Pearson	-.322*	-.188	-.262*	.252*	.321**	.373**	.305**	.239*	.509**	.355**	.343**	.328**	.203	.378**	.337**	.198	.256*	-.206	.157	.227*	-.077	.661**	.619**	.770**	1
	Correlation																									
	Sig. (2-tailed)	.012	.138	.036	.029	.003	.000	.005	.029	.000	.001	.002	.003	.068	.000	.002	.075	.020	.060	.155	.039	.488	.000	.000	.000	.000
	N	60	64	64	75	82	84	84	84	84	82	82	82	82	82	82	82	82	84	83	83	83	84	84	84	84

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



## 9. ŽIVOTOPIS AUTORA

Jasminka Tomčić rođena je 10.10.1972. godine u Sremskoj Mitrovici. U Zagrebu završava osnovnu i srednju školu. Na Akademiji dramske umjetnosti Sveučilišta u Zagrebu 1999. godine završava studij i stječe diplomu diplomirane filmske i TV redateljice. Titulu univ. bacc. cin – smjer fitnes stječe na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu gdje 2015. godine upisuje poslijediplomski doktorski studij kineziologije, moduli Kineziterapija te Biomehanika i motorička kontrola. Od 1994. sudjeluje u nastavi na Kineziološkom fakultetu kao demonstrator a kasnije kroz status stručnog suradnika u nastavi na kolegijima Metodika fitnesa i Sportska rekreacija.

Od 1993. godine radi kao fitnes instruktor a 1997. u Zagrebu osniva svoj prvi studio za grupne fitnes programe koji je aktivan i danas. Kasnije otvara još nekoliko studija koji danas rade pod nazivom „Amika centri“. 2019. osniva interdisciplinarni studio za zdravstveno usmjereno vježbanje i terapiju pokretom „CLASS fit & health“.

Od 1999. kontinuirano sudjeluje na stručnim skupovima i fitnes konvencijama kao predavač i prezenter te je poznata kao inovator novih oblika grupnog fitnesa.

Pri Učilištu Magistra, ustanovi za osposobljavanje odraslih, od 2014. autor je, voditelj i predavač verificiranih programa: Instruktor fitnesa u teretani, Instruktor grupnog fitnesa uz glazbu te Instruktor pilatesa i joge.

Amika, kako je svi zovu, ima brojne interese i hobije. Između ostalog, studirala je teologiju, diplomirala astrologiju u SAD-u, završila je edukaciju za voditelja sistemskih konstelacija te je zaljubljenica u sirove slastice (*raw food*) za koje osmišljava recepte i objavljuje na svojem blogu.

### Popis radova

1. Tomčić, J. i Golubić, A. (2016). Utjecaj grupnih fitnes programa na razvoj statičke ravnoteže žena. Zbornik radova 25. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske. Poreč. 292 – 297.

2. Golubić, A. i Tomčić, J. (2016). Razlike u razini fleksibilnosti kod žena uključenih u grupne fitnes programe u odnosu na neaktivne žene. Zbornik radova 25. Ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske. Poreč. 192 – 197.
3. Tomčić, J. (2017). Differences of static strength endurance of the lateral sides of the core among women participating in different group recreational programs. Proceedings of 8th international scientific conference on kinesiology. Opatija. 312 – 315.
4. Tomčić, J.; Sajković, D. (2018). Relationship between kick frequency, balance and flexibility, and anthropometric variables in kickboxing athletes. Proceedings of 14th International Scientific Conference of Sport Kinetics 2018 “Movement in Human Life and Health”, Poreč, Croatia; p. 369.
5. Tomčić, J; Marković, G; Šarabon, N. (2021). Factorial Structure of Trunk Motor Qualities and Their Association with Explosive Movement Performance in Young Footballers. Sports 9(5), 67.