

Povezanost lokalnih asimetrija jakosti i opsega pokreta kuka i trupa s globalnim asimetrijama snage te izvedbom brze promjene smjera kretanja

Ujaković, Filip

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:117:844857>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-26**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Filip Ujaković

**POVEZANOST LOKALNIH ASIMETRIJA JAKOSTI I
OPSEGA POKRETA KUKA I TRUPA S GLOBALNIM
ASIMETRIJAMA SNAGE TE IZVEDBOM BRZE
PROMJENE SMJERA KRETANJA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2021



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF KINESIOLOGY

Filip Ujaković

**RELATIONSHIP OF LOCAL ASYMMETRIES IN
STRENGTH AND RANGE OF MOTION OF HIP AND
TRUNK WITH GLOBAL ASYMMETRIES OF POWER
AND THEIR IMPACT ON PERFORMANCE IN CHANGE
OF DIRECTION**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2021



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Filip Ujaković

**POVEZANOST LOKALNIH ASIMETRIJA JAKOSTI I
OPSEGA POKRETA KUKA I TRUPA S GLOBALNIM
ASIMETRIJAMA SNAGE TE IZVEDBOM BRZE
PROMJENE SMJERA KRETANJA**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

prof.dr.sc. Nejc Šarabon

Zagreb, 2021



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF KINESIOLOGY

Filip Ujaković

**RELATIONSHIP OF LOCAL ASYMMETRIES IN
STRENGTH AND RANGE OF MOTION OF HIP AND
TRUNK WITH GLOBAL ASYMMETRIES OF POWER
AND THEIR IMPACT ON PERFORMANCE IN CHANGE
OF DIRECTION**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

prof.dr.sc. Nejc Šarabon

Zagreb, 2021

Informacije o mentoru:

Nejc Šarabon rođen je 31. svibnja 1976 godine. Osnovnu i srednju školu završio je u Kranju, Slovenija. Nakon srednje škole upisuje paralelno dva fakulteta, Fakultet za Šport i Zdravstveni fakultet, na Sveučilištu u Ljubljani. Fakultet za Šport je diplomirao 2000., a Zdravstveni fakultet 2001. godine. Doktorirao je 2005. godine na Fakultetu za Šport. Svoju predavačku i znanstvenu karijeru nastavlja na Zdravstvenom fakultetu, Sveučilišta na Primorskoj na kojem postaje docent 2009. godine gdje radi sve do danas kao redovni profesor, koji postaje 2019. godine, u području kineziologije i fizioterapije. Tijekom svoje znanstvene karijere (su)autor je 137 izvornih znanstvenih članaka te 32 preglednih i kratkih znanstvenih djela. Sudjelovao je kao pozvani predavač na 18 međunarodnih znanstvenih konferencija. Patentirao je 18 inovacija na području mjerne tehnologije. Tijekom svojeg rada na fakultetu bio je mentor 8 doktorskih disertacija, 22 magistarska djela i 35 diplomskih radova. U privatnom sektoru je vlasnik i direktor tvrtke S2P, Slovenija koja se bavi spajanjem znanosti i prakse u području kineziologije. Proteklih 10 godina sudjeluje s međunarodnim partnerima u području dijagnostike (Sparta Science, SAD; Kistler, Švicarska; Iskra Medical, Slovenija; Thera-Band, SAD; Wilheminnenspiatal, Austria). Sudjeluje na međunarodnim projektima SPEXOR, InnoRenew CoE, ErgoSign – Erasmus+ projekt, DESIRE – Erasmus+ projekt (L5-4293), TELASI (L5-1845), STAR-VITAL te veći broj ARRS projekata. Bio je član medicinske ekipe Slovenskog nogometnog saveza (2010-2013) i istraživačke komisije Thera-Band (2005 - 2010). Stručnu, istraživačku i predavačku karijeru su mu obilježile brojne nagrade za izvrsnost poput nagrade Roka Petroviča za studentske dosege, Šturmove nagrade s Fakulteta za Šport, Ljubljana, dva prva i jedno drugo mjesto za predstavljanje na simpoziju „International congress of sport science“ te nagrada za najbolju inovaciju na forumu inovacija u Ljubljani. Posljednje tri godine je dekan Fakulteta za vede o zdravlju, Univerze na Primorskem.

POVEZANOST LOKALNIH ASIMETRIJA JAKOSTI I OPSEGA POKRETA KUKA I TRUPA S GLOBALNIM ASIMETRIJAMA SNAGE TE IZVEDBOM BRZE PROMJENE SMJERA KRETANJA

SAŽETAK

Asimetrija je do sada bila većinom istraživana iz aspekta sportskih ozljeda. Tek nedavno, odnosi između asimetrija i sportske izvedbe je popularno istraživačko pitanje. Promjena smjera kretanja je ključna motorička sposobnost u timskim sportovima na visokoj razini kao što je košarka, no unatoč tome, utjecaj asimetrija na izvedbu promjene smjera kretanja je relativno nepoznata. Također, istraživanja koja su se bavila asimetrijama su se fokusirale na distalne dijelove (koljeno i gležanj) tijela, dok su proksimalni dijelovi (kuk i trup) ostali relativno neistraženi.

Četrdeset i tri juniorska i seniorska elitna košarkaša su izmjereni u testovima funkcionalne dužine noge, izometričke jakosti kuka i trupa, pasivnog opsega pokreta kuka i trupa, jednonožnih horizontalnih i vertikalnih skokova te također u testovima promjene smjera kretanja 90/135/180° i T-test.

Prosječna vrijednost asimetrija je bila u rasponu od 0,76 % za funkcionalnu dužinu noge pa sve do 40,35 % za gradijent sile tijekom fleksije kuka. Analiza odnosa između lokalnih (kuk i trup) te globalnih (skokovi) asimetrija je pokazala veliki broj značajnih povezanosti ($r = 0,304 - 0,576$; $p = 0,01 - 0,05$). Analiza odnosa između lokalnih (kuk i trup) asimetrija i asimetrija u promjeni smjera kretanja je pokazala nekoliko značajnih povezanosti ($r = 0,312 - 0,402$; $p < 0,05$). Analiza odnosa između globalnih (skokovi) asimetrija i asimetrija u promjeni smjera kretanja je pokazala dvije značajne povezanosti ($r = 0,323; 0,340$; $p < 0,05$).

Višestruka regresijska analiza sa šest nezavisnih varijabli je opisala 48 % ($R^2 = 0.48$; $p < 0.001$) varijance izvedbe u T-testu. Jednostruka regresijska analiza, s nezavisnom varijablom omjera jakosti unutarnje i vanjske rotacije kuka, opisala je 10 % ($R^2 = 0.10$; $p < 0.039$) varijance izvedbe promjene smjera kretanja za 90°. Višestruka regresijska analiza s tri nezavisne varijable je opisala 30 % ($R^2 = 0.30$; $p < 0.001$) varijance izvedbe promjene smjera kretanja za 135°. Višestruka regresijska analiza s osam nezavisnih varijabli je opisala 53 % ($R^2 = 0.53$; $p < 0.001$) varijance izvedbe promjene smjera kretanja za 180°. Višestruka regresijska analiza s četiri nezavisne

varijable je opisala 49 % ($R^2 = 0.49$; $p < 0.0001$) varijance asimetrije promjene smjera kretanja za 90° . Jednostruka regresijska analiza, s nezavisnom varijablom asimetrije opsega pokreta fleksije kuka, je opisala 18 % ($R^2 = 0.18$; $p < 0.005$) varijance asimetrije promjene smjera kretanja za 135° . Višestruka regresijska analiza s dvanaest nezavisnih varijabli je opisala 76 % ($R^2 = 0.76$; $p < 0.0001$) varijance asimetrije promjene smjera kretanja za 180° .

Rezultati ukazuju na to da su asimetrije zavisne od zadatka i parametra te da korištenje univerzalne asimetrijske granice, kao što je $<10\%$, nije optimalno. To implicira da se treneri i fizioterapeuti ne bi trebali oslanjati izričito na $<10\%$ granicu kada ju koriste za povratak sportaša u trenažni proces ili planiranje intervencija u svrhu reduciranja asimetrija. Iako je korelacijska analiza pokazala određeni broj značajnih povezanosti među različitim tipovima asimetrija, taj rezultat bi trebali uzeti sa zadržkom. Postotak značajnih korelacija je mali, do 10% (ovisno o hipotezi) te također veličina povezanosti je većinom srednja te rijeko visoka. Regresijski modeli ukazuju na povezanost među asimetrijama i izvedbom te asimetrijom u promjeni smjera kretanja. Možemo zaključiti da nijedna samostalna asimetrija nije dostatna da u dovoljnoj mjeri opiše kompleksnu varijablu poput izvedbe i/ili asimetrije u promjeni smjera kretanja. Također, najbolji regresijski model za predikciju izvedbe u promjeni smjera kretanja, onaj s T-testom kao zavisnom varijablom, uključivao je asimetriju u maksimalnoj jakosti i gradijentu sile, asimetrijama kuka i trupa, asimetriji u vertikalnom skoku, asimetriji u opsegu pokreta te također u asimetriji funkcionalne dužine noge. Stoga, intervencije bi trebale uključivati utjecanje na veći broj asimetrija u svrhu poboljšanja izvedbe u promjeni smjera kretanja. Praktičare bi trebalo poticati da koriste veliku bateriju testova kojima bi testirali različite aspekte lokalne i globalne razine tijela da bi dobili cjelokupnu sliku sportaševih asimetrija i njihov utjecaj na izvedbu.

RELATIONSHIP OF LOCAL ASYMMETRIES IN STRENGTH AND RANGE OF MOTION OF HIP AND TRUNK WITH GLOBAL ASYMMETRIES OF POWER AND THEIR IMPACT ON PERFORMANCE IN CHANGE OF DIRECTION

SUMMARY

Inter-limb asymmetry has been researched from the aspect of sports injury risk. Only recently, the relationship between inter-limb asymmetry and sports performance has been a popular topic of investigation. Change of direction (COD) ability is essential for sport performance in high level team sports such as basketball, however, the influence of asymmetries on COD ability is relatively unknown. Also, asymmetry investigation has mostly been focused on distal part of bodies, while proximal part (hip and trunk) remains relatively uninvestigated.

Forty-three junior and senior level elite basketball players performed functional leg length, isometric hip and trunk strength testing, passive hip and trunk range of motion testing and unilateral horizontal and vertical jumps, as well as the T-test and 90/135/180° COD tests to measure COD performance.

Mean asymmetry values ranged from 0.76 % for functional leg length up to 40.35 % for rate of torque development during hip flexion. Analysis of relationship between local (hip and trunk) and global (jumping) asymmetries showed large number significant correlations ($r = 0,304 - 0,576$, $p = 0,01 - 0,05$). Analysis of relationship between local (hip and trunk) and COD asymmetries showed number of significant correlations ($r = 0,312 - 0,402$, $p < 0,05$). Analysis of relationship between global (jumping) and COD asymmetries showed only two significant correlations ($r = 0,323; 0,340$, $p < 0,05$). A six-variable multiple regression model explained 48 % ($R^2 = 0.48$; $p < 0.001$) of variation in T-test performance. A simple regression model (independent variable: strength ratio of internal/external hip rotation) explained 10 % ($R^2 = 0.10$; $p < 0.039$) of variation in 90° COD test performance. A three-variable multiple regression model explained 30 % ($R^2 = 0.30$; $p < 0.003$) of variation in 135° COD test performance. An eight-variable multiple regression model explained 53 % ($R^2 = 0.53$; $p < 0.001$) of variation in 180° COD test performance. A four-variable multiple regression model explained 49 % ($R^2 = 0.49$; $p < 0.0001$) of variation in 90° COD test asymmetry. A simple regression model (independent variable: asymmetry in hip flexion range of motion) explained 18% ($R^2 = 0.18$; $p < 0.005$) of variation in 135° COD test asymmetry. A

twelve-variable multiple regression model explained 76% ($R^2 = 0.76$; $p < 0.0001$) of variation in 180° COD test asymmetry.

Results suggest that the magnitude of asymmetries is dependent of task and parameter and using universal asymmetry thresholds, such as <10 %, is not optimal. This implies that coaches and physiotherapists should not rely exclusively on the <10 % threshold when they are deciding on the athletes return to play or planning interventions for reducing asymmetries. Although, correlation analysis showed number of significant correlations between various types of asymmetries, we should take those results with wary. Percentage of significant correlations was low, up to 10% (depending on hypothesis), and magnitude of correlations was mostly medium and on occasion large. The regression models showed the relationship between asymmetries and COD performance and asymmetry. In conclusion, none of the single test asymmetry were sufficient to explain a complex variable like COD performance and asymmetry. Notably, the best model for predicting COD performance included both maximal strength and RTD asymmetry, both hip and trunk asymmetry, one vertical jump asymmetry, one ROM asymmetry, as well as asymmetry in functional leg length. Therefore, interventions should likely target multiple types of asymmetries when trying to improve COD performance. We encourage practitioners to use a wide testing battery to test different aspects on local and global level of the body to obtain a clearer picture of athletes' asymmetries and its influence on performance.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1.	SPORTSKA ASIMetriJA	2
1.1.1.	RAZVOJ SPORTSKIH ASIMetriJA	3
1.2.	PROBLEMI MJERENJA I INTERPRETACIJE SPORTSKIH ASIMetriJA	5
1.2.1.	Indeks asimetrije	5
1.2.2.	Dominacija i klasifikacija udova	6
1.2.3.	Odabir testova za mjerenje asimetrija	8
1.2.4.	Simetrija – Asimetrija	8
1.3.	DETERMINANTE PROMJENE SMJERA KRETANJA	10
2.	DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA	12
2.1.	ASIMetriJE U ANTROPOMETRIJSKIM KARAKTERISTIKAMA	12
2.2.	ASIMetriJE U OPSEGU POKRETA	13
2.3.	ASIMetriJE LOKALNE JAKOSTI	14
2.3.1.	Lateralne asimetrije jakosti kuka	14
2.3.2.	Agonist – Antagonist asimetrije (omjeri) jakosti kuka	17
2.3.3.	Lokalne asimetrije jakosti trupa	18
2.4.	ASIMetriJE GLOBALNE JAKOSTI/SNAGE	21
2.4.1.	Asimetrije mjerene bilateralnim testovima	21
2.4.2.	Asimetrije mjerene unilateralnim testovima	23
2.5.	ODNOS ASIMetriJA I SPOSOBNOSTI	28
2.5.1.	Odnos asimetrija jakosti/snage i skokova	28
2.5.2.	Odnos asimetrija i izvedbe promjene smjera kretanja	28
2.6.	ODNOSI MEĐU ASIMetriJAMA	33
2.7.	UVOD U PROBLEM ISTRAŽIVANJA	38
3.	CILJ I HIPOTEZE	40
4.	METODE ISTRAŽIVANJA	41

4.1.	UZORAK ISPITANIKA.....	41
4.2.	MJERENJE	42
4.2.1.	Jakost trupa i kuka.....	43
4.2.2.	Opseg pokreta kuka.....	46
4.2.3.	Opseg pokreta trupa	50
4.2.4.	Funkcionalna duljina noge	51
4.2.5.	Skokovi	53
4.2.6.	Promjena smjera kretanja.....	56
4.3.	METODA OBRADE PODATAKA	59
5.	REZULTATI.....	60
5.1.	DESKRIPTIVNI POKAZATELJI.....	60
5.2.	POVEZANOST IZMEĐU LOKALNIH I GLOBALNIH ASIMETRIJA	63
5.3.	POVEZANOST LOKALNIH ASIMETRIJA I ASIMETRIJA PROMJENE SMJERA KRETANJA	66
5.4.	POVEZANOST GLOBALNIH ASIMETRIJA I ASIMETRIJA PROMJENE SMJERA KRETANJA	69
5.5.	UTJECAJ LOKALNIH I GLOBALNIH ASIMETRIJA NA IZVEDBU U PROMJENI SMJERA KRETANJA	70
5.5.1.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u T-test-u	70
5.5.2.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja za 90°	71
5.5.3.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja za 135°	72
5.5.4.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja za 180°	73
5.6.	UTJECAJ LOKALNIH I GLOBALNIH ASIMETRIJA NA ASIMETRIJE U PROMJENI SMJERA KRETANJA	74
5.6.1.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju u promjeni smjera kretanja za 90° ..	74
5.6.2.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju u promjeni smjera kretanja za 135° ..	75
5.6.3.	Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju u promjeni smjera kretanja za 180° ..	76
6.	RASPRAVA	77

7.	ZAKLJUČAK	91
8.	ZNANSTVENI DOPRINOS.....	92
9.	LITERATURA.....	93
10.	PRILOZI	115
11.	ŽIVOTOPIS.....	117

1. UVOD

Simetrija se definira kao kvaliteta demonstracije jednake veličine, oblika i forme kada se tijelo podjeli na dva dijela po određenoj ravnini (1).

Prema Van Valenu (2), devijacija organizma ili dijela organizma od savršene simetrije, odnosno asimetrija, se može grupirati u tri kategorije. Prva kategorija, usmjerena asimetrija, tip je asimetrije koja se normalno dešava kao više razvijena karakteristika na jednoj strani tijela. Lako se raspoznaje pošto je karakteristika koja sistematično razlikuje dvije strane na cijeloj populaciji. Dobar primjer usmjerene asimetrije su oblik i pozicija unutarnjih organa u ljudskom tijelu. Druga kategorija naziva se antisimetrija, karakteristika koja se tipično razvija na određenoj strani, no sama strana varira. Najjednostavniji primjer je dominacija lijeve ili desne ruke te samo mali broj ambideksterata. Treća kategorija, fluktuacijska asimetrija, je karakteristika koja se bi se trebala razvijati simetrično, ali se razvila asimetrično pod utjecajem vanjskih faktora okruženja.

Usmjerena asimetrija i antisimetrija su potpune i čiste, bez imalo nedefiniranosti koju ima fluktuacijska asimetrija. Njih prati bimodalna distribucija između strana, u kojoj jedna strana isključuje drugu (2). Iz toga možemo zaključiti da su te dvije kategorije asimetrija više genetski uvjetovane nego pod utjecajem vanjskih faktora.

Dok na drugu stranu, možemo zaključiti da je fluktuacijska asimetrija rezultat nemogućnosti organizma da se razvija na prethodno determiniran način. Ona je reducirana prirodnom selekcijom te je postala ostavština nakon razvoja organizama koji su težili simetričnosti, nakon već prethodne adaptacije usmjerene asimetrije i antisimetrije (3). Stoga određeni autori (4) smatraju da je fluktuacijska asimetrija, zbog nasumičnog obrasca devijacije, najbolji reprezentant razvojne greške. Smatra se refleksijom sposobnosti organizma da se nosi s genetskim i okolinskim stresorima tijekom razvoja. Iz toga proizlazi njena korisnost kao indikatora takvog stresa, uz pretpostavku da je savršena simetrija mjerenih karakteristika očekivana kao idealno stanje bilateralno pariranih struktura (5). Do sada je fluktuacijska asimetrija privlačila puno pažnje kod istraživača. Zbog toga što je bilateralna simetrija vrlo česta u prirodi, mjere fluktuacijske asimetrije predstavljaju relativno jednostavnu metodu procjene biološki važnog stresa na individualnoj i populacijskoj razini (5).

1.1. SPORTSKA ASIMETRIJA

Asimetrije koje se razvijaju kod sportaša ne možemo gledati kao nasumične fluktuacijske asimetrije pošto su one određene tehničko-taktičkim zahtjevima i pravilima samog sporta. Također, ne možemo ih kategorizirati kao antisimetrije pošto je i dominacija ekstremiteta pod utjecajem okolinskih faktora te je zavisna i od samog zadatka (6). Možemo zaključiti da ono što mi istražujemo u kineziologiji je nova kategorija asimetrije, kombinacija fluktuacijske asimetrije i antisimetrije, koju je Maloney nazvao „Sportska asimetrija“ (1).

Guiardu (7) je motoričke zadatke, pa tako možemo i sportove, klasificirao po predispozicijama za razvoj tipa asimetrije na (i) unilateralne (npr. skok u dalj, mačevanje), (ii) bilateralno asimetrične (npr. golf, sportske igre), (iii) van fazno bilateralno simetrični (biciklizam, trčanje) i (iv) fazno bilateralno simetrične (olimpijsko dizanje utega) sportove. Gledajući ovu podjelu za očekivati je da će sportaši unilateralnih sportova imati predispoziciju za razvoj asimetrija, no asimetrije u različitim sposobnostima i zadacima su pronađene i kod sportaša bilateralno asimetričnih, van fazno simetričnih i fazno simetričnih sportova. Asimetrije se zabilježene kod skakača u dalj (8), mačevaoca (9), igrača Australnog nogometa (10), nogometaša (11), sprintera (12), dugoprugaša (13), olimpijskih dizača utega (14), powerliftera (15) golfera (16), itd. Suprotno tomu, mnoga istraživanja su pokazala da nema nikakvih značajnih razlika između udova kod sportaša različitih sportova (17–21).

Također asimetrije možemo sagledavati i po veličini efekta na ljudsko tijelo (lokalno i globalno). Lokalne asimetrije dijele se na lateralne asimetrije (između lijeve i desne strane tijela ili lijevih i desnih udova) te asimetrije suprotnih mišića iste strane tijela (agonist i antagonist). Globalna asimetrija odnosi se na prisutnost neravnoteže većih dijelova tijela odnosno cijelog kinetičkog lanca, dok se lokalna asimetrija odnosi samo na jedan zglob, mišić ili pokret. Lokalna i globalna izvedba uvjetovana je stupnjem razvoja osnovnih motoričkih sposobnosti - jakosti i snage, stabilnosti ili ravnoteže, te mobilnosti ili fleksibilnosti, koje su u određenoj mjeri međusobno zavisne (22). Pa tako, lokalne i globalne asimetrije možemo mjeriti putem različitih motoričkih sposobnosti, no da li su međusobno zavisne još nije istraženo.

1.1. RAZVOJ SPORTSKIH ASIMETRIJA

1.1.1. Mehanizmi razvoja sportskih asimetrija

Lateralna asimetrija ukazuje na postojanje unilateralnog deficita, na primjer kada lijeva noga ima veći rezultat u jednonožnom odrazu nego desna, što znači da je slabiji ekstremitet manje razvijen od jačeg. Mjeseci i godine treninga prouzročit će akumulaciju većeg trenažnog volumena na dominantnoj strani pošto će dominantna strana uvijek privlačiti veći stres nego nedominantna strana (1). Princip umanjujućeg povrata (*eng. diminishing return*) opisuje da će potencijal za pozitivnom adaptacijom slabiti što je pozitivna adaptacija sistema veća (23), pa će tako cjelokupni stres kojim opterećujemo sistem morati rasti da bi se pozitivna adaptacija nastavila, što sužuje potencijal te strane za adaptacijom. Tako možemo zaključiti da veći potencijal za adaptaciju ima nedominantna strana pa bi tako trenažni proces koji ima za cilj smanjivanje asimetrija trebao biti usmjeren na nedominantni ekstremitet, što dokazuju radovi koji su se bavili takvim trenažnim intervencijama (24–26).

Disbalans se ne dešava samo na dominantnoj strani. Pošto je lateralna preferencija povezana s izvedbom svake pojedine aktivnosti (27,28) tijekom mnogih sportskih aktivnosti mišići kuka u trupa ne preferiranog ekstremiteta rade u svrhu posturalne stabilizacije, dok preferirani ekstremitet radi u svrhu razvoja sile i/ili tehničkih elemenata lišen balansne kontrole (29).

Međutim, postoje i vanjski faktori koji utječu na razvoj lateralnih asimetrija. Vanjski faktor može biti neravna podloga koja zahtjeva od trkača kompenzacijske kretnje, s tim mijenjajući opterećenje na zglobove i kosti, što utječe na asimetriju u biomehaničkim parametrima između donjih ekstremiteta (30).

1.1.2. Mehanizmi razvoja sportskih simetrija

Unatoč dominaciji jedne strane tijela u nekim sportovima, razlika između ekstremiteta može ostati neznčajna tijekom cijelog života (27), pa tako nogometni trening dovodi do jednakog razvoja treniranog i netreniranog ekstremiteta, zadržavajući jednaku lateralnu asimetriju prije i poslije treninga (27,31). To podržava ideju među-hemisfernog transfera učenja tijekom treninga

(32) i razvoja sposobnosti čak i u kontralateralnom netreniranom ekstremitetu (33), što minimizira razvoj većih asimetrija (34).

Delang i sur. (35) su opisali tri mehanizma zbog kojih specifične unilateralne kretnje nekog sporta (u njihovom primjeru nogomet) ne utječu na razvoj lateralnih asimetrija.

1.1.2.1. Teorija simetrije broj 1 – Trčanje > pucanje

Iako se visoke sile manifestiraju tijekom pucanja lopte, to nije primarna kretanja u nogometu. Rampini i sur. (36) pokazali su da tijekom jedne utakmice igrač ima 34,5 – 44,7 kontakta s loptom, ovisno o uspješnosti momčadi, što je jako malo u odnosu na volumen trčanja tijekom jedne utakmice (10 - 12 km) (37). U studiji elitnih Europskih profesionalnih timova, visoko-intenzivan i vrlo visoko-intenzivan ritam trčanja tijekom jedne utakmice je bio $2,7 \pm 0,7$ km odnosno $1,0 \pm 0,3$ km (38). Što znači da je visoko intenzivno trčanje krucijalni element izvedbe u nogometu te tako prekriva unilateralnost udaraca tijekom istoga.

1.1.2.2. Teorija simetrije broj 2 – Longitudinalni efekti trajanja igre

Iako su po Gur i sur. (39) očekivane veće lateralne asimetrije s vremenom igranja, zbog sumiranja asimetričnog opterećivanja, drugi istraživači tvrde da se one smanjuju tijekom godina igranja (40). To smanjivanje asimetrija ima smisla ako se uzme u obzir da je sposobnost ambidekstrije bitna kod vrhunskih nogometaša (41), ako je igrač kvalitetan tada je veća mogućnost produžavanja njegove karijere sa simetričnim razvojem sposobnosti.

1.1.2.3. Teorija simetrije broj 3 – Kompenzacija koordinacije dominantnog uda

Funkcionalna kompenzacija razlike u produkciji sile i funkcionalnosti donjih udova može dovesti do simetrije unatoč osnovnim faktorima. Iako se većina literature o nogometnom udarcu fokusira na donje ekstremitete, kuk je pokretač kretnje, uključujući kralježnicu i zdjelicu, prije nego što pokreće distalni ekstremitet. Asimetričnost distribucije sile u nogometnom udarcu možda nije vidljiva u donjim ekstremitetima nego proksimalno na kralježnici i zdjelici. Funkcionalna kompenzacija kralježnice tijekom unilateralnih produkcija sile u nogometnom udarcu može biti objašnjenje simetrija donjih ekstremiteta kod nogometaša

1.2. PROBLEMI MJERENJA I INTERPRETACIJE SPORTSKIH ASIMETRIJA

1.2.1. Indeks asimetrije

Lateralna asimetrija je proučavana još od osamdesetih godina prošlog stoljeća. Tijekom toga vremena do sada su se razvile brojne jednadžbe za kvantifikaciju istih. U dolje prikazanoj tablici 1., izrađenoj prema sličnoj iz rada Bishop i sur. (42), navedene su sve jednadžbe korištene u dosadašnjim istraživanjima pa tako i navedene u ovom radu.

Tablica 1. Tablica indeksa asimetrija

Indeks asimetrije	Jednadžba	Referenca
(LSI – 1/HSAI)	$ASI = (ND/D) * 100$	(15,43–45)
(LSI - 2)	$ASI = (1 - ND/D) * 100$	(46)
(LSI - 3)	$ASI = (R - L) 0.5 (R + L) * 100$	(47–49)
(ASI)	$ASI = 1 - (D/ND) * 100$	(50–52)
(BSA)	$ASI = (J - S)/(J) * 100$	(53,54,63,55–62)
(BAI – 1/SI – 1/SI-2)	$ASI = (D - ND)/(D + ND) * 100$	(6,64–67)
(BAI - 2)	$ASI = 2x ((D - ND))/(D + ND) * 100$	(68)
(AI)	$(DL - NDL) / (DL + NDL/2) x 100$	(69)
(SA)	$ASI = 45^\circ - \arctan (L/R) / 90^\circ * 100$	(25,70,71)
(AI - 2)	$ASI = (R - L)/J * 100$	(72,73)
(AI - 3)	$ASI = (R - L)/L * 100$	(56,58,74)
(SI - 3)	$ASI = 100/(MAX) * (MIN) * (-1) + 100$	(75–84)
(SI - 4)	$ASI = (D - ND)/D * 100$	(85–90)
(BLD)	$ASI = (1 - (BI SUM))/(R + L) * 100.$	(26)
(iBSA)	$ASI = (OZ - NOZ)/OZ * 100$	(56)
(AI - 4)	$ASI = ((L - R))/R * 100$	(91)
(SI - 4 abs)	$ASI = abs(D - ND)/D * 100$	(92)

Legenda – L – lijeva; R – Desna; ND – Nedominantna; D – Dominantna; J – Jača; S – Slabija; MAX – maksimalna vrijednost; MIN – minimalna vrijednost; OZ – Ozlijeđena; NOZ – Neozlijeđena; ASI – asimetrija
Imena indeksa asimetrije su uzeta od navedenih autora. Postoji vjerojatnost da su navedeni autori imali drugačiju klasifikaciju udova nego što je prikazano na jednadžbi. Radovi koji nisu u tekstu ali su spomenuti u tablici zbog indeksa asimetrije

Na prvi pogled možemo vidjeti da određene jednadžbe iskaču. LSI - 1 koji je indeks lateralne simetrije, a ne asimetrije pa tako određuje drugi dio spektra razlike među udovima. Druga jednadžba koja iskače je SA indeks koji se razlikuje od ostalih po tome što nema referentnu vrijednost kao što je dominantan ili jači ud odnosno ukupna vrijednost. SA indeks uzima sredinu između udova kao vrijednost kojoj treba težiti, što je korisno kada su u pitanju kinematička mjerenja asimetrija. Ostali indeksi lateralne asimetrije se najviše razlikuju po odabiru klasifikacije udova dominantan/nedominantna, jači/slabiji, lijevi/desni. Također po referentnoj vrijednosti odnosno vrijednosti s kojom se razlika dijeli da bi se dobio udio, neke jednadžbe dijele s jačom ili dominantnom nogom dok druge sa zbrojem ili ukupnom vrijednošću.

1.2.2. Dominacija i klasifikacija udova

Poznato je da se ljudi koriste jednom stranom tijela više nego drugom (30). Lateralizacija se uspostavlja u ranom ljudskom razvoju, već tijekom gestacijskog perioda fetusu pokazuju preferenciju pokreta s jednom stranom tijela, što kasnije utječe na asimetrije u izvedbi (93), no smatra se da je lateralizacija samo 10 – 20 % genetski uvjetovana, te je više pod utjecajem postnatalnih faktora okruženja (94). U samoj lateralizaciji moramo razlikovati lateralnu preferenciju koja se definira kao preferencija ruke ili noge povezane s nekom motoričkom radnjom (34), lateralnu dominaciju koja je funkcionalna specijalizacija jedne polutke mozga (95,96). Preferencija uda za izvođenje određenih motoričkih radnji ovisi o pojedincu. Pa će tako, 90 % ljudi imati desnu preferenciju ruku, ali samo 25 – 45 % ljudi ima desnu preferenciju nogu, ovisno o testu za procjenu (97). Subjektivnom procjenom preferencije udova je 60 % žena i 64 % muškaraca imalo desnu preferenciju i ruku i nogu, kada se preferencija noge određivala odraznom nogom. Kada se preferencija noge određivala pucačkom nogom 53,4 % žena i 50 % muškaraca su imali dominantnu desnu i ruku i nogu (69).

No kada je u pitanju sportska izvedba važno je razlikovati dominaciju uda u nekom motoričkom zadatku i dominaciju uda za ispoljavanje sile (58,98). Mnoga istraživanja su koristila različite načine određivanja dominacije nogu, od noge s kojom udaramo loptu (99), jakosti (100), stajne noge nakon guranja (101), skokova (67), percepcije (102) ili vodeće noge pri penjanju (101).

Uzimajući u obzir da je dominacija uda ovisna o zadatku, takva postavka dovodi do problema pošto su studije određivale veličinu asimetrija putem različitih vrsta skokova (47), izokinetičkih testova (103), izometričkih vučenja (66) i promjene smjera kretanja (63), a koristile druge testove za određivanje dominacije nogu (prikazano dolje u tablici 2).

Tablica 2. Tablica klasifikacije udova

Vrsta klasifikacije	Referenca
Lijeva/Desna	(6,16,71,91,104–108,25,45,47–49,58,66,70)
Jača/Slabija ili Bolja/Lošija ili Vještija/Ne vještija	(26,44,61–65,75–79,53,80–85,89,109,110,54–60)
Dominantna/Nedominantna (Odrasna noga)	(15,67,85,111–113)
Dominantna/Nedominantna (Pucačka noga)	(35,43,101,103,114–121,51,122–124,68,69,86–88,90,92)
Dominantna/Nedominantna (Ostalo)	(50,52,74,123,125)
Ozlijeđena/Neozlijeđena	(46,56)

Dodatni problem izračuna lateralne asimetrije je neuniformnost klasifikacije udova odnosno izračunavamo li razliku između lijevog/desnog, dominantnog/nedominantnog, jačeg/slabijeg ili ozlijeđenog/neoziijeđenog uda. Veliki broj dosadašnjih istraživanja su klasificirali udove kao dominantan i nedominantan ili lijeva i desna, te samu dominaciju su određivali kao pucačka noga.

Pošto sama dominacija uda ovisi o zadatku i sposobnosti, kao što je gore već navedeno, možemo zaključiti da je dominantan ud onaj koji ima bolji rezultat u određenoj u određenom zadatku i mjerenoj sposobnosti. Raznolikost određivanja dominacije udova (putem preferencije), klasifikacije i same terminologije uzrokuje nemogućnost konzistentnog zaključivanja na temelju dosadašnjih rezultata. Iz tog razloga, tijekom ovog rada, u opisivanju dosadašnjih istraživanja ćemo navoditi kako su autori određivali dominaciju udova.

1.2.3. Odabir testova za mjerenje asimetrija

Kada su asimetrije u pitanju, kompleksno je određivanje granice između unilateralnih i bilateralnih zadataka. Također je problem određivanje dominacije udova tijekom određenih zadataka. Uzmimo naprimjer violinista, očito je da se ne može odrediti koja od njegovih ruku je dominantna u sviranju, obje ruke imaju krucijalne i kompleksne uloge. Pa tako proučavajući lateralnost u kontekstu bilateralnih zadataka, ne možemo poći od pretpostavke preferencije udova. Također bilo bi proizvoljno tvrditi da se ta dva zadatka razlikuju u kompleksnosti (126). Određeni autori smatraju da je pametnije odrediti samo jedan dihotoman kriterij za klasifikaciju motoričkih radnji, dva uda ili imaju ili nemaju istu ulogu kretnji, što je odmah simetrija ili asimetrija (7). Dosadašnje studije su zadatke u kojima udovi nemaju istu ulogu nazivali unilateralnim zadacima, a zadatke u kojima udovi imaju istu ulogu nazivali bilateralnim zadacima. Pa su asimetrije dobivene iz bilateralnih mjerenja problem funkcije neuroloških faktora, odnosno regulacije ispoljavanja sila među ekstremitetima, a ne mehaničkih faktora kao što je kapacitet maksimalnog ispoljavanja sile (127–129). Iz tog razloga za utvrđivanje asimetrije koriste unilateralni zadaci.

1.2.4. Simetrija – Asimetrija

Pretpostavka je da bi sportaši, u kontekstu sportske asimetrije, trebali težiti simetriji. Pošto je potpuna simetrija bilo koje karakteristike više greška nego pravilo, dovodi do potrebe za definiranjem normativnih vrijednosti asimetrija, odnosno do koje veličine asimetrije se ona smatra simetrijom.

Neki autori smatraju da asimetrija može biti pozitivna i negativna adaptacija organizma na okolinu, pa se asimetrije ne bi smjele gledati samo kao patologije bez uvida u sportsko-specifični i individualni kontekst (30). Dok drugi smatraju da ako sport nije dominantno unilateralan (tipa mačevanje), sportaš ne bi trebao imati nikakve značajne asimetrije (21). Loffing i sur. (130) smatraju da je upitna sama komparativna vrijednost asimetrije bez uvida u vrstu i specifičnost mjerene asimetrije. Također, sportska asimetrija ovisi ne samo o vrsti i tipu sporta već i o dužini

bavljenja određenim sportom (10). Zbog svih tih parametara kontradiktorna su mišljenja i rezultati utvrđivanja normativnih vrijednosti asimetrija. Neki autori smatraju da je ona < 10 % (131), drugi smatraju je < 20 % dovoljno (132,133), dok se neki autori zalažu i za < 5 % (134). U meta-analizi McGrath i sur. (135), u kojoj su proučavali simetriju u različitim testovima kod zdravih sportaša, dobili su da je prosječna lateralna simetrija izokinetičke maksimalne jakosti ekstenzora koljena 96,3 % ($p = 0,57$), fleksora koljena 94,61% ($p = 0,36$). Agonist/antagonist asimetrija jakosti fleksora-ekstenzora koljena je bila 99,6 % ($p = 0,37$). Lateralna simetrija u visini jednonožnog vertikalnog skoka 98,26 % ($p = 0,69$). Lateralna asimetrije vršne sile reakcije podloge tijekom jednonožnog vertikalnog skoka bila je 99,5 % ($p = 0,94$), dok je lateralna asimetrije u dužini jednonožnog skoka u dalj bila 97,5 % ($p = 0,24$). Ti podatci su u kontrastu s dosadašnjim normativom < 10 % asimetrije kao funkcionalnom asimetrijom te autori smatraju da bi se normativ trebao smanjiti na < 6 % da bi reflektirao zdravu populaciju, no nijedna mjera meta-analize nije pokazala statističku značajnost. Također, isti autori smatraju da bi se normativne vrijednosti asimetrija trebale postavljati prema sposobnosti, zadatku i populaciji.

1.3. DETERMINANTE PROMJENE SMJERA KRETANJA

Promjena smjera kretanja je sposobnost koja najbolje opisuje motoričku komponentu izvedbe u timskim sportovima pa tako i košarci (136). Ona je dominantna sposobnost u timskim sportovima, a definirana je kao sposobnost pred-planiranog usporavanja, promjene smjera i ponovnog ubrzavanja (137). Promjena smjera kretanja je planirana radnja pa nije potrebna nikakva trenutna reakcija, odnosno ne ovisi o faktorima percepcije i odluke (138).

Optimalna promjena smjera kretanja je pod utjecajem različitih faktora kao što su tehnika (nagib tijela i postura, postavljanje stopala, organizacija koraka), pravocrtna brzina trčanja, jakost i snaga nogu (139,140). Istraživanja su demonstrirala da brža promjena smjera kretanja je pod utjecajem produkcije sile, mehanike kretanja i kapaciteta jakosti koju sportaš posjeduje (141–144).

Jakost koju sportaš posjeduje bitna je tijekom promjene smjera, on mora imati sposobnost dovoljne ekscentrične jakosti tijekom faza usporavanja, izometričke jakosti tijekom faze prijenosa, koncentrične jakosti tijekom faze propulzije da bi brzo efektivno usporio i ponovo ubrzao u novom smjeru. Izometrička jakost je fundamentalni mehanizam sposobnosti promjene smjera kretanja. Nekoliko istraživanja su pokazala da bolja vremena u promjeni smjera kretanja ovise o vršnoj izometričkoj sili (144,145), bržem izometričkom razvoju sile (146) i impulsu sile u početnih 100, 200 i 300 ms (145). Jakost nogu je kvaliteta koja reprezentira determinantu brzine promjene smjera kretanja kod mladih i seniorskih sportaša (147). Isto tako, ako se referiramo na model agilnosti koji predlažu Sheppard i Young, mišićna kvaliteta nogu reprezentira determinantu u izvedbi promjene smjera kretanja (139), pa tako asimetrija u jakosti između dvije noge može igrati bitnu ulogu u promjeni smjera kretanja (40,120).

Mišići kuka igraju važnu ulogu u promjeni smjera kretanja (148–150). Uloga abduktora i aduktora kuka je da stabilizira zglob kuka uz potencijalnu propulziju tijekom svih faza promjene smjera kretanja (151,152). Nadalje, nekoliko studija indicira moguću funkciju tih mišića da ekscentrično usporava spuštanje centra težišta tijela te dodatno stabilizira zglob koljena (153). Njihova uloga je veća s povećanjem kuta promjene smjera kretanja zbog potrebe tijela da smanji moment tijela i većoj potrebi za lateralno ispoljavanje sile (154).

Tijekom promjene smjera kretanja sportaš mora repositionirati centar težišta pošto su brže promjene smjera kretanja povezane s aplikacijom horizontalnih i vertikalnih sila reakcije podloge te impulsa sile tijekom zadržavanja optimalne pozicije tijela (142). Bergmark i sur. (155) predlažu da je sila usmjerena preko struktura trupa koje rade da bi kontrolirale posturu, zadržale stabilnost te distribuirale silu preko cijelog sistema. Stabilnost je maksimizirana s motoričkom kontrolom sistema preko koordiniranih među-kontrakcija miškulature koja održava balansiranu tenziju radeći na sistemu tijekom svakog momenta kretanje (156,157). Gubitak tenzije u trupu može prouzročiti slamanje trupa, te s time i gubitak sinkronizacije mišićne aktivnosti tijekom sistema koja je vitalna za održavanje stabilnosti (157,158). Strategija trupa je da tijekom velikih opterećivanja povećava krutost kralježnice putem među-kontrakcija mišića trupa i minimiziranjem prekomjernih kretanja tijekom podizanja velikih težina (158) pa tako i promjene smjera kretanja (159). U svrhu optimizacije izvedbe promjene smjera kretanja, preporučuje se da sportaš minimizira prednji nagib zdjelice (160) i opseg pokreta u trupu (139,159), nagne trup i tako preusmjeri zdjelicu i trup u sljedeći smjer kretanja (159). Naginjanje trupa prema naprijed optimizira ubrzavanje i usporavanje (139,159) i snižava sportašev centar težišta (161) što mu omogućuje da više sile bude usmjereno u novi smjer kretanja (142). Također, brža promjena smjera je povezana s većom rotacijom torakalnog dijela tijela u smjeru željene kretanje (160).

Povezanost između poboljšanja izvedbe u promjeni smjera kretanja te jakog i stabilnog trupa je nekonzistentna te su rezultati povezanosti između niskog i visokog koeficijenta (162–164). Također, iako većina literature predlaže da se tijekom promjene smjera kretanja smanji pokret trupa (139,159) određene studije ukazuju na suprotno te pokazuju da sportaši s većim pokretima u trupu tijekom promjene smjera kretanja imaju bolje rezultate u brzini promjene smjera kretanja (165). Ista studija predlaže da rigidnost (*eng. splinting*) trupa tijekom kretanja govori od slabosti trupa, odnosno lošoj aktivaciji dubokih stabilizatora trupa, koji se zbog toga štiti s krutosti. Smatra se da kretanje u trupu tijekom promjene smjera kretanja optimiziraju izvedbu boljom mehanikom i motoričkom kontrolom dok je god u okviru prirodnog opsega pokreta (165).

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Većina dosadašnjih istraživanja, koja su se bavila asimetrijama, proučavala su asimetrije iz aspekta sportskih ozljeda. Pošto je cilj ovog istraživanja utvrditi odnose između asimetrija različitog tipa te veličinu njihovog utjecaja na asimetriju i izvedbu u promjeni smjera kretanja u ovom poglavlju bavit ćemo se samo istraživanjima koja su se bavila asimetrijama iz aspekta sportske izvedbe. U svrhu cjelokupne slike ovo poglavlje će sadržavati i istraživanja koja su se bavila profiliranjem asimetrija u različitim sportovima te istraživanja koja su radila značajnost razlika među udovima na sportskoj populaciji. Navodit će se istraživanja koja su vezana za dijelove tijela i sposobnosti koje su dio ovog istraživanja.

2.1. ASIMETRIJE U ANTROPOMETRIJSKIM KARAKTERISTIKAMA

Antropometrijske mjere spadaju u fluktuacijske asimetrije, odnosno one koje bi se trebale razvijati simetrično, ali pod utjecajem stresora u okolini dolazi do devijacije u njihovoj simetričnosti. Postoji određeni broj radova koji se bavio utjecajem različitih fluktuacijskih asimetrija tipa veličine ušiju (166), duljine prstiju (166,167), opsega ekstremiteta (166–169), duljine kostiju (169), dimenzije nogu (170) na sportsku izvedbu, no rezultati su bili nekonzistentni ili su objašnjavali jako mali dio varijance izvedbe.

Idoate i suradnici (171) su pokazali veći volumen mišića „rectus femoris“ nedominantne noge kod profesionalnih nogometaša, te nagađaju da je razlog njena uloga stabiliziranja stajne nogu tijekom pucanja. Suprotno tomu, Kubo i sur. (68) nisu pronašli značajnu razliku u prosječnim lateralnim asimetrijama presjeka (mjereno magnetskom rezonancijom) različitih mišića (*lat. rectus abdominis, obliques, psoas major, erector spinae, quadriceps femoris, biceps femoris i adductor*) između nogu juniorskih (-3,0 – 2,0 %) i seniorskih (-2,3 - 1,9 %) nogometaša. Što dokazuje da ne bi trebala postojati asimetrija volumena mišića kod nogometaša bez obzira na njihovu dob. Dok su na ritmičkim gimnastičarkama, Frutoso i sur. (74) pokazali značajnu ($p < 0,05$) razliku u presjeku bedra između preferirane i nepreferirane noge ($45,2 \pm 3,0 : 44,5 \pm 2,9$ cm).

Bell i sur. (47) su pokazali da lateralna asimetrija u mišićnoj masi natkoljenice i potkoljenice opisuje 20 % varijance u lateralnoj asimetriji propulzivne sile, a lateralne asimetrije mišićne mase mišića koji okružuju zdjelicu, natkoljenicu i potkoljenicu opisuje 25 % lateralne asimetrije skoka s pripremom. Također su pokazali da lateralna asimetrija u visini skoka veća od 10 % tijekom smanjuje visinu skoka za 9 cm (ES (eng. *Effect size*, hrv. *Veličina učinka*) > 0,8). Iako je većina varijance ostala neopisana, možemo zaključiti da su lateralne asimetrije u mišićnoj masi donjih ekstremiteta u vezi s lateralnim asimetrijama sile i snage, te da limitiraju rezultat skoka. Trivers i sur. (170) su izmjerili da elitni Jamajčanski sprinteri imaju lateralne asimetrije u opsegu koljena i gležnja od 10,37 % i 4,55 % ($p < 0,05$) te regresijskom analizom utvrdili da te asimetrije opisuju samo 5 % varijance njihove izvedbe u sprintu. Dok Trzaskoma i sur. (69) nisu pronašli nikakvu značajnu povezanost između lateralnih asimetrija različitih antropometrijskih karakteristika stopala te lateralnih asimetrija i/ili izvedbe sunožnog i jednonožnog skoka s pripremom.

Tako kontradiktorni rezultati potvrđuju zavisnost lateralnih asimetrija o specifičnosti samih sportova. Također, ovi podaci ukazuju na limit lateralnih asimetrija u antropometrijskim karakteristikama donjih ekstremiteta na predikciju izvedbe sportske aktivnosti, no određeni autori i dalje tvrde da je evidentan trend da antropometrijsko simetrični sportaši pokazuju bolju sportsku izvedbu (170).

2.2. ASIMETRIJE U OPSEGU POKRETA

Konfliktni su rezultati lateralnih asimetrija fleksibilnosti kuka u nogometu, pa su tako Daneshjoo i sur. (124) pronašli značajne razlike između dominantne i nedominantne noge u aktivnom opsegu pokreta fleksije kuka ($108,8 \pm 10,7 : 104,6 \pm 9,8$ °, $p = 0,001$) kod mladih nogometaša. Brophy i sur. (116) su pokazali značajnu razliku ($p < 0,05$) između dominantne (pucačke) i nedominantne noge kod nogometaša u opsegu pokreta unutarne ($25,5 \pm 7,6 : 27,6 \pm 6,8$ °) i vanjske ($30,5 \pm 6,2 : 28,2 \pm 6,9$ °) rotacije kuka, dok su kod žena dokazali značajnu razliku samo u vanjskoj rotaciji kuka pod kutom od 90° ($34,2 \pm 6,2 : 31,3 \pm 6,5$ °) i pod kutom od 0° ($28,9 \pm 6,2 : 26,5 \pm 6,1$ °). Nisu pronašli nikakve značajne razlike u opsegu pokreta fleksije i ekstenziju kuka između dominantne i nedominantne noge. Suprotno tomu, Oliveira i sur. (172) koji su pokazali da kod nogometaša ne postoji nikakva razlika u fleksibilnosti fleksije kuka među udovima

što potvrđuje i rad Rahnama i sur. (120) koji nije pronašao nikakvu značajnu razliku u fleksibilnosti fleksije kuka između preferirane i nepreferirane noge kod elitnih nogometaša. De Lang i sur. (35) nisu dokazali nikakvu značajnu razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge kod sveučilišnih nogometaša u cijelom nizu mjera opsega pokreta (unutarnja/vanjska rotacija, fleksija/ekstenzija, abdukcija/adukcija kuka; fleksija/ekstenzija koljena; dorzalna/plantarna fleksija, pronacija/supinacija gležnja) ($p = 0,18 - 0,86$).

Na ne nogometnoj populaciji dva su se rada bavila lateralnim asimetrijama opsega pokreta. Riganas i sur. (106) pokazali su da vrhunski rimen veslači imaju značajno veći opseg pokreta fleksije kuka lijeve noge ako veslaju na lijevoj strani ($p = 0,001$) te značajno veći opseg pokreta fleksije desnog kuka ako veslaju na desnoj strani ($p = 0,011$). Kod elitnih ritmičkih gimnastičarki, Frutuoso i sur. (74) nisu pokazali značajnu razliku u opsegu pokreta između preferirane i ne preferirane strane fleksije ($141,0 \pm 9,5 : 138,3 \pm 5,4$ °) i ekstenzije ($44,0 \pm 17,2 : 44,8 \pm 19,0$ °) kuka.

Kontradiktorni su rezultati dosadašnjih istraživanja opsega pokreta kuka kod nogometaša, to možemo pripisati različitoj populaciji nogometaša (muškarci/žene, mladi/seniori) na kojima su istraživanja rađena. Također sva istraživanja su ispitivala razliku, a ne asimetriju što nam onemogućuje određivanje normativa asimetrije fleksibilnosti u različitim pokretima kod nogometaša. Nadalje, asimetrije u opsegu pokreta kuka su istraživana još samo na veslačima i gimnastičarkama što dokazuje neistraženost samog područja i nemogućnost određivanja normativa asimetrija u prethodno navedenim mjerama.

2.3. ASIMETRIJE LOKALNE JAKOSTI

2.3.1. Lateralne asimetrije jakosti kuka

Konfliktni su rezultati lateralnih asimetrija u jakosti kuka na različitim populacijama i u različitim vrstama kontrakcije fleksije i ekstenzije kuka. Pa su tako Hanna i sur. (119) u profiliranju normativnih vrijednosti izometričke fleksije kuka (mjerene ručnim dinamometrom) kod vrhunskih nogometaša dobili prosječne vrijednosti za dominantnu nogu ($200,5 (192,2 - 208,8)$ Nm) i

nedominantnu nogu (180,1 (173,0 – 187,2) Nm) te dokazali značajnu razliku ($p < 0,0001$) i lateralnu asimetriju od 10,2 %. Suprotno tome kod skupine ragbijaša Brown i sur. (117) nisu pronašli značajnu razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u jakosti koncentrične (60 °/s) fleksije (ES = 0,12) i ekstenzije (ES = 0,099) kuka. Na elitnim ritmičkim gimnastičarkama Frutuoso i sur. (74) su pronašli značajnu razliku između preferirane i ne preferirane ($1,3 \pm 0,3 : 1,2 \pm 0,4$ Nm/kg, $p < 0,05$) noge u koncentričnoj (60°/s) fleksiji kuka, no nisu pronašli značajnu razliku u nijednoj drugoj brzini (180 i 240 °/s) i pokretu (ekstenziji kuka). Također gimnastičarke nisu pokazale lateralnu asimetriju jakosti veću od 10 % (-1,8 – 9,8%) u nijednom pokretu (fleksija i ekstenzija kuka) u nijednoj brzini (60, 180 i 240 °/s). Isto tako kod vrhunskih sprintera Sugiura i sur. (173) nisu dokazali nikakvu značajnu razliku ($p > 0,05$) u koncentričnoj ekstenziji kuka (60, 180 i 300 °/s) između lijeve i desne noge.

Nadalje, kada gledamo ostale pokrete ili akcije kuka na nogometnoj populaciji, značajnu razliku na vrhunskim nogometašima su dokazali Hides i sur. (174) između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u izometričkoj (mjereno ručnim dinamometrom) abdukciji ($143,9 \pm 7,8 : 161,5 \pm 6,6$ Nm) i adukciji ($175,8 \pm 7,8 : 160,2 \pm 5,8$ Nm) kuka, no nisu pokazali nikakvu značajnu razliku u fleksiji i vanjskoj rotaciji. Slično su pokazali Thorborg i sur. (122), koji su pronašli značajnu razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u izometričkoj (mjereno ručnim dinamometrom) adukciji ($p = 0,02$, ASI = 3 %), abdukciji ($p < 0,001$, ASI = 4 %) kuka kod elitnih nogometaša. Isti autori (86) su izračunali su pokazali da elitni nogometaši posjeduju 14 % jaču dominantnu nogu u ekscentričnoj adukciji kuka, te nisu dokazali da postoji značajna lateralna asimetrija u abdukciji kuka. Također da kontrolna skupina (rekreativni sportaši) pokazuju lateralnu asimetriju u abdukciji (11%), ali ne u adukciji (-1%) kuka. Na mladim nogometašima Rouissi i sur. (121) su dokazali značajnu razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u izometričkoj abdukciji (ES = 0,6, $p < 0,01$) kuka, dok nisu pronašli značajnost u adukciji kuka

Suprotno tim rezultatima, Belhaj i sur. (175) nisu pronašli značajnu razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u jakosti koncentrične (60°/s) abdukcije i adukcije kuka kod nogometaša i opće populacije. Također, DeLang i sur. (35) na sveučilišnim nogometašima nisu pronašli nikakvu značajnu ($p = 0,26 - 0,98$) razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u izometričkoj jakosti (fleksija/ekstenzija, abdukcija/adukcija, unutarnja/vanjska rotacija

kuka; fleksija/ekstenzija koljena te plantarna/dorzalna fleksija i supinacija/pronacija gležnja). Dok su Mohammad i sur. (176) pronašli značajnu razliku u koncentričnoj ($120^\circ/\text{s}$) fleksiji ($113,12 \pm 23,76$:- $121,97 \pm 37,47$ Nm/kg, $p = 0,028$) između dominantne i nedominantne noge, no nije pronađena nikakva značajna razlika u ekstenziji ($p = 0,381$), adukciji ($p = 0,891$) i abdukciji ($p = 0,887$) kuka, no treba naglasiti da je istraživanje rađeno na nogometašima koji boluju od preponske boli (*lat. osteitis pubis*).

U ostalim sportovima, Plastaras i sur. (177) su pokazali lateralne simetrije izometričke abdukcije kuka u neutralnoj (0°) ($87,0 \pm 8,3$ %) i ekstenziranoj (15°) ($96,6 \pm 16,2$ %) poziciji kuka kod rekreativnih trkačica. Althroe i sur. (114) su pronašli značajnu razliku ($p = 0,02$) u vršnom momentu sile adukcije kuka između dominantne (pucačke) i nedominantne noge kod igrača australskog nogometa (juniorski i seniorski uzrast) mjerene izometričkim tipom kontrakcije, no nisu pronašli značajnu razliku u nijednoj drugoj mjeri (fleksija/ekstenzija, abdukcija, unutarnja i vanjska rotacija kuka). Post-hoc analizom su dokazali da seniorski igrači posjeduju lateralne asimetrije adukcije (22%) i vanjske rotacije (19%) u stranu nedominantne noge te abdukciju (14%) u stranu dominantne noge što ukazuje na razvoj određenih disbalansa kod australskih nogometaša. Ovo je jedina studija koja se bavila asimetrijama jakosti kuka u izometričkoj kontrakciji s fiksiranim dinamometrom, a ne ručnim dinamometrom.

Većina radova koja su istraživala razlike i lateralnu asimetriju jakosti kuka rađena su na nogometašima. Samo pojedina istraživanja su se bavila općom populacijom te drugim sportovima poput ritmičke gimnastike i australskog nogometa. Veliki broj studija se bavio samo utvrđivanjem značajnosti razlika u jakosti kuka između lijeve/desne ili dominantne/nedominantne noge, ali radovi nisu uključivali kvantifikaciju putem indeksa asimetrije. Nadalje, većina istraživanja je mjerila jakost u izometričkoj kontrakciji s ručnim dinamometrom. Problemi mjerenja s ručnim dinamometrom proizlaze iz nedostatka standardiziranosti pozicije ispitanika i ispitivača te gradijentu ispoljavanja sile. Također, smanjenoj homogenosti mjerenja zbog korištenja instrumenata različitih proizvođača, pošto različiti autori pokazuju visoku i nisku unutar instrumentalnu pouzdanost između različitih proizvođača. Očito je da slaba valjanost mjerenja ručnim dinamometrom proizlazi iz nedostataka standardiziranosti metoda mjerenja s istim (178). Nadalje, unatoč tome što su istraživanja rađena većinom na istoj populaciji (nogometaši), rezultati su kontradiktorni što možemo pripisati različitoj dobi nogometaša, vrsti kontrakcije i pokretima.

Studije koje su računale indeks asimetrije pokazale su različite lateralne asimetrije u različitim pokretima i kontrakcijama kuka, s rasponom od -1 do čak 22 %, što dokazuje veliku ovisnost asimetrija o populaciji, vrsti kontrakcije, klasifikaciji te jednadžbi kojom se ona izračunava.

2.3.2. Agonist – Antagonist asimetrije (omjeri) jakosti kuka

U definiranju vrsta asimetrija, na početku ovoga rada, lokalne asimetrije smo podijelili na lateralnu i agonist – antagonist asimetriju. Agonist - antagonist asimetriju također možemo zvati i omjerima (eng. ratio). Jedan od prvih radova koji se bavio omjerima jakosti kuka je od Calmels i sur. (104), koji su proučavali razlike u omjerima koncentrične (60, 120, 240 °/s) i ekscentrične (60, 120°/s) jakosti gležnja, koljena i kuka na općoj populaciji te nisu pronašli nikakve značajne razlike između lijeve i desne strane, ali su pronašli značajnu razliku između muškaraca i žena u omjerima fleksije : ekstenzije kuka u koncentričnom i ekscentričnom režimu pri svim brzinama. Raspon omjera koncentrične fleksije : ekstenzije kuka u svim brzinama je bio od 0,68 do 0,75, dok je raspon omjera ekscentrične fleksije : ekstenzije u svim brzinama bio od 0,58 do 0,61. Prvi rad koji se bavio omjerima kuka kod sportaša je od Potanga i sur. (179) koji su na sportašima različitih sportova mjerili omjere koncentrične (100 i 200 °/s) fleksije i ekstenzije kuka s različitim početnim kutovima (50 – 100°). Omjeri jakosti fleksije : ekstenzije u različitim brzinama i početnim kutovima su pri brzini od 100°/s (50° (0,48 ± 0,12), 60° (0,47 ± 0,09), 70° (0,52 ± 0,09), 80° (0,57 ± 0,10), 90° (0,65 ± 0,12), 100° (0,70 ± 0,17)), a pri 200°/s (50° (0,93 ± 0,39), 60° (0,83 ± 0,45), 70° (0,52 ± 0,10), 80° (0,57 ± 0,14), 90° (0,62 ± 0,21), 100° (0,59 ± 0,23)). Takvi rezultati pokazuju da su omjeri u jakosti kuka zavisni od populacije, vrste kontrakcije, početnom kutu kuka prije pokreta te brzini kontrakcije u izokinetičkim uvjetima.

Kada su vrhunski sportaši u pitanju, Althrope i sur. (114) su na elitnim igračima australskog nogometa postavili profile u omjerima izometričke jakosti kuka abdukcije : adukcije (1,05), unutarnje : vanjske rotacije (1,15), fleksije : ekstenzije (0,8). Belhaj i sur. (175) su također na nogometašima izmjerili omjere koncentrične jakosti (60°/s) abdukcije : adukcije kuka na dominantnoj nozi $1,18 \pm 0,21$, odnosno na nedominantnoj nozi $1,22 \pm 0,33$, dok su rezultati na općoj populaciji bili drugačiji, dominantna noga $0,78 \pm 0,21$, a nedominantna noga $0,76 \pm 0,16$. Ti rezultati upućuju na to da su omjeri jakosti kuka zavisni o populaciji te vrsti kontrakcije, te da

dosadašnja istraživanja nisu postavila normative kojima bi se moglo težiti kada je jakost kuka u pitanju.

Nadalje, Thorborg i sur. (122) nisu pronašli značajnu razliku kod nogometaša između dominantne (pućačke) i nedominantne noge u omjeru izometričke (mjereno ručnim dinamometrom) adukcije : abdukcije kuka ($1,04 \pm 0,18$: $1,06 \pm 0,17$, $p = 0,40$). Isto tako na nogometašima Mohammad i sur. (176) nisu pronašli nikakvu značajnu razliku u omjeru koncentrične ($120^\circ/s$) abdukcije : adukcije ($1,40 \pm 0,53$: $1,38 \pm 0,99$, $p = 0,79$) kuka između dominantne i nedominantne noge. No isti autori su pronašli značajnu razliku u omjeru koncentrične ($120^\circ/s$) fleksije : ekstenzije ($0,66 \pm 1,91$: $0,78 \pm 2,05$, $p = 0,002$) kuka između dominantne i nedominantne noge. Iako se ova studija ne bavi razlikama omjera između udova, navedena istraživanja pokazuju različite rezultate na različitim populacijama i pri različitim metodama mjerenja.

Prema dosadašnjim istraživanjima ne postoji veliki broj radova koji je mjerio omjere jakosti kuka te također većina istraživanja je rađena na nogometašima. Rezultati su nekonzistentni i ovisni o populaciji te vrsti i brzini kontrakcije te mjernom instrumentu. Nedovoljan je broj radova da bi se odredio normativ u omjeru jakosti, posebno kod različitih sportova. Također, dosadašnja dostupna literatura ne pokazuje radove koji stavljaju omjer u odnose s određenim sposobnostima koji reprezentiraju sportsku učinkovitost ili s ostalim tipovima i razinama asimetrija u drugim sposobnostima.

2.3.3. Lokalne asimetrije jakosti trupa

Dosadašnja istraživanja ukazuju na lateralnu simetriju jakosti trupa u općoj i nesportskoj populaciji. McIntire i sur. (180) su pokazali simetričnost u izometričkoj rotaciji jakosti trupa u neutralnoj poziciji (0° rotacije), no ista nije dokazana kada je trup bio postavljen u rotaciju od 18 i 38° . Također Lee i sur. (181) su izražavali lateralnu asimetriju putem omjera lijeve i desne koncentrične jakosti ($60^\circ/s$) rotacije trupa kod opće muške ($1,02 \pm 0,14$) i ženske ($1,02 \pm 0,18$) populacije. Ta istraživanja ukazuju da bi opća populacija trebala pokazivati lateralnu simetričnost u jakosti izometričke rotacije trupa kada je on postavljen u neutralnu poziciju, no isto se ne odnosi kada je trup postavljen u rotacije izvan neutralnosti.

Iako možemo očekivati lateralnu asimetriju u jakosti trupa kod sportaša rotacionih i unilateralnih sportova, rezultati u dosadašnjim istraživanjima su kontradiktorni. Bae i sur. (16) su kod golfera pronašli značajne razlike u izokinetičkoj jakosti rotaciji trupa između lijeve (dominantne strane određene golferskim zamahom) i desne strane pri brzini od 30°/s ($140,58 \pm 30,92 : 131,83 \pm 27,87$ Nm, $p < 0,0001$), 60°/s ($127,36 \pm 26,37 : 117,67 \pm 25,20$ Nm, $p < 0,0001$) i 120°/s ($117,03 \pm 24,99 : 111,04 \pm 23,85$ Nm, $p < 0,0001$). Kontrolna skupina je pokazala značajnu razliku samo pri brzini od 60°/s ($112,42 \pm 24,76 - 117,21 \pm 21,66$ Nm, $p = 0,024$). Suprotno tomu, Lindsay i sur. (182) su pokazali da kod golfera i opće populacije ne postoji značajna razlika između dominantne i nedominantne strane u jakosti koncentrične (90°/s) rotacije trupa. Nedostatak tih istraživanja je izražavanje lateralne asimetrije u jakosti trupa samo putem statističke značajnosti razlika a ne kvantifikacijom putem indeksa asimetrije.

Nadalje, postoje istraživanja koja su koristila indeks asimetrije, pa su tako Mattes i sur. (49) pokazali značajnu razliku između fitness sportaša i odbojkaša u različitim parametrima lateralne asimetrije izometričke jakosti i snage rotacije trupa (prosječnom momentu sile ($0,9 \pm 14,2 : 10,6 \pm 14,0$ %, $p = 0,0083$), prosječnoj snazi ($0,9 \pm 14,1 : 10,7 \pm 14,2$ %, $p = 0,0087$), prosječnom radu ($2,2 \pm 16,8 : 14,0 \pm 17,2$ %, $p = 0,0105$), vršnom momentu sile ($-0,3 \pm 13,0 : 10,0 \pm 12,5$ %, $p = 0,0069$), vršnoj snazi ($-0,1 \pm 12,9 : 10,0 \pm 12,6$ %, $p = 0,0063$), radu ($-0,2 \pm 13,9 : 12,0 \pm 15,7$ %, $p = 0,0081$). To istraživanje dokazuje specifičnu lateralno asimetričnu adaptaciju odbojkaša na zahtjeve samog sporta u odnosu na sport koji u svojoj strukturi zahtjeva simetričnost, no također veliki raspon asimetrija posebno kod fitness sportaša. Tomu u prilog ide i istraživanje na vrhunskim odbojkašima Miltner i sur. (183) koji su dokazali disbalans u jakosti trupa te zaključili da je isti adaptacija na sport, odnosno 58,3 % ispitanika je imalo disbalans u omjeru fleksije : ekstenzije trupa i 46 % ispitanika je pokazivalo asimetriju u rotaciji trupa. Iako iz istraživanja na odbojkašima možemo vidjeti da su asimetrije u jakosti i snazi rotacije trupa specifične adaptacije na odbojku Ellenbecker i sur. (184) su pokazali da elitni tenisači imaju lateralno simetričniji odnos u jakosti između lijeve i desne izokinetičke rotacije trupa pri brzini od 60 °/s ($98,4 \pm 12,1 : 94,3 \pm 10,4$ %) i 120 °/s ($97,9 \pm 12,1 : 96,1 \pm 10,5$ %) nego elitne tenisačice, što dokazuje zavisnost lateralne asimetrije o spolu, a ne samo o specifičnostima sporta.

Kada su u pitanju agonist – antagonist asimetrije jakosti trupa, Lee i sur. (181) su pokazali, na općoj populaciji, da muškarci ($1,23 \pm 0,28$) imaju veće rezultate od žena ($1,00 \pm 0,16$) u omjeru

jakosti ekstenzije i fleksije trupa pri brzini od 60 °/s, što pokazuje smanjenu jakost ekstenzora leđa kod ženske populacije. Na sportašima, Hildebrandt i sur. (185) su na elitnim skijašima i skijašicama pokazali nizak omjer (0,54 - 0,59) u vršnom momentu koncentrične fleksije i ekstenzije (150°/s) trupa. Također, Zouita Ben Moussa (186) je na hrvačima i dizačima utega dokazao značajno ($p < 0,05$) jače ekstenzore leđa u odnosu na fleksore, mjerene izokinetičkim aparatom pri brzini od 60 i 180 °/s. Mohammad i sur. (187) su postavili omjer jakosti fleksije i ekstenzije trupa kod vrhunskih nogometaša u koncentričnoj ($0,69 \pm 1,02$) i ekscentričnoj ($0,68 \pm 0,78$) kontrakciji, te također dokazali da se taj omjer značajno razlikuje kod ozlijeđenih nogometaša (lat. *osteitis pubisom*) u koncentričnoj ($1,10 \pm 0,61$) i ekscentričnoj ($0,40 \pm 0,60$) kontrakciji pri brzini od 120°/s.

Većina autora koja se bavila lokalnim asimetrijama jakosti trupa u dosadašnjim istraživanjima testirala razliku, a ne asimetriju, između lijeve i desne rotacije ili izračunavala omjer fleksije : ekstenzije trupa, možemo vidjeti trend asimetrične adaptacije u određenim sportovima, iako postoje istraživanja koja ukazuju na suprotno. Manjak radova s indeksom lateralne asimetrije trupa u različitim sportskim populacijama i u akcijama lateralne fleksije daje nam nejasnu sliku o veličini normativa lateralne asimetrije jakosti za različite sportove, te njihove odnose s drugim tipovima i razinama asimetrija te utjecaju na sportsku izvedbu.

2.4. ASIMETRIJE GLOBALNE JAKOSTI/SNAGE

2.4.1. Asimetrije mjerene bilateralnim testovima

Postoji određeni broj radova koji je mjerio veličinu globalne asimetrije put indeksa asimetrije i razlike među stranama u bilateralnim testovima. Pa su tako Bailey i sur. (65) na sveučilišnim sportašima i sportašicama dokazali da se muškarci i žene značajno razlikuju u asimetrijama vršne sile tijekom skoka iz čučnja ($1,95 \pm 0,02 : 3,78 \pm 0,06 \%$, ES = 0,64), vršne sile tijekom skoka s pripremom ($4,65 \pm 0,09 : 6,89 \pm 0,08 \%$, ES = 0,51), vršne snage tijekom skoka iz čučnja s opterećenjem od 20 kg ($1,81 \pm 0,01 : 4,18 \pm 0,02 \%$, ES = 0,78), vršne snage tijekom skoka s pripremom ($8,48 \pm 0,06 : 15,87 \pm 0,07 \%$, ES = 0,66) i impulsa tijekom skoka s pripremom ($6,62 \pm 0,03 : 13,50 \pm 0,03 \%$, ES = 0,66) ($p \leq 0,05$), također su pokazali značajnu razliku između muškaraca i žena u raspodijeli težine (*eng. Weight bearing*) ($p = 0,003$, ES = 0,73). Kada su podijelili ispitanike u jače i slabije dobili su značajne razlike asimetrija u vršnoj sili ($4,72 \pm 0,07 : 9,41 \pm 0,13 \%$, ES = 0,82) i gradijentu sile ($5,52 \pm 0,45 : 12,85 \pm 0,70 \%$, ES = 0,90) ($p \leq 0,05$) tijekom izometričkog vučenja s kuka. Iz toga možemo zaključiti da jači sportaši i muškarci pokazuju više simetrije od slabijih i ženskih sportaša/ica u različitim parametrima tijekom bilateralnih testovima izometričkog vučenja i bilateralnim skokovima, te također da globalne asimetrije su također zavisne o pokretu i sposobnosti. Luk i sur. (15) su pokazali da je asimetrija u visini tijekom vertikalnog skoka između dominantne i nedominantne noge značajno ($p = 0,04$) veća kod skakača ($6,73 \pm 1,84 \%$) nego kod „powerliftera“ ($2,74 \pm 0,74 \%$) što dokazuje da je asimetrija zavisna o sportu, nadalje nisu pronašli nikakvu značajnu razliku između dominantne i nedominantne noge kod obje skupine, te pošto su asimetrije bile manje od 10% možemo zaključiti da iako postoji značajna razlika među sportovima sama razlika i asimetrije među udovima je premala da bi mogli zaključiti da unilateralni sportovi uzrokuju visoku asimetričnost udova, no dokazuje da su asimetričniji od bilateralnih sportaša. Newton i sur. (58) su pokazali značajnu ($p < 0,05$) razliku kod softball igračica između dominantne i nedominantne noge tijekom bilateralnog čučnja s asimetrijama vršnoj sili od $5,94 \pm 5,05 \%$ te prosječnoj sili od $6,02 \pm 3,80 \%$. Istu razliku nisu uspjeli dokazati između lijeve i desne noge koja je također pokazivala i manji indeks asimetrije ($-3,16 \pm 8,39$, odnosno $-3,27 \pm 7,34\%$, $p > 0,05$). Što ukazuje da je asimetrija ovisna o klasifikaciji udova te da značajno utječe na veličinu asimetrije. Tu tvrdnju dokazuje i rad Ceroni i sur. (43) koji su pokazali značajnu razliku između bolje i lošije noge kod zdravih djevojaka u

vršnoj sili ($p < 0,00001$, ASI = 8,95%) i vršnoj snazi ($p < 0,000001$, ASI = 7,6 %) tijekom skoka s pripremom, dok ista razlika nije pokazana kod subjektivno procijenjene dominantne noge u vršnoj sili ($p = 0,797$, ASI = 0,2 %) i vršnoj snazi ($p = 0,1758$, ASI = 0,2 %). Nadalje, slične rezultate su pokazali i dječaci, tijekom istoga skoka, između bolje i lošije noge u vršnoj sili ($p < 0,00001$, ASI = 8,8 %) i vršnoj snazi ($p < 0,00001$, ASI = 8,5 %), no dječaci su također pokazali značajnu razliku između subjektivno procijenjene dominantne i nedominantne noge u vršnoj sili ($p = 0,0003$, ASI = 3,8 %) i vršnoj snazi ($p = 0,0003$, ASI = 4,7 %) s puno manjim indeksom asimetrije. Autori su pokazali da asimetrije $> 15\%$ u vršnoj sili ima 25,5 % djevojaka i 21,4 % dječaka, a u vršnoj snazi 32,7 % djevojaka i 21,4 % dječaka.

Lake i sur. (105) su pronašli značajnu razliku ($p < 0,05$) između asimetrija sile reakcije podloge (1,8 – 4,3 %) i asimetrija snage mjerene brzinom šipke (5,1 – 6,4 %) tijekom nabačaja s 30, 60 i 90% od maksimalnog ponavljanja te da povećanje opterećenja ne utječe na povećanje asimetrija sile reakcije podloge, no utječe na povećanje asimetrije snage mjerene brzinom šipke, iz čega možemo zaključiti da je asimetrija zavisna o parametru koji mjerimo, a ne samo o testu. Isto dokazuje i rad Edwards i sur. (118) koji su na sportašima proučavali kinetičke i kinematičke parametre tijekom vertikalnog skoka iz zaleta te su pronašli značajne razlike u kinetičkim između dominantne i nedominantne noge u vršnoj sili patelarne tetive (ES = 0,5, $p = 0,02$), momentu koljena (ES = 0,60, $p = 0,02$), gradijentu sile patelarne tetive (ES = 0,52, $p = 0,05$) tijekom horizontalnog doskoka te vertikalne sile reakcije podloge (ES = 0,54, $p = 0,05$) tijekom vertikalnog doskoka. Nadalje, kinematički parametri su pokazali značajnu razliku između dominantne i nedominantne noge u fleksiji koljena (ES = 1,00, $p = 0,04$) u trenutku kontakta s podlogom i unutarnjoj rotaciji koljena u trenutku kontakta s podlogom (ES = 0,74, $p = 0,05$), u trenutku vršne sile reakcije podloge (ES = 0,78, $p = 0,01$) i trenutku vršne sile patelarne tetive (ES = 0,55, $p = 0,03$) tijekom horizontalnog doskoka. Također su pronašli značajnu razliku u brzini dorzalne fleksije u trenutku patelarne vršne sile (ES = 0,78, $p = 0,04$) te adukcije stopala tijekom vršne sile reakcije podloge (ES = 0,63, $p = 0,04$) tijekom horizontalnog doskoka. Tijekom vertikalnog doskoka su pronašli značajne razlike ($p < 0,05$, ES = 0,29 – 0,91) između dominantne i nedominantne noge u različitim kinematičkim parametrima u trenutku kontakta s podlogom (kutu fleksije i unutarnje rotacije koljena; fleksije, adukcije i unutarnje rotacije kuka te brzini fleksije kuka), u trenutku vršne sile reakcije podloge (kutu adukcije stopala, unutarnje rotacije koljena, fleksije, adukcije i unutarnje rotacije kuka te brzini everzije gležnja) i u trenutku patelarne vršne

sile (kutu unutarnje rotacije koljena i kuka). Zaključak autora je da ne možemo očekivati simetriju kinematičkih i kinetičkih parametara udova tijekom sportskih kretanja. Taj zaključaj djelomično potvrđuju rezultati istraživanja Wyon i sur. (108) koji su pronašli značajnu razliku u kutu koljena tijekom „grand jete“ odraza između lijeve i desne noge ($102 \pm 29,58^\circ$: $120 \pm 26,72^\circ$, $p < 0,01$) kod vrhunskih balerina, no nisu pronašli nikakvu značajnu razliku u nijednom drugom parametru (vršna snaga, vršna sile tijekom doskoka te kut koljena prilikom doskoka). Navedena istraživanja koja su mjerila asimetrije u kretanjama putem kinematičkih i kinetičkih parametara, iako nisu koristila indekse asimetrija za kvantifikaciju istih, pokazuju cijeli niz asimetrija tijekom kretanja iz kojih možemo uvidjeti podlogu za razvoj asimetrija na svim razinama i u svim sposobnostima.

2.4.2. Asimetrije mjerene unilateralnim testovima

Asimetrije dobivene iz bilateralnih mjerenja su problem funkcije neuroloških faktora, odnosno regulacije ispoljavanja sila među ekstremitetima, a ne mehaničkih faktora kao što je kapacitet maksimalnog ispoljavanja sile (127–129). Iz tog razloga se za utvrđivanje asimetrije u maksimalnim ispoljavanju sile koriste unilateralni zadaci.

Dos Santos i sur. (25) su putem jednonožnog izometričkog vučenja s kuka dokazali značajnu razliku između dominantne (određena kao bolji rezultat) i nedominantne strane kod sveučilišnih sportaša ($ES = 0,43 - 0,91$, $p < 0,001$) i profesionalnih ragbijaša ($ES = 0,27 - 0,46$, $p < 0,001$). Dok su Bishop i sur. (76) pokazali asimetrije (8,36 - 25%) u različitim parametrima (vršne sile; gradijentu sile 0-0,1 s; gradijentu sile 0,1-0,2; gradijentu sile 0,2-0,3 s; impulsu 0-0,1; impulsu 0,1-0,2; impulsu 0,2-0,3) tijekom jednonožnog izometričkog čučnja kod rekreativnih sportaša s tendencijom da se asimetrija smanjivala što se interval vremena više povećavao. Značajna povezanost između asimetrija i izvedbe dominantne i nedominantne strane u jednonožnom izometričkom čučnju dokazana je samo na 3 parametra (od 49) s dominantnom nogom (asimetrija u vršne sile i gradijentu sile 0–0,1 s ($r = -0,43$); asimetrije u impulsu 0-0,1 s; gradijentu sile 0-0,1 i 0,1-0,2 s ($r = -0,47$ i $-0,43$), dok je s nedominantnom nogom pronađen 31 značajna povezanost ($r = -0,42 - -0,71$). Što dokazuje da je preporučljivo smanjivanje asimetrije jačanjem nedominantne strane.

Unilateralni skokovi su dio testiranja u timskim sportovima zbog sličnosti sa specifičnim kretnjama u sportskim igrama te su se pokazali kao pouzdani (188). Tim istim testovima možemo diskriminirati izvedbu zdrave i ozlijeđene strane nakon operacije prednjeg križnog ligamenta (189). Pa su iz tog razloga asimetrije u skokovima jedne od najčešćih testova za mjerenje asimetrija.

Hoog i sur. (190) nisu pronašli nikakvu značajnu razliku u simetrijama između sportaša s visokim (nogomet, košarka, odbojka) i niskim rizikom (atletika i skokovi u vodu) razvoja ozljede mjerenih dužinom horizontalnih skokova (Jednonožni skok u dalj ($100,5 \pm 0,95 - 99,1 \pm 1,1$ %, $p = 0,33$) i Jednonožni zig-zag skok (*eng. Single-leg crossover hop*) ($100,8 \pm 1,1 - 99,6 \pm 1,4$ %, $p = 0,52$), no pronašli su značajnu razliku u jednonožnom troskoku ($103,3 \pm 1,0 - 100,3 \pm 1,2$ %, $p = 0,006$). Slične rezultate su dobili Hewit i sur. (50) koji na netball igračicama nisu pokazali značajnu ($p = 0,09 - 0,49$) razliku između dominantne (stajna noga nakon perturbacije) i nedominantne noge u različitim mjerama (vršna sila, vršna snaga i rad) tijekom različitih vertikalnih i horizontalnih skokova (jednonožni skok s pripremom, jednonožni skok u dalj i jednonožni lateralni skok). Također, netball igračice nisu u prosjeku demonstrirale prosječne asimetrije veće od 10 % u nijednom parametru (3 – 10 %) osim vršnoj snazi tijekom jednonožnog skoka u dalj ($11,4 \pm 9,2$ %). Također Vaisman i sur. (123) su pokazali da ne postoji značajna razlika između dominantne (utvrđeno s 2/3 testa) i nedominantne noge u visini i snazi jednonožnog skoka s pripremom kod profesionalnih nogometaša ($p = 0,281$) i nesportaša ($p = 0,316$). Suprotno tim istraživanjima, Flanagan i Harrison (113) su pokazali da rekreativna zdrava populacija ima značajnu razliku između dominantne (odrazna noga) i nedominantne noge u vremenu leta ($0,71 \pm 0,07 - 0,69 \pm 0,06$ s, $p < 0,05$) i reaktivnom indeksu jakosti ($0,64 \pm 0,19 - 0,57 \pm 0,14$ s, $p < 0,05$) tijekom dubinskog skoka. Značajna razlika nije pronađena u vertikalnoj krutosti i vršnoj vertikalnoj sili te nijednom parametru tijekom reaktivnih skokova. Očito je da su i globalne asimetrije ovisne o populaciji, spolu, testu i sposobnosti, ali i ovi gore navedeni radovi pokazuju metodološku manjkavost kada je određivanje dominacije udova u pitanju.

Yanci i sur. (87) su na nogometašima pokazali značajnu razliku između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u dužini jednonožnog dubinskog skoka u dalj ($p = 0,01$; ASI = -4,04 %) i jednonožnog troskoka ($p = 0,017$, ASI = -1,99 %), no nisu pronašli nikakvu značajnu razliku u jednonožnom skoku u dalj, jednonožnom dubinskom skoku i jednonožnom skoku s pripremom

asimetrijama u rasponu od -0,63 do -2,36 %. Isti autori u svom drugom radu (88) su pokazali značajnu ($p < 0,05$) razliku kod nogometaša između dominantne (pučačke) i nedominantne noge u vremenu leta ($ES = 0,33$, $ASI = -2,38$ %), visini ($ES = 0,33$, $ASI = -4,55$ %) i brzini odraza ($ES = 0,42$, $ASI = -2,91$ %) tijekom jednonožnog skoka s pripremom. Autori, nisu pronašli značajnu razliku u parametrima doskoka (prva vršna sile reakcije podloge, druga vršna sile reakcije podloge, vrijeme od prvog kontakta s podlogom i dostizanja prve vršne sile reakcije podloge, vrijeme od prvog kontakta s podlogom i dostizanja, vrijeme stabilizacije) tijekom istog skoka ($ES = 0,0 - 0,12$, $ASI = - 2,5 - 4,71$ %).

Postoji niz radova koji se bavio odnosom određivanja dominacije udova i globalnim asimetrijama. Fort-Vanmeerhaeghe i sur. (55) su kod košarkaša/ica i odbojkaša/ica pokazali značajnu razliku u visini jednonožnog skoka s pripremom između dominantne (pučačke) i nedominantne noge ($p = 0,029$, $ASI = 11,01 \pm 7,48$ %), no kada su podijelili uzorak po spolu, žene su pokazale značajnu razliku ($p = 0,002$, $ASI = 12,84 \pm 7,16$ %) isto ne vrijedi za muškarce koji su pokazali i manji indeks asimetrije ($p = 0,786$, $ASI = 9,31 \pm 7,44$ %). Kada su napravili razliku između jače i slabije noge pronašli su značajnu razliku ($p < 0,0001$) kod sve tri grupe. Svi skupa su pokazali asimetrije od $12,30 \pm 9,48$ %, dok su žene pokazale asimetriju od $14,26 \pm 10,40$ %, a muškarci $10,49 \pm 7,96$ %. Od 26 (32,9 %) ispitanika koji su pokazali asimetriju > 15 % jednaki broj ($n = 13$) je bio muškaraca i žena. Ti rezultati još jednom ukazuju na problem određivanja dominacije uda sa zadacima koji se ne mjere. Isti autori, (54) su pokazali na mladim košarkašicama da je preklapanje vještije i subjektivno procijenjene dominantne noge je između 35 i 52 % (ovisno o zadatku), te da je varijacija vještine nogu među zadacima između 45 i 79 %, također da je asimetrija između nogu veća ako se klasificira prema vještini nego prema subjektivnoj dominantnosti. Nadalje, različiti testovi su pokazali različite asimetrije između vještije i nevještije noge. Skokovi (jednonožni skok s pripremom ($14,11 \pm 8,62$ %), jednonožni skok u dalj ($3,86 \pm 2,49$ %), jednonožni lateralni skok ($3,33 \pm 2,49$ %)); promjena smjera kretanja (180° ($1,71 \pm 1,32$ %)) i funkcionalne mobilnosti putem zvjezdastog testa balansa (*eng. Star excursion balance test*) (anteriorno ($3,56 \pm 3,35$ %), posteriorno-medijalno ($3,35 \pm 4,42$ %), posteriorno-lateralno ($4,18 \pm 2,75$ %)). Tomu u prilog ide istraživanje Stephens i sur. (112) koji su na muškim i ženskim odbojkašima/cama pokazali razliku ($p < 0,05$) između dominantne (odrazna noga) i nedominantne noge u visini jednonožnog skoka s pripremom (M ($37,7 \pm 5,0 : 34,3 \pm 3,7$ cm ; \check{Z} ($27,5 \pm 3,2 : 25,3 \pm 3,6$ cm), također su pokazali da je samo 3/13 odbojkaša i 7/12 ženskih odbojkašica imalo istu pučačku i odraznu nogu.

Prvi rad koji se bavio trenažnim utjecajem na smanjenje asimetrija je onaj Gonzalo-Skok i sur. (26), koji su na mladim košarkašima dokazali bolji utjecaj šestotjednog unilateralnog naspram bilateralnog treninga jakosti i snage na smanjenje asimetrija u snazi jednonožnog čučnja (Prije $9,6 \pm 3,8$ %, Poslije $4,8 \pm 1,3$ % - Prije $6,9 \pm 5,0$ %, Poslije $4,4 \pm 2,5$ %). Također, isti autori (79) su radili utjecaj različitog tipa (isti volumen prvo slabija noga, isti volumen prvo jača noga i dupli volumen slabija noga) unilateralnog ekscentričnog treninga jakosti na smanjenje asimetrija u izvedbi različitih jednonožnih skokova (jednonožni skok u dalj, jednonožni troskok, jednonožni skok s pripremom) kod mladih nogometaša te dokazali značajno smanjenje asimetrije u dužini jednonožnog troskoka (Prije = $4,0 \pm 1,7$ - Poslije = $2,8 \pm 2,1$ %) kod duplog volumena na slabijoj nozi s veličinom učinka od 0,88 i u visini jednonožnog skoka s pripremom s veličinom učinka od 0,08 do 0,24 u svim grupama.

Istraživanja koja su se bavila akutnim umorom na veličinu asimetrija su ovaj Bromley i sur. (78) su pokazali značajnu razliku u asimetriji prije i poslije (0, 24, 48 i 72 h) nogometne utakmicu u različitim parametrima dobivenim tijekom jednonožnog skoka s pripremom. Sve asimetrije su bile zavisne o mjerama, pa su tako vršna sila doskoka (Prije = 7,22 % - 24 h = 15,22 %, ES = 1,38), vršni impuls doskoka (Prije = 5,89 % - 24 h = 13,14 %, ES = 1,71) i koncentrični impuls (Prije = 7,73 % - 24 h = 18,50 %, ES = 1,02) pokazale najviše povećanje asimetrije tek 24 h nakon utakmice, dok su vršna sila (Prije = 14,71 % - Poslije = 31,85 %, ES = 2,8) i ekscentrični impuls (Prije = 14,24 % - Poslije = 32,00 %, ES = 3,15) pokazale najveći rast u asimetriji odmah nakon utakmice. Značajno povećanje asimetrije u visini skoka (Prije = 4,65 % - 72 h = 20,49 %, ES = 2,05) je pokazano tek 72 h nakon utakmice. Dok su Bishop i sur. (77) pokazali značajno povećanje asimetrija u visini jednonožnog skoka s pripremom uslijed zamora prouzrokovan repetitivnim sprintovima (JSP 0 = 7,62 %; 1 = 9,82 %; 2 = 9,95 %; 3 = 13,25 %, $p < 0,05$; i 4 = 14,67 %, $p < 0,05$). Što ukazuje na to da akutni umor značajno pridonosi veličini indeksa asimetrije.

Iako postojeća istraživanja globalnih asimetrija mjerenih unilateralnim zadacima pokazuju značajnu razliku između dominantne i nedominantne noge kod različitih zdravih sportaša u različitim tipovima testova i parametrima, kada je razlika izražena u asimetriji ona je većinom < 10%. Nadalje, možemo zaključiti da žene pokazuju veću globalnu asimetriju od muškaraca te isto tako slabiji sportaši od jačih u različitim testovima skokova i parametrima. Također, globalna asimetrija je zavisna o sportu, testu, parametru, načinu određivanja dominacije ekstremiteta i

zamoru te da unilateralni testovi pokazuju veće asimetrije od bilateralnih. Isto tako, da u svrhu smanjivanja asimetrija možemo koristiti strategiju treninga s dvostruko većim volumenom na slabijoj nozi te da prva noga s kojom se započinje serija vježbe uvijek bude slabija.

2.5. ODNOS ASIMETRIJA I SPOSOBNOSTI

2.5.1. Odnos asimetrija jakosti/snage i skokova

Impellizzeri i sur. (56) su pronašli značajnu i veliku povezanost između asimetrija bilateralnog nožnog potiska (*eng. leg press*) i vertikalne sile tijekom bilateralnog skoka s pripremom ($r = 0,83$, $p < 0,001$). Nadalje, Bailey i sur. (64) su na sveučilišnim sportašima izmjerili malu do srednju negativnu povezanost između indeksa asimetrije vršne sile mjerene s bilateralnim izometričkim vučenjem s kuka (dvije platforme) i različitih parametara tijekom različitih vertikalnih skokova (visina skoka iz čučnja ($r = -0,52$, $p < 0,01$) i skoka iz čučnja s 20 kg ($r = -0,39$, $p < 0,01$); vršne snage tijekom skoka iz čučnja ($r = -0,43$, $p < 0,01$), i skoka iz čučnja s 20 kg ($r = -0,34$, $p < 0,05$); visine jednonožnog skoka s pripremom ($r = -0,47$, $p < 0,01$) i jednonožnog skoka s pripremom s 20 kg ($r = -0,49$, $p < 0,01$); vršne snage jednonožnog skoka s pripremom ($r = -0,28$, $p < 0,05$) i jednonožnog skoka s pripremom s 20 kg ($r = -0,34$, $p < 0,05$), što ukazuje na potencijalni negativni utjecaj asimetrija na izvedbu skokova. Maloney i sur. (70) su na rekreativnim sportašima pronašli prosječnu asimetriju od 17,8% u krutosti noge tijekom jednonožnog dubinskog skoka, no asimetrija u visini skoka nije imala značajnu povezanost s vertikalnom krutosti ($r = -0,01$; $p = 0,96$), krutosti gležnja ($r = 0,21$; $p = 0,40$) i koljena ($r = 0,004$; $p = 0,98$). Tome u prilog ide i studija Raya-Gonzales i sur. (63) koji nisu pronašli nikakvu značajnu povezanost između asimetrija ekscentrične jakosti jednonožnog lateralnog čučnja te različitih parametara tijekom Abalakov testa (jednonožni vertikalni skok) i sunožnog skoka s pripremom ($r = -0,43 - 0,42$, $p > 0,05$). Takve različite podatke možemo pripisati različitim testovima (unilateralnim i bilateralnim) za određivanje veličine asimetrija no iz rezultata možemo vidjeti tendenciju negativnog utjecaja asimetrije na izvedbu u skokovima.

2.5.2. Odnos asimetrija i izvedbe promjene smjera kretanja

Postoji izraženo vjerovanje da će jači ekstremitet dovesti do bolje izvedbe kod iste strane tijekom promjene smjera kretanja. Pa su tako, Yanci i sur. (87) pokazali značajnu povezanost ($r = -0,36 - 0,62$) između različitih horizontalnih (jednonožni skok u dalj, jednonožni troskok i jednonožni dubinski skok u dalj) i vertikalnih (jednonožni skok iz čučnja, jednonožni skok s

pripremom, jednonožni dubinski skok) skokova s različitim testovima brzine (5,10, 20 m sprint) i promjene smjera (T-test, 20 jardi, 180°). Do sličnih podataka su došli Thomas i sur. (107) koji su na različitim sportašima/cama pronašli značajnu povezanost između izvedbe u različitim testovima jakosti i snage (jednonožni skok s pripremom, jednonožni skok u dalje, izometričko vučenje s kuka i ekscentrična ekstenzija koljena) i promjene smjera kretanja ($r = -0,43 - -0,67$) te deficita promjene smjera kretanja ($r = -0,24 - -0,45$). Isti autori (191) dokazali su da brža lijeva i desna izvedba u promjeni smjera od 180° je u vezi s većom unilateralnom maksimalnom izometričkom silom ($r = -0,47 - -0,65$) kod muških igrača kriketa. Nadalje, Lockie i sur. (57) su pronašli srednju do veliku povezanost ($r = -0,37 - -0,54$) kod dominantne i nedominantne noge između jednonožnih horizontalnih skokova i testa promjene smjera za 180°. Dok su, Meylan i sur. (188) pronašli da je ta povezanost zavisna o spolu i ekstremitetu, pa su tako pokazali da visina jednonožnog skoka s pripremom ima malu povezanost s brzinom promjene smjera kretanja kod muškaraca ($r = -0,25$), ali srednju povezanost kod žena ($r = -0,49$) kada se promjena događa preko dominantne noge, a srednju i veliku povezanost preko nedominantne noge ($r = -0,41$ i $-0,52$). Manju razinu povezanosti su pronašli, Castillo-Rodriguez i sur. (192) koji su dokazali da je visina jednonožnog skoka s pripremom desne noge u srednjoj ($r = -0,47$) i lijeve noge u niskoj ($r = -0,21$) povezanosti promjenom smjera kretanja pod 180°. Rouissi i sur. (121), koji su promjenu smjera kretanja radili pod više različitih kutova, su na nogometašima dokazali značajnu ($p < 0,01$) razliku u promjeni smjera kretanja između dominantne i nedominantne strane po kutovima od 45° (ES = 0,26), 90° (ES = 0,26), 135° ($p = 0,25$) i 180° (ES = 0,25). Isto tako su dokazali značajnu povezanosti između jakosti abdukcije kuka dominantne noge i promjene smjera preko dominantne noge pod kutom od 45° ($r = -0,39$), 135° ($r = -0,38$), 180° ($r = -0,4$) te nedominantne noge pod kutom od 90° ($r = -0,49$) i 180° ($r = -0,35$), no nisu pronašli nikakvu značajnu povezanost između jakosti adukcije i abdukcije kuka nedominantne noge i nedominantne strane promjene smjera kretanja u svim kutovima.

Iz tih rezultata možemo zaključiti da je dominacija promjene smjera kretanja zavisna o testu, klasifikaciji (lijeva/desna, dominantna/nedominantna), spolu te sportu. Također da je povezanost između jakosti/snage i promjene smjera kretanja te korespondencija u dominaciji između testova jakosti/snage i promjene smjera također zavisna o gore navedenima faktorima.

Iako bi se moglo očekivati da bi simetrija u jakosti/snazi pozitivno utjecala na zaustavljanje i propulziju tijekom promjene smjera kretanja, konfliktni su rezultati kada se gleda utjecaj asimetrija različitih testova mišićne jakosti/snage na promjenu smjera kretanja.

Dva su se rada do sada bavila odnosima lokanih asimetrija jakosti i izvedbe u promjeni smjera kretanja. Prvi je od Lockie i sur. (109) koji su dokazali značajnu razliku između brže i sporije grupe u T-testu u asimetriji jakosti koncentrične ekstenzije koljena ($240^\circ/\text{s}$) ($11,74 \pm 8,65\%$: $4,13 \pm 4,34\%$, $p = 0,032$) te ekscentrične fleksije koljena ($30^\circ/\text{s}$) ($5,64 \pm 4,10\%$:- $12,41 \pm 7,55\%$, $p = 0,034$). Također u pokazali značajnu povezanost između izvedbe u T-testu i asimetrije u vršnom momentu sile koncentrične ekstenzije koljena ($240^\circ/\text{s}$) ($r = -0,568$, $p = 0,002$), ekscentrične fleksije koljena ($30^\circ/\text{s}$) ($r = 0,669$, $p = 0,005$) te radu tijekom ekscentrične fleksije koljena ($30^\circ/\text{s}$) ($r = 0,638$, $p = 0,008$). Tom istraživanju u prilog ide i rad Coratella i sur. (60) koji su na elitnim nogometašima dokazali značajnu srednju povezanost ($r = 0,397 - 0,614$, $p < 0,05$) između asimetrija u jakosti koljena (koncentrična i ekscentrična fleksija i ekstenzija koljena (30 i $300^\circ/\text{s}$)) i izvedbe u promjeni smjera kretanja (T-test i 180°). Rezultati su većinom konzistentni i idu u prilog tomu da asimetrija lokalne jakosti koljena negativno utječe na izvedbu u promjeni smjera kretanja. Jedini rezultat koji se ne slaže je onaj iz rada Lockie i sur. koji pokazuje negativnu povezanost između asimetrija koncentrične jakosti ekstenzije koljena i izvedbe u T-testu, odnosno da asimetrija u jakosti koljena pozitivno utječe na izvedbu u promjeni smjera kretanja.

Puno veći broj dosadašnjih radova se bavio odnosom globalnih asimetrija i izvedbe u promjeni smjera kretanja. Odnosom globalnih asimetrija jakosti i izvedbe u promjeni smjera kretanja prvi se počeo baviti Chiang (53), no ta tema je bila samo dio njegove doktorske disertacije. Istraživao je povezanost između asimetrije u jakosti sunožnog izometričnog vučenja s kuka i izvedbe u promjeni smjera kretanja (180°). Nije pronašao nikakvu razliku u izvedbi promjene smjera kretanja između više i manje asimetrične grupe. Možemo primijetiti da je nedostatak te studije bilateralnost testa jakosti, no kada su Dos Santos i sur (85) riješili taj nedostatak s jednonožnim izometričkim vučenjem s kuka pronašli su značajnu razliku između dominantne i nedominantne noge u promjeni smjera kretanja za 180° ($p < 0,001$, ASI = $-3,8 \pm 3,3\%$), vršnoj sili ($p < 0,001$, ASI = $5,8 \pm 3,7\%$), impulsu prvih 200 ms ($p < 0,001$, ASI = $10,3 \pm 9,2\%$) i impulsu prvih 300 ms ($p < 0,001$, ASI = $10,2 \pm 10,8\%$) tijekom jednonožnog izometričkog vučenja s kuka. No nijedan od parametara nije pokazao značajnu razliku između lijeve i desne noge. Također, nisu pronašli značajnu

povezanost između asimetrija u različitim parametrima tijekom izometričkog vučenja i izvedbe promjene smjera kretanja ($r \leq -0,35$, $p \geq 0,380$) te je samo 40-60 % ispitanika pokazalo korespondenciju između asimetrija promjene smjera kretanja i različitih parametara izometričkog vučenja s kuka. U prilog tim rezultatima ide i rad Raya-Gonzalez i sur. (63) u kojem nisu pronašli nikakvu značajnu povezanost ($p > 0,05$) između asimetrije jakosti tijekom jednonožnog izo-inercijskog testa i izvedbe u promjeni smjera kretanja. Ispitanici u istraživanju su bili vrhunski ili mladi nogometaši ili sveučilišni sportaši pa tako dosadašnja istraživanja dosljedno ne povezuju taj tip globalne asimetrije i izvedbu u promjeni smjera kretanja.

Kada je u pitanju odnos globalnih asimetrija testiranih skokovima i izvedbe u promjeni smjera kretanja dosadašnja istraživanja ne pokazuju tako jednosmjerne rezultate. Većina dosadašnjih istraživanja koja su se bavila tim odnosom ne pokazuju značajnost ili dovoljno veliku povezanost između ta dva parametra. Pa tako, Hoffman i sur. (111), na igračima američkog nogometa, nisu pronašli nikakvu značajnu povezanost između dominantne i nedominantne noge u visini jednonožnog skoka s pripremom i testa promjene smjera kretanja (90°). Dokazali su značajnu razliku ($p < 0,05$) između dominantne i nedominantne noge u visini skoka s prosječnom asimetrijom od $9,7 \pm 6,9$ %, no nikakva značajna razlika nije bila u izvedbi promjene smjera kretanja između dominante ($8,02 \pm 0,51$ s) i nedominantne ($7,97 \pm 0,51$ s) strane. Rezultati skoka s nedominantnom nogom su bili u maloj do srednjoj korelaciji s izvedbom u promjeni smjera kretanja na dominantnu ($r = -0,36$, $p < 0,05$) i nedominantnu ($r = -0,37$, $p < 0,05$) stranu. Unatoč povezanosti između skokova nedominantne noge i izvedbe u promjeni smjera kretanja nije bilo nikakve značajne povezanosti između asimetrije u skokovima i izvedbe u promjeni smjera kretanja. Isto tako, Lockie i sur. (57) na sportašima timskih sportova nisu pronašli značajnu povezanost ($r = 0,001 - 0,0189$, $p = 0,316 - 0,999$), između asimetrija različitih tipova skokova (jednonožni skok s pripremom, jednonožni skok u dalj i jednonožni lateralni skok) i testova brzine (5, 10, 20 m sprint) i promjene smjera kretanja (180° i T-test). Također su autori pronašli različite vrijednosti asimetrije za različite tipove skokova (jednonožni skok s pripremom = 10,4 %, jednonožni skok u dalje = 3,3 %, jednonožni lateralni skok = 5,1 %). Tomu u prilog ide i istraživanje Dos Santos i sur. (85) koji na sveučilišnim sportašima nisu pronašli značajnu povezanost ($r \leq 0,35$) između asimetrija u jednonožnim horizontalnim skokovima (jednonožni skok u dalj i jednonožni lateralni skok) i izvedbe u promjeni smjera kretanja (90 i 180°). Također, Loturco i sur. (81), na mladim nogometašicama, nisu pronašli značajnu povezanost ($r = -0,41 -$

0,36, $p > 0,05$) između asimetrije u različitim parametrima (visina, vršna sila i vršna snaga) tijekom vertikalnih sokova (jednonožni skok iz čučnja i jednonožni skok s pripremom) i izvedbe u promjeni smjera kretanja (Zig-Zag test). Dok Fort-Vanmeerhaeghe i sur. (61) na mladim muškim i ženskim sportašima, nisu pronašli značajnu povezanost između asimetrije u visini jednonožnog skoka s pripremom i rezultata u „V-cut“ testu promjene smjera kretanja

Na drugu stranu, postoje istraživanja koja potvrđuju postojanje odnosa između različitih parametara asimetrija jednonožnih skokova i izvedbe u promjeni smjera kretanja. Pa su tako, Maloney i sur. (71) asimetrijom vertikalne krutosti i visinom skoka opisali su 63 % varijance rezultata u promjeni smjera kretanja (90° - dvije vezane promjene) ($p = 0,001$). Kada su podijelili ispitanike u brže i sporije, grupa bržih sportaša je imala značajno manje asimetrije u visini jednonožnog dubinskog skoka ($f = 6,02$; $p = 0,026$), no nedostatak istraživanja je da ispitanici nisu bili vrhunski već rekreativni sportaši. Bishop i sur. (75) su kod nogometašica pronašli asimetrije u visini jednonožnog skoka s pripremom ($8,65 \pm 5,98 \%$), jednonožnog dubinskog skoka ($9,16 \pm 5,87 \%$), vremenu na podlozi tijekom jednonožnog dubinskog skoka ($4,42 \pm 3,18 \%$), indeksu reaktivne jakosti tijekom jednonožnog dubinskog skoka ($7,79 \pm 5,72 \%$) te promjeni smjera kretanja (180°) ($2,39 \pm 1,64 \%$). Također su pronašli značajnu povezanost između asimetrije u visini jednonožnog dubinskog skoka i izvedbe sprinta 30 m ($r = 0,58$, $p < 0,05$) te promjene smjera u lijevu ($r = 0,66$, $p < 0,01$) i desnu ($r = 0,52$, $p < 0,05$) stranu. Ista grupa autora (84) je na vrhunskim mladim nogometašima pronašla značajnu povezanost ($r = 0,65$, $p = 0,003$) između asimetrije u visini jednonožnog skoka s pripremom i izvedbe u promjeni smjera kretanja (180°).

Iz dosadašnjih istraživanja koja su se bavila odnosom asimetrija na lokalnoj i globalnoj razini i izvedbe u promjeni smjera kretanja možemo vidjeti kontradiktorne rezultate. To možemo pripisati širokom spektru ispitanika od rekreativaca do sveučilišnih sportaša i vrhunskih nogometaša. Također, većina istraživanja je klasificirala udove prema dominaciji udaranja lopte, što daje grešku u veličini i varijabilnosti samih asimetrija. Isto tako i odabir jednadžbi izračuna asimetrija je različit. Takva nekonzistentnost izračuna, klasifikacije i široki spektar populacije daje kontradiktorne rezultate samog odnosa između globalnih asimetrija jakosti i snage te izvedbe u promjeni smjera kretanja. No ono što je jednako svim radovima je da su varijancu izvedbe promjene smjera kretanja pokušali opisati samo s jednim tipom i/ili parametrom asimetrije.

2.6. ODNOSI MEĐU ASIMETRIJAMA

Dosadašnja istraživanja koja su se bavila asimetrijama proučavala su ih iz konteksta njihove povezanosti s ozljedama (193) ili njihovog utjecaja na sportsku izvedbu (194). Mali je broj studija koji se bavio odnosom asimetrija između različitih zadataka, sposobnosti i razina (lokalna i globalna). Većina dosadašnjih studija koje su imale takvu temu kao dio svojih istraživanja one nisu bile primarni cilj istih.

Prema pregledanoj literaturi, prvo istraživanje koje se bavilo takvim odnosom je ono Newton i sur. (58) koji su na „softball“ igračicama dokazali odnose između asimetrija u različitim parametrima na lokalnoj i globalnoj razini. Asimetrija u vršnom momentu sile fleksije koljena ($60^\circ/\text{s}$) je bila u značajnoj povezanosti s prosječnom i vršnom silom tijekom čučnja s 80% 1RM ($r = 0,674$ i $0,618$, $p < 0,01$). Također su dokazali povezanost između asimetrije u vršnoj sili tijekom skoka s pripremom i vršnom momentu sile fleksije koljena ($240^\circ/\text{s}$) ($r = 0,768$, $p < 0,01$). Iako su autori koristili i jednonožni test (jednonožni skok s pripremom), asimetrije u njegovim parametrima nisu bile značajno povezane s asimetrijama u ostalim testovima. Slične rezultate su dobili Impellizzeri i sur. (56), koji su dokazali povezanost između asimetrija u visini skoka s pripremom i vršnom momentu ekstenzije koljena pri brzini od $60^\circ/\text{s}$ ($r = 0,48$, $p < 0,001$) i $240^\circ/\text{s}$ ($r = 0,48$, $p < 0,001$). Također su dobili značajno visoku povezanost između asimetrija u visini skoka s pripremom i vršne sile izometričkog nožnog potiska na mašini ($r = 0,83$, $p < 0,001$). Nadalje, važan rad za daljnja istraživanja odnosa među asimetrijama su napravili Menzel i sur. (6) koji su radili faktorsku analizu na rezultatima asimetrija u različitim parametrima skoka s pripremom (vršna sila, vršna snaga i impuls) i koncentrične ekstenzije koljena pri brzini od $60, 180, 300^\circ/\text{s}$ (vršni moment sile i rad). Dva nezavisna faktora (F1 i F2) su opisivala 78 % ukupne varijance, u kojemu je F1 bio pod utjecajem varijabli izokinetičkih testova, a F2 po utjecajem varijabli skoka s pripremom. Čime su potvrdili da je za utvrđivanje asimetrije potrebno više od jednog testa. Slične rezultate samo na netreniranim ispitanicima su dobili Maly i sur. (90) koji su pronašli povezanost između asimetrija unutar samih testova lokalne jakosti koljena (vršni moment fleksije i ekstenzije pri $60, 120, 180, 240, 300^\circ/\text{s}$) ($r = 0,458 - 0,674$, $p < 0,01$) i visine skoka s pripremom ($r = 0,630$, $p < 0,01$). Nadalje, Bell i sur. (47) su pokazali da asimetrija u mišićnoj masi kuka, potkoljenice i natkoljenice opisuju 25 % varijance asimetrije u vršnoj sili skoka s pripremom ($R^2 = 0,25$, $p < 0,001$). Također u prilog tim istraživanjima ide rad Bailey i sur. (66) koji su proučavali prijenos asimetrija između različitih

bilateralnih testova (izometričko vučenje s kuka, skok s pripremom i skok iz čučnja) te dokazali značajnu povezanost između asimetrija parametara unutar samih testova ($r = 0,568 - 0,957$, $p < 0,01$) i između asimetrija u različitim skokovima ($r = 0,506 - 0,834$, $p < 0,05$), no kada je u pitanju povezanost među testovima jedino je asimetrija u gradijentu sile tijekom izometričkog vučenja s kuka bila značajno povezana s distribucijom težine tijela tijekom skokova ($r = 0,416 - 0,589$, $p < 0,05$).

Gore navedeni radovi su prvi radovi koji su se bavili odnosom asimetrija između testova/sposobnosti/razina. Iako su većinom konzistentni u pokazivanju postojanja povezanosti, njihove rezultate moramo uzeti sa zadržkom zbog nedostatka unutar istraživanja. Ti nedostaci su bilateralnost svih testova te klasifikacija udova na lijevu i desnu te dominantnu i nedominantnu, a ne bolju i lošiju nogu.

Novije studije koje su mjerile veličinu asimetrija putem jednonožnih testova ne pokazuju toliko konzistentne rezultate. Dvije su studije koje su u svojem istraživanju imale uključeno mjerenje povezanosti između asimetrija lokalne (jakost koljena) i globalne (skokovi) razine. Pa su tako Kobayashi i sur. (67) dokazali značajnu povezanost između asimetrija u lokalnoj jakosti koljena (vršni moment ekstenzije pri $180^\circ/s$) i maksimalnog kuta fleksije koljena tijekom jednonožnog skoka s pripremom ($r = 0,88$, $p < 0,01$), no nisu pronašli niti jednu drugu vezu između asimetrija u kinetičkim i kinematičkim parametrima jednonožnog skoka s pripremom i lokalne jakosti koljena (koncentrična fleksija i ekstenzija pri 60 , $180^\circ/s$). Također odnosom asimetrija lokalne jakosti koljena (koncentrična fleksija i ekstenzija pri brzini od 60 i $300^\circ/s$) i visine vertikalnih skokova (jednonožni i sunožni skok iz čučnja i skok s pripremom) su se bavili Loturco i sur. (82) te su dobili značajnu povezanost samo između asimetrija u vršnom momentu koncentrične fleksije koljena pri $60^\circ/s$ i visini jednonožnog skoka s pripremom ($r = 0,61$, $p < 0,05$). Također su mjerili odnos između asimetrija u različitim parametrima TMG-a i gore navedenih jednonožnih skokova te dobili značajnu negativnu povezanost između asimetrija visine jednonožnog skoka s pripremom i maksimalne amplitude ($r = -0,54$, $p < 0,05$) i brzine kontrakcije ($r = -0,58$, $p < 0,05$) mišića fleksora koljena (*lat. biceps femoris*). Nedostatak obje studije je klasifikacija udova dominantan/nedominantan te je jedna skupina autora određivala dominaciju pucačkom, a druga odraznom nogom. No unatoč tim nedostacima, iz gore navedenih rezultata možemo zaključiti da

postoji određeni odnos između asimetrija lokalne jakosti koljena i globalne odrazne snage kada se asimetrija kvantificira putem jednonožnih testova.

Asimetrije među parametrima lokalne jakosti fleksije i ekstenzije koljena (izometrički režim rada (vršni moment sile, gradijent sile, skalarni faktor gradijenta sile; koncentrični režim rada pri 240°/s (vršni moment sile)) proučavali su Boccia i sur. (62). Prosječne asimetrije maksimalne jakosti su bile u rasponu od 6,0 do 12,1 %, dok su prosječne asimetrije gradijenta momenta sile i skalarnog faktora gradijenta momenta sile bile u rasponu od 8,5 do 17,7 %. Što dokazuje da parametri vezani za gradijent sile prikazuju veće asimetrije od parametara maksimalne jakosti. Nadalje, autori su dokazali značajnu povezanost između asimetrija skalarnog faktora gradijenta sile i vršnog momenta koncentrične ekstenzije ($r = 0,61$, $p = 0,009$) i gradijenta sile fleksije ($r = 0,56$, $p = 0,017$) koljena.

Dvije studije koje su se bavile odnosima asimetrija funkcionalnih zadataka i jednonožnih testova jakosti i snage te su pokazale mali broj srednje povezanosti među asimetrijama. Fort-Vanmeerhaeghe i sur. (54) na mladim košarkašicama proučavali odnos između asimetrija u jednonožnim skokovima (jednonožni skok s pripremom, jednonožni dubinski skoka i jednonožni lateralni skok) i balansa (Zvezdastog testa balansa) te su dobili značajnu povezanost samo između asimetrija u visini jednonožnog skoka s pripremom i posteriornom medijalnog pokreta tijekom testa balansa ($r = 0,454$, $p < 0,05$). Dok su Willigenburg i sur. (92) na sveučilišnim igračima američkog nogometa istraživali povezanost između asimetrija u FMS-u (*eng. Functional Movement Screen*) i lokalne jakosti koljena (koncentrična fleksija pri 60 i 300 °/s) i kuka (izometrička abdukcija i vanjska rotacija) te horizontalnih skokova (jednonožni skoka u dalj, jednonožni troskok, jednonožni zig-zag skok i vremenski mjereni jednonožni skok 6 metara)). Dobili su značajnu povezanost samo između asimetrija u FMS-u i vremenski mjenom jednonožnom skoka 6 metara ($r = 0,44$, $p < 0,05$). Iako su pronađene određene povezanosti među testovima asimetrija, njihov broj u odnosu na količinu testova i parametara je mali te je niska razina povezanosti, pa je zbog toga i odnos upitan.

Odnosom između asimetrija globalne jakosti mjerene izometričkim vučenjem s kuka i parametara jakosti i snage u jednonožnim skokovima (jednonožni skoka s pripremom i jednonožni skok u dalj) na mladim košarkašima proučavali su Thomas i sur. (110). Iako su dobili značajnu razliku između

veće i manje vrijednosti ($p < 0,05$; $ES = 0,40 - 0,98$) u svim parametrima svih testovima, značajna povezanost među istima dokazana je samo između asimetrija vršne sile tijekom izometričkog vučenja s kuka i dužine jednonožnog skoka u dalj ($r = 0,75$, $p < 0,01$). Nedostatak ove studije je što se asimetrija izražavala kao omjer veće i manje vrijednosti. Dos Santos i sur. (85) nisu pronašli nikakvu značajnu povezanost ($r \leq -0,35$, $p \geq 0,380$) između asimetrija parametara jednonožnog izometričkog vučenja s kuka (vršna sila, impuls u prvih 200 i 300 ms) i asimetrije u testovima promjene smjera kretanja (90 i 180°). Nedostatak te studije je klasifikacija udova na dominantnu i nedominantnu te odabir indeksa asimetrija sukladno tome.

Odnosima asimetrija između različitih parametara (visina, vršna sila, vršna snaga i sila tijekom doskoka) i vrste skokova (jednonožni i sunožni skok s pripremom i skok iz čučnja) na mladim nogometašicama su se bavili Loturco i sur. (81). Jedina značajna i to negativna povezanost između različitih skokova je bila između asimetrija vršne sile tijekom jednonožnog skoka iz čučnja i sile doskoka tijekom jednonožnog skoka s pripremom ($r = -0,64$, $p < 0,05$). Pronašli su niz značajnih povezanosti između parametara unutar istog skokova ($r = 0,50 - 0,87$, $p < 0,05$). Iz navedene negativne povezanosti između dva različita skoka ne možemo izvući relevantan zaključak. No nedostatak povezanosti između različitih tipova skokova dokazuje da za utvrđivanje asimetričnosti tijela je potreban niz testova. Također, da postoji srednja do visoka povezanost među parametrima u jednom skoku, to dokazuje i istraživanje Maloney i sur. (70), koji su na rekreativcima pokazali da asimetrija vertikalne krutosti gležnja i indeks reaktivne jakosti tijekom jednonožnog dubinskog skoka opisuje 79 % varijance asimetrije ukupne krutosti tijekom istoga ($R^2 = 0,79$; $p < 0,001$).

Odnosima asimetrija jakosti/snage i promjene smjera kretanja bavila su se dva istraživanja. Nijedno od istraživanja nije dokazalo značajnu povezanost između asimetrija. Prvo ono Bishop i sur. (75) koji su na nogometašicama istraživali povezanost između asimetrija u skokovima jednonožnog skoka s pripremom i jednonožnog dubinskog skoka te promjeni smjera kretanja za 180° ($r = -0,24 - 0,45$, $p > 0,05$), no asimetrija u nijednom testu nije bila preko 10 %. Raya-Gonzalez i sur. (63) su na mladim nogometašima mjerili asimetrije u Abalakov testu (jednonožni vertikalni skok), globalnoj izo-inercijskoj jakosti te promjeni smjera kretanja za 90° (5 m, 10 m zalet). Iako su prosječne asimetrije u različitim testovima bile 3,05 % - 21,68 %, iste nisu pokazale značajnu povezanost među sobom ($r = 0,03 - 0,40$, $p > 0,05$).

Iz gore navedenih studija možemo zaključiti da kada su u pitanju odnosi među asimetrijama većina studija se bavila odnosima među asimetrijama na istoj razini, lokalnoj ili globalnoj. Dosadašnja istraživanja koja su se bavila istraživanjima odnosima asimetrija među razinama, zadacima i sposobnostima pokazuju nekonzistentne rezultate. Zbog raznolikosti metoda za izračun asimetrija i populacija na kojima su iste mjerene ne možemo dati unificiran zaključak. No dosadašnja istraživanja su pokazala postojanje odnosa između lateralnih asimetrija lokalne jakosti koljena i parametara asimetrija u bilateralnim zadacima jakosti i snage. No niti jedna studija nije imala za primarni cilj određivanje odnosa među asimetrijama, pa s toga možemo zaključiti da je to neistraženo područje.

2.7. UVOD U PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Dosadašnja istraživanja su proučavala asimetrije većinom iz aspekta ozljeda, dok je manjak istraživanja koja su se bavila odnosima među asimetrijama i asimetrija i motoričkih sposobnosti.

Nadalje, metodološkim problemima kao što su različite klasifikacije udova kao lijevi/desni, dominantan/nedominantan, jači/slabiji, vještiji/nevještiji, različitost korištenih jednadžbi za izračun asimetrije s kojima dobivamo drugačije rezultate asimetrija na istim rezultatima testova, različite vrste motoričkih testova (bilateralni i unilateralni) za testiranje veličine asimetrija te proizvoljnost u određivanju normativa simetrije možemo pripisati kontradiktornost dosadašnjih rezultata istraživanja koja su se bavila asimetrijama u polju kineziologije. Isti problemi su uzrokovali drugačiju interpretaciju asimetrija među autorima, pa tako i utvrđivanje normativa simetrije. Također veliki postotak dosadašnjih istraživanja je rađen na nogometnoj populaciji što daje nedovoljno razumijevanje asimetrija na drugim sportskim populacijama.

Lokalne asimetrije su do sada bile proučavane većinom na distalnim dijelovima tijela (koljeno i gležanj), dok su proksimalni dijelovi tijela (kuk i trup) uglavnom ostali zanemareni. Također asimetrije lokalne jakosti su većinom mjerene koncentričnim i ekscentričnim režimom rada pod različitim brzinama, dok je izometrični režim rada zapostavljen. Dok su istraživanja koja su mjerila asimetrije lokalne jakosti izometričkim režimom rada mjerene uz pomoć ručnog dinamometra. Te rezultate moramo uzeti sa zadržkom zbog već gore navedenih metodoloških manjkavosti. Isto tako, postoji zanemarenost istraživanja koja su proučavala lokalne lateralne asimetrije opsega pokreta i različitih parametara snage (npr. gradijent sile). Također, mali je broj studija koja je proučavala odnose lokalnih asimetrija jakosti s ostalim sposobnostima ili drugim vrstama i razinama asimetrija.

Većina dosadašnjih istraživanja koja su se bavila asimetrijama mjerila su asimetrije putem globalnih testova snage (horizontalni i vertikalni skokovi, izometrička vučenja s kuka te ostale vrste zadaka za koji su autori smatrali da reprezentiraju sportske kretnje). Veliki broj tih istraživanja, posebno ranih, su mjerili globalne asimetrije putem bilateralnih testova, čije rezultate i zaključke moramo uzeti sa zadržkom, zbog već navedenih razloga. Dok kasnija istraživanja, koja su mjerila globalne asimetrije jakosti i snage unilateralnim testovima, pokazuju nekonzistentne i kontradiktorne rezultate.

Pošto je asimetrija do sada najviše bila proučavana iz aspekta njenog odnosa sa sportskim ozljedama, odnosi asimetrija i sportske izvedbe je relativno novo i neistraženo područje. Pa zbog toga i gore navedenih metodoloških problema rezultati su kontradiktorni i ne daju dovoljno informacija za pragmatične zaključke. Isto tako, pitanje odnosa asimetrija među sposobnostima, razinama i parametrima su rađena kao korespondencija između dominacije udova, ali ne kao povezanost između samih asimetrija. Istraživanja koja su proučavala odnose između samih asimetrija nisu to radile kao primarni cilj svih istraživanja, iz čega možemo zaključiti da je to novo i neistraženo područje u polju asimetrija.

Problem ovog istraživanja je odnos šireg spektra asimetrija te njihov utjecaj na sportsku izvedbu na košarkaškoj populaciji.

3. CILJ I HIPOTEZE

Temeljni cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj lokalnih asimetrija (trup i kuka) i globalnih asimetrija (skokovi) na izvedbu i asimetrije kompleksnih gibanja (brza promjena smjera kretanja). Dodatni ciljevi istraživanja su utvrditi povezanost između lokalnih i globalnih asimetrija te lokalnih asimetrija i asimetrija u kompleksnim gibanjima.

Hipoteze:

H1 - Postoji povezanost između lokalnih asimetrija jakosti i opsega pokreta kuka i trupa i asimetrije u odraznoj snazi nogu

H2 - Postoji povezanost između lokalnih asimetrija jakosti i opsega pokreta kuka i trupa i asimetrije u brzini promjene smjera kretanja

H3 - Postoji povezanost između asimetrija u odraznoj snazi nogu i asimetrije u brzini promjene smjera kretanja

H4 - Lokalne asimetrije jakosti i opsega pokreta kuka i trupa te globalne asimetrije odrazne snage nogu utječu na rezultat u brzini promjene smjera kretanja

H5 - Lokalne asimetrije jakosti i opsega pokreta kuka i trupa te globalne asimetrije odrazne snage nogu utječu na asimetriju u brzini promjene smjera kretanja

*Zbog općenitosti hipoteza postoji vjerojatnost djelomičnog prihvatanja istih koje će se naknadno elaborirati u diskusiji.

4. METODE ISTRAŽIVANJA

Ovo istraživanje je dio projekta po nazivom „Telesne asimetrije kot dejavnik tveganja za nastanek mišično-skeletnih poškodb: proučevanje mehanizmov nastanka in razvoj korektivnih ukrepov za njihovo odpravljanje s ciljem primarne in terciarne preventve (TELASI-PREVENT)“ koji je odobren i sufinanciran od strane Javne agencije za znanstvenu djelatnost republike Slovenije (L5-1845).

Povjerenstvo za rad i etiku Kineziološkog fakulteta u Sveučilišta u Zagrebu je potvrdilo da istraživanje poštuje i primjenjuje etička načela i dalo suglasnost za njegovo izvođenje. (Prilog 2.)

4.1. UZORAK ISPITANIKA

U eksperimentu dobrovoljno je sudjelovalo 43 vrhunska košarka iz tri košarkaška kluba (KK Koper Primorska, KK Cedevita Zagreb, KK Cibona Zagreb). Košarkaši su članovi seniorskih (n = 17) i juniorskih (n = 26) momčadi svojih klubova. Košarkaši u dobi od 15 do 19 godine članovi su juniorske momčadi te igraju jednu utakmicu tjedno. Košarkaši od 19 do 36 godine članovi su seniorske momčadi te igraju dvije utakmice tjedno. Svi košarkaši treniraju između 18 i 24 sata tjedno te imaju najmanje godinu dana iskustva u treningu s utezima. Osnovi deskriptivni podaci ispitanika su prikazani dolje u tablici 3.

Tablica 3. Osnovni podaci ispitanika

	N	Minimum	Maksimum	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
starost (godina)	43	15,32	35,05	20,54	6,09
masa (kg)	43	66,00	103,90	86,77	10,13
visina (cm)	43	180,00	208,00	194,48	7,19
masno tkivo (%)	43	4,70	20,40	13,49	3,60
mišićna masa (kg)	43	51,80	733,00	87,14	101,25

Svi sudionici ovog istraživanja dobili su pisano objašnjenje o ovom istraživanju te na koji način će njihovi podaci biti čuvati. Također su svi sudionici potpisali pristanak za sudjelovanje u ovom istraživanju (Prilog 1.). Ako su sudionici bili maloljetni, pristanak su dodatno potpisali njihovi roditelji ili skrbnici.

Isključujući kriteriji su bili dob mlađa od 15 godina, sindrom boli u posljednjih 3 mjeseca, ozlijede koje podrazumijevaju teže operativne zahvate i/ili odsutnost od treninga dulje od mjesec dana u posljednjih godinu dana. Uključujući kriterij je bio minimalno bavljenje košarkom od 3 godine.

4.2. MJERENJE

Izvedba baterije testova za svakog ispitanika je trajala oko 180 minuta. Mjerenje je izvela skupina dobro utreniranih doktorskih studenata koji su u posljednjih 12 mjeseci pod nadzorom vođe projekta sudjelovali na nekoliko sličnih mjerenja. Mjerenje je izvedeno za vrijeme reprezentativne pauze po vodstvom prof. dr. sc. Nejca Šarabona. Mjerenja su izvedena u tri navrata, po jedan za svaki klub. Sva mjerenja su izvedena u klupskim dvoranama klubova kojih su ispitanici članovi.

Nakon što su se ispitanici sakupili, opisan im je tijek mjerenja i cilj istraživanja. Nakon toga su potpisali informirani pristanak sudjelovanja. Za maloljetne ispitanike su to prethodno potpisali roditelji ili skrbnici. Nakon ispunjavanja pristanka prikupljene su informacije o dominantnoj (pisaćoj) ruci i nozi ispitanika. Dominantna noga je bila definirana kao odrazna noga. Te također izmjerena im je visina, težina, potkožno masno tkivo i funkcionalna dužina noge.

Nakon antropometrijskih mjerenja je slijedilo 15-minutno zagrijavanje koje se sastojalo od uvodnog rastrčavanja, laganog dinamičkog istezanja, vježbi mobilizacije i aktivacije s vlastitom težinom. Nakon toga smo randomizirano podijelili ispitanike u 4 postaje: (i) skokovi, (ii) promjena smjera kretanja, (iii) jakost kuka i trupa, (iv) opseg pokreta kuka i trupa. Ispitanici su kružili po postajama dok nisu napravili sva mjerenja. Detalji mjerenja su opisani u nastavku.

4.2.1. Jakost trupa i kuka

Mišićnu jakost smo odredili kao izometričnu maksimalnu voljnu kontrakciju u željenom naprezanju trupa i kuka pomoću posebno dizajniranih elektronskih dinamometara (S2P d.o.o., Ljubljana, Slovenija). Pri svakoj izvedbi ispitanici su bili usmjereni da što brže dostignu maksimalnu silu te ju zadrže 3-5 sekundi. Ispitanike smo glasovno podupirali tijekom svih ponavljanja. Svaki od testa ispitanik je izveo tri puta s 20 sekundi odmora između ponavljanja. Za daljnju analizu su uzeti najveći moment sile i gradijent sile u intervalu od 100 milisekundi.

4.2.1.1. Jakost trupa

Jakost trupa je mjerena kao najveći moment sile (Nm/kg) tijekom vremenskog intervala od jedne sekunde za vrijeme izvođenja maksimalne voljne kontrakcije fleksije, ekstenzije i lateralne fleksije trupa. Sve akcije su mjerene uz pomoć dinamometra za mjerenje sile trupa (S2P d.o.o., Ljubljana, Slovenija). Sve izlazne varijable su bile normalizirane tjelesnom težinom ispitanika. Pri mjerenju jakosti ekstenzora trupa ispitanik je stajao leđima okrenut dinamometru za trup, prikazano dolje na slici 1.A, tako da smo gornji rub donje potpore namjestili posteriorno u visini bočnog grebena (*lat. crista illiaca*), sredina gornje potpore je bila u visini grebena lopatice. Ruke su bile prekrížene na ramenima. Tijekom mjerenja jakosti fleksora trupa ispitanik je stajao licem okrenut prema dinamometru, prikazano dolje na slici 1.B., s rukama u predručenju te laktovima po kutom od 100-140°. Potpori su bili na jednakoj visini kao i tijekom ekstenzije trupa. Tijekom mjerenja lateralnih fleksora trupa ispitanik je stajao bočno okrenut dinamometru, prikazano dolje na slici 1.C. Potpori su stajali tako da je kralježnica bila u neutralnom položaju. Ruka bliža dinamometru je bila naslonjena na suprotno rame, a druga ruka je bila naslonjena na bok. Tijekom svih mjerenja jakosti mišića trupa ispitanici su bili u tenisicama i stajali sa stopalima u širini kukova. Također, tijekom svih mjerenja ispitanici su bili fiksirani pojasom koji je tekao preko bokova ili gornjeg dijela zdjelice.



Slika 1. Položaj ispitanika tijekom mjerenja jakosti trupa

4.2.1.2. Jakost kuka

Jakost kuka je mjerena kao najveći moment sile (Nm/kg) tijekom vremenskog intervala od jedne sekunde, dok je gradijent sile (Nm/s) mjerena kao prirast sile tijekom intervala od 100 ms za vrijeme izvođenja maksimalne voljne kontrakcije fleksije, ekstenzije, abdukcije, adukcije te unutarnje vanjske rotacije kuka. Sve akcije su mjerene uz pomoć dinamometra za mjerenje sile kuka (Muscleboard, S2P d.o.o., Ljubljana, Slovenija). Sve izlazne varijable su bile normalizirane tjelesnom težinom ispitanika. Tijekom svih mjerenja na dinamometru za kuk „offset“ je izveden s opuštenom nogom, nakon čega smo ispitanike usmjerili na minimalni kontakt sa senzorom (približno 5% MVC) te što brži doseg najveće sile. Kontakt noge sa senzorom, u svim mjerenjima, bio je iznad gležnja. Fleksiju i ekstenziju kuka je mjerena jednonožno. Tijekom svih mjerenja fleksije kuka ispitanik je sjedio na dinamometru s rukama u upor na tlu, prikazano dolje na slici 2.A. Mjerena noga je bila ispružena u koljenu i kuku pod kutom od otprilike 30°, dok je ne mjerena noga bila pogrčena u koljenu i kuku oslonjena na dinamometar. Tijekom mjerenja ekstenzije kuka ispitanik je ležao na dinamometru u proniranom položaju s laktovima na tlu, prikazano dolje na

slici 2.B. Mjerena noga je bila ispružena, a ne mjerena noga je bila pogrčena u koljenu po kutom od 90° . Stabilizacija je osigurana s remenom povezanim oko zdjelice.



Slika 2. A – jednoonožna fleksija kuka, B – jednoonožna ekstenzija kuka

Jakosti aduktora i abduktora kuka mjerena su sunožno. Ispitanik je sjedio na dinamometru s rukama u upor na tlu, prikazano dolje na slici 3. Noge su bile u širini bokova. Kuk je bio pod kutom od otprilike 30° . Stabilizacija je osigurana s remenom povezanim oko zdjelice.



Slika 3. A – adukcija kuka, B- adukcija kuka

Jakost unutarnjih i vanjskih rotatora kuka su mjerena sunožno. Ispitanik je bilo na dinamometru u položaju upora u klečanju, prikazano dolje na slici 4. Laktovi ispitanika su bili ispruženi s dlanovima otvorenima na dinamometru a kukovi i koljena pod kutom od 90°. Noge su bile u širini kukova.



Slika 4. A - unutarnja rotacija kuka, B - vanjska rotacija kuka

4.2.2. Opseg pokreta kuka

Opseg pokreta kuka utvrđivan je putem maksimalnog pasivnog opsega pokreta koji je mjereno uz pomoć inklinometra (Baseline, Fabrication Enterprises Inc., USA) te ručnog goniometra (Baseline, Fabrication Enterprises Inc., USA). U svrhu smanjivanja pogreške mjerenja, sva mjerenja su vršili isti mjeritelji. Prvi mjeritelj je izveo pokret, drugi je prvo označio anatomske ili nultu poziciju te nakon izvedenog pokreta izmjerio krajnju poziciju. Treći mjeritelj je zapisivao rezultate mjerenja. Svi opsezi pokreta kuka su izraženi u stupnjevima (°).

Mjerenje najvećeg pasivnog opsega fleksije kuka mjereno je s ispruženim koljenom. Inklinometar je bio postavljen na sredinu lateralne strane bedra u ravnini s osi tijela, odnosno linija između

velikog trochantera i lateralnim kondilom bedrene kosti mjenenog uda. Ispitanik je ležao na leđima te mu je nemjereni ud mu je bio ispružen u kuku i koljenu, prikazano dolje na slici 5. Oba mjeritelja su stajala na lateralnoj strani, prvi je stajao kaudalno te izvodio pokret i stabilizirao nemjereni ud, dok je drugi stajao kranijalno i mjerio opseg pokreta. Mjerenja fleksije kuka izvedena su tri puta za svaki ud posebno. Za daljnju analizu podataka uzeti su prosječni rezultati od tri mjerenja, pri čemu je rezultat izračunat kao razlika između krajnjeg i početnog položaja.



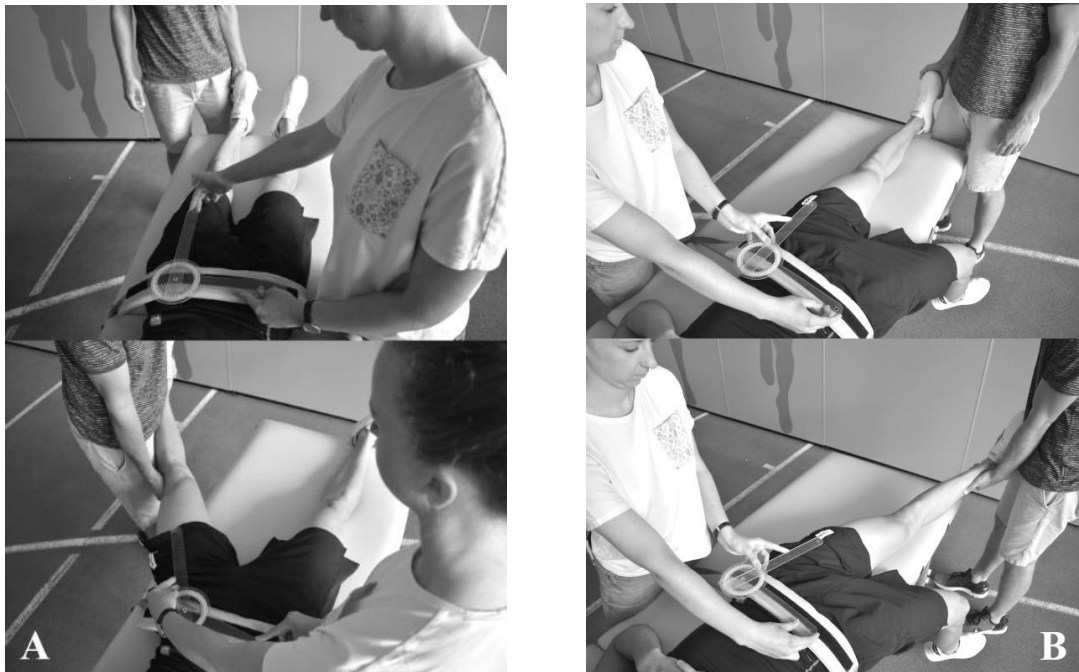
Slika 5. Opseg pokreta – Fleksija kuka (A – početna pozicija; B – završna pozicija)

Najveći pasivni opseg pokreta ekstenzije kuka mjenen je s koljenom pogrčenim pod kutom od 90°. Ispitanik je ležao na trbuhu, dok je nemjereni ud je bio ispružen u kuku i koljenu, prikazano dolje na slici 6. Prvi mjeritelj je stajao na kontralateralnoj strani te je s jednom rukom stabilizirao zdjelicu na mjenenoj strani, a s drugom rukom primio nogu s prednje strane koljena te izveo pokret do pomaka zdjelice. Zdjelica je bila dodatno stabilizirana remenom koji je prelazio preko stražnjice. Drugi mjeritelj je stajao na lateralnoj strani, prvo bi izmjerio početni položaj te nakon pokreta i završni. Inklinometar je bio postavljen na sredinu lateralne strane bedra usporedno s uzdužnom linijom tijela, odnosno linijom između velikog trochantera i lateralnog kondila bedrene kosti. Mjerenja ekstenzije kuka mjenena su tri puta. Za daljnju analizu uzet je prosječni rezultat triju mjerenja, pri čemu je rezultat izračunat kao razlika između krajnjeg i početnog položaja.



Slika 6. Opseg pokreta – Ekstenzija kuka (A – početna pozicija; B – završna pozicija)

Adukciju i abdukciju kuka smo mjerili dvokrakim ručnim goniometrom. Jedan krak goniometra bio je postavljen na *lat.spina iliaca anterior superior* (u nastavku SIAS), dok je drugi ležao na prednjoj strani bedra usmjeren prema iveru (*lat. patella*). Ispitanik je ležao na leđima, oba donja uda su mu bila ispružena u neutralnom položaju (bez unutarnje ili vanjske rotacije kuka) te je bio dodatno stabiliziran s pojasom koji je prelazio preko SIAS. Kut goniometra u početnom položaju mjenog uda je bio 90° , ako to nije bio slučaj, pokušali smo ga dosegnuti s pomicanjem donjih udova ili trupa ispitanika. Pri abdukciji kuka, prikazano dolje na slici 7 A., prvi mjeritelj je stajao na homolateralnoj strani, s jednom rukom stabilizirajući zdjelicu ne mjerene strane, dok je s drugom rukom izvodio pokret do prvog pomaka zdjelice. Drugi mjeritelj je stajao na kontralateralnoj strani i mjerio opseg pokreta. Pri adukciji kuka, prikazano dolje na slici 7 B, ne mjereni ud bio je odmaknut za $30-40^\circ$, tako da je visio sa stola s pogrčenim koljenom za 90° . Prvi mjeritelj je stajao na kontralateralnoj strani, s jednom rukom stabilizirao zdjelicu, a s drugom izvodio pokret do prvog pomaka zdjelice. Drugi mjeritelj stoji na homolateralnoj strani i mjeri opseg pokreta. Mjerenja abdukcije i adukcije kuka mjerena su tri puta. Za daljnju analizu uzet je prosječni rezultat triju mjerenja, pri čemu je rezultat izračunat kao razlika između krajnjeg i početnoj položaja.



Slika 7. A – Opseg pokreta abdukcija kuka, B – Opseg pokreta adukcija kuka

Pri mjerenju unutarnje i vanjske rotacije kuka, prikazanoj dolje na slici 8., ispitanik je ležao u proniranom položaju, nemjereni ud je bio ispružen u kuku i koljenu, dok je mjereni ud bio pogrčen u koljenu pod kutom od 90° . Za određivanje tog kuta smo koristili klatno, čiju bi nit prvi mjeritelj stavio na sredinu pete, a vrh klatna usmjeren prema ranije označenom središnjem dijelu koljena. Drugi mjeritelj je stajao na ispitanikovom podnožju i s inklinometrom izmjerio početni položaj koji bi postavio na sredinu potkoljenice uzdužno s osi potkoljenične kosti. Prvi mjeritelj je s jednom rukom stabilizirao zdjelicu (na nemjerenoj strani pri unutarnjoj rotaciji i na mjerenoj strani pri vanjskoj rotaciji), s drugom rukom primio ud iznad gležnja te napravio pokret do prvog pomaka zdjelice. Drugi mjeritelj je mjerio opseg pokreta. Mjerenja unutarnje i vanjske rotacije kuka su izvedena tri puta za svaki ud te je za daljnju analizu uzet prosječni rezultat triju mjerenja, pri čemu je rezultat izmjeren kao razlika između krajnjeg i početnog položaja.



Slika 8. Opseg pokreta – Unutarnja i vanjska kuka (A – početna pozicija; B – unutarnja rotacija; C – vanjska rotacija)

4.2.3. Opseg pokreta trupa

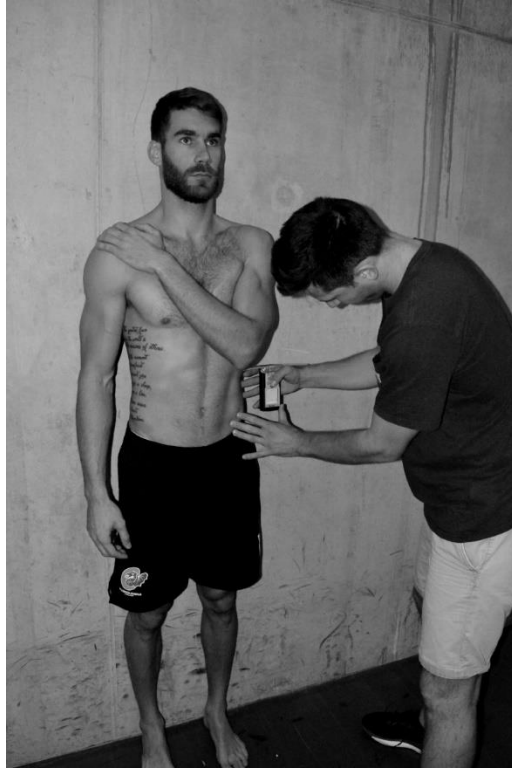
Opseg pokreta lateralne fleksije trupa mjereno je uz pomoć mjerne vrpce. Za mjerenje lateralne fleksije trupa pri bočnim otklonima ispitanik je stajao bos u širini kukova leđima uza zid, tako da su pete dirale zid, prikazano dolje na slici 9 A. Kao početni položaj mjeritelj je mjernom trakom izmjerio vertikalnu udaljenost između vrha srednjeg prsta (s kojim je ispitanik dirao zid) i tla. Nakon toga je ispitanik izveo pokret, tako da je klizio uza zid do krajnjeg opsega pokreta, bez da odmakne pete od tla. Na kraju pokreta, mjeritelj je izmjerio vertikalnu udaljenost od vrha srednjeg prsta do tla, prikazano na slici 9 B. Mjerenje lateralne fleksije izvedeno je jednom za svaku stranu. Opseg pokreta lateralne fleksije trupa izražen je u metrima (m).



Slika 9. Opseg pokreta – Lateralna fleksija trupa

4.2.4. Funkcionalna duljina noge

Mjerenje funkcionalne duljine noge izvedeno je uz pomoć laserskog metra (LD 420, Stabila, Madžarska). Ispitanik je stajao bos s nogama u širini kukova uza zid, tako da je petama doticao zid. Pri mjerenju duljine lijeve noge je stavio lijevu ruku na desno rame te obratno tijekom mjerenja desne noge, prikazano na slici 10. Mjeritelj bi palpirao vrh bočnog grebena (*lat. cristae iliaca*) na koji je vertikalno postavio rub laserskog metra te očitao razdaljinu. To smo ponovili tri puta i za daljnju analizu uzeli prosječnu vrijednost triju mjerenja. Funkcionalna duljina noge izražena je u metrima (m).

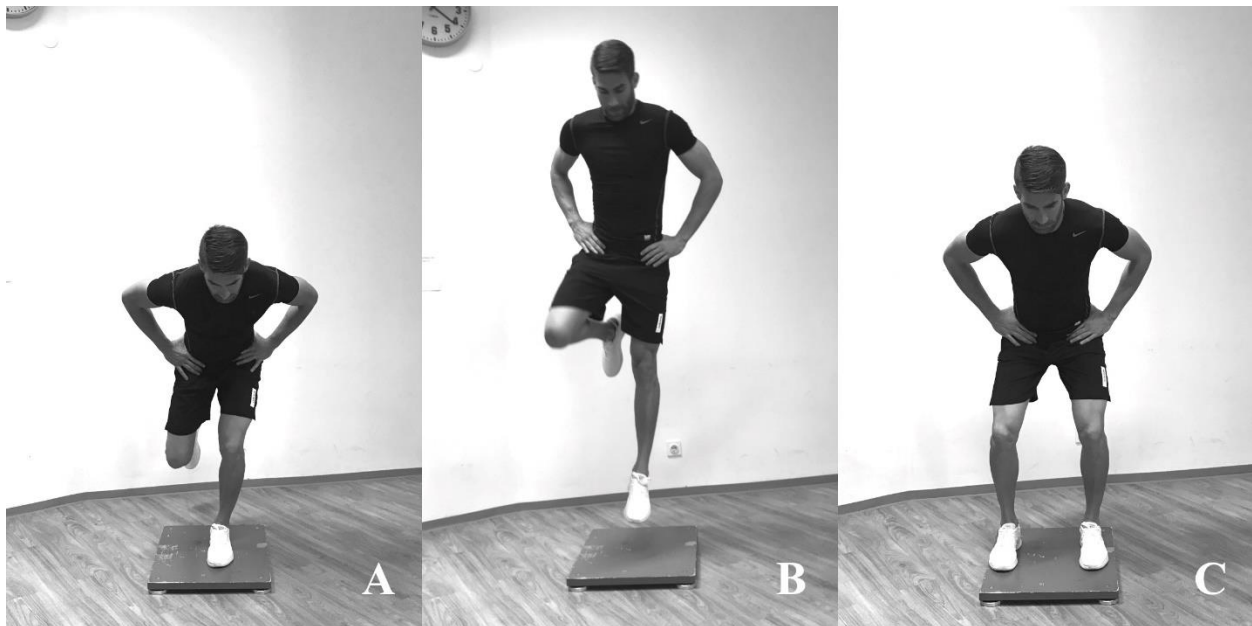


Slika 10. Funkcionalna dužina noge

4.2.5. Skokovi

4.2.5.1. Vertikalni skok

Protokol mjerenja jednonožnog skoka s pripremom izveden je prema istraživanju Gonzalo – Skok i sur. (26). Za mjerenje vertikalnog odraza uzet je jednonožni skok s pripremom koji je mjeren na platformi za silu (Kistler, Winterthur, Švicarka). Ispitanik je stajao na jednoj nozi s drugom nogom u pogrčenom pod otprilike 90° u koljenu i kuku s rukama na bokovima.. Kada je bio spreman, ispitanik bi se spustio u jednonožni počučanj, prikazano na slici 11 A, skočio u vis prikazano na slici 11 B te doskočio na dvije noge, prikazano na slici 11 C. Skok bi se prihvatio kao valjan ako bio ruke ostale na kukovima i ako je ispitanik zadržao ravnotežu tri sekunde nakon doskoka na dvije noge. Na svakom ispitaniku su izmjerena tri valjana skoka na lijevoj i desnoj nozi. Pauza između skokova je bila 30 sekundi. Za daljnju analizu je uzet najbolji od tri rezultata. Parametri uzeti iz jednonožnog skoka s pripremom su visina skoka izmjerena iz brzine (m), vršna sila (N) i vršna snaga (N/s).



Slika 11. Jednonožni skok s pripremom

4.2.5.2. Horizontalni skokovi

Protokol mjerenja horizontalnih skokova je izveden prema istraživanju Hewitt i sur. (50). Za mjerenje horizontalnih skokova uzeti su testovi jednonožnog skoka u dalj, jednonožnog lateralnog skoka i jednonožnog troskoka, prikazano na grafikonu 1. Svi skokovi su mjereni uz pomoć mjerne vrpce koja je bila postavljena okomito od startne linije za skokove. Prilikom doskoka rezultat se određivao kao linija pete stražnje noge okomita na mjernu vrpcu. Za daljnju analizu je uzet najbolji od tri rezultata na jednoj nozi. Duljina horizontalnih skokova izražena je u metrima (m).

4.2.5.2.1. Jednonožni skok u dalj

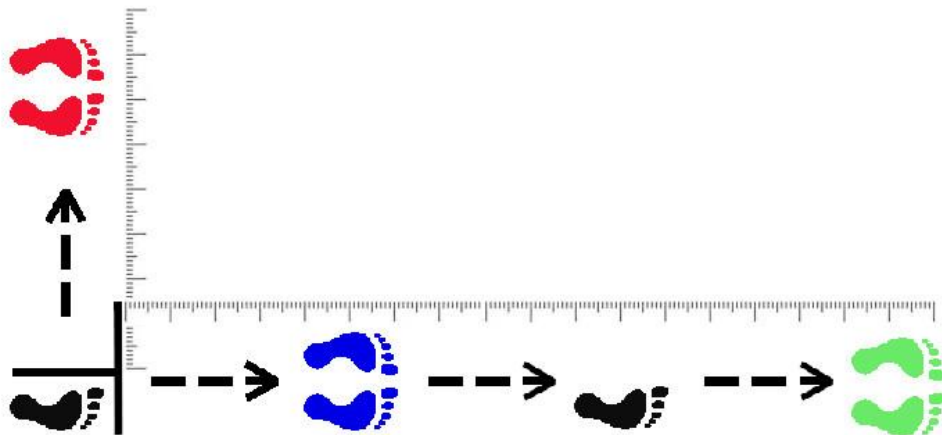
Tijekom jednonožnog skoka u dalj, prikazanog plavom bojom na grafikonu 1, ispitanik je stajao na jednoj nozi s vrhom tenisice iza markirane startne linije na podu s drugom nogom pogrčenom pod otprilike 90° u koljenu i kuku s rukama na bokovima. Kada bi bio spreman, ispitanik bi se spustio u jednonožni počučanj te skočio u dalj i doskočio na dvije noge. Skok bi se prihvatio kao valjan ako bio ruke ostale na kukovima i ako je ispitanik zadržao ravnotežu tri sekunde nakon doskoka. Na svakom ispitaniku su izmjerena tri valjana skoka na lijevoj i desnoj nozi. Pauza između skokova je bila 30 sekundi.

4.2.5.2.2. Jednonožni lateralni skok

Tijekom jednonožnog lateralnog skoka, prikazanog crvenom bojom na grafikonu 1, ispitanik je stajao na jednoj nozi s unutarnjim rubom stopala odrazne noge iza markirane startne linije na podu te s drugom nogom pogrčenom pod otprilike 90° u koljenu i kuku s rukama na bokovima. Kada je bio spreman, ispitanik bi se spustio u jednonožni počučanj te skočio u dalj i doskočio na dvije noge. Skok bi se prihvatio kao valjan ako bio ruke ostale na kukovima i ako je ispitanik zadržao ravnotežu tri sekunde nakon doskoka. Na svakom ispitaniku su izmjerena tri valjana skoka na lijevoj i desnoj nozi. Pauza između skokova je bila 30 sekundi.

4.2.5.2.3. Jednonožni troskok

Tijekom jednonožnog troskoka, prikazanog zelenom bojom na grafikonu 1, Ispitanik je stajao na jednoj nozi s vrhom tenisice iza markirane startne linije na podu s drugom nogom pogrčenom pod otprilike 90° u koljenu i kuku s rukama na bokovima. Kada je bio spreman, ispitanik bi se spustio u počučanj te napravio tri uzastopna skoka u dalj te u zadnjem skoku doskočio na dvije noge. Skok bi se prihvatio kao valjan ako bio ruke ostale na kukovima tijekom svih skokova, ako se ispitanik nije zaustavljao između skokova i ako je ispitanik zadržao ravnotežu tri sekunde nakon doskoka. Na svakom ispitaniku su izmjerena tri valjana skoka na lijevoj i desnoj nozi. Pauza između skokova je bila 30 sekundi.



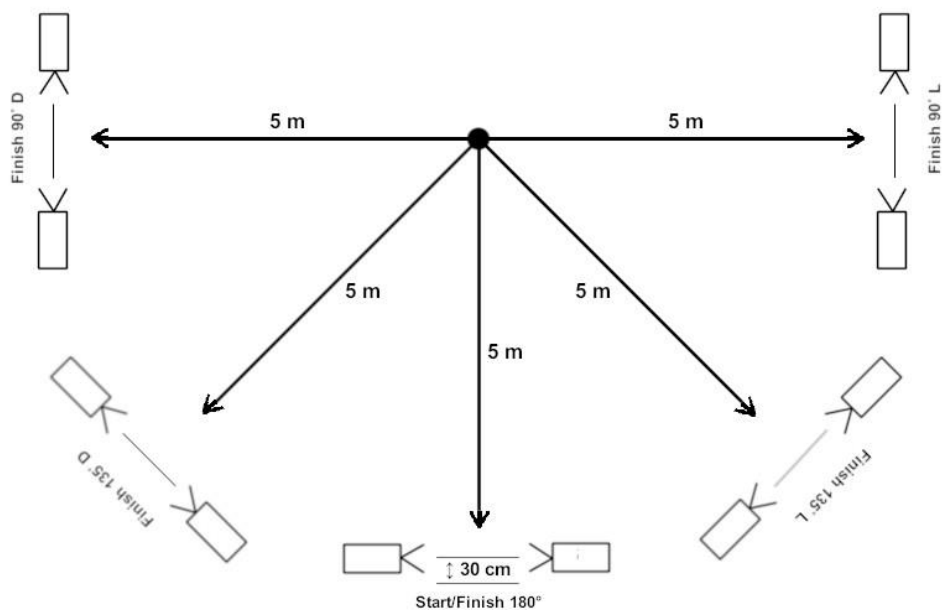
Grafikon 1. Jednonožni horizontalni skokovi

4.2.6. Promjena smjera kretanja

Izvedba promjene smjera kretanja mjerena su s testovima promjene smjera za 90°, 135°, 180° (121) i T-testom (195). Svi testovi promjene smjera kretanja su izvedeni na parketu košarkaške dvorane koja je građena po pravilima međunarodne košarkaške federacije. Svi testovi su mjereni pomoću elektroničkih foto-stanica (Brower Timing Systems; Draper, Utah). Svaki test promjene smjera kretanja se ponavljao po tri puta preko svake noge (ovisno o testu), uz pasivnu pauzu od jedne ili dvije (ovisno o testu) minute između svakog pokušaja. Za daljnju analizu se uzimao uzimati najbolji rezultat. Rezultat svih testova promjene smjera kretanja je vrijeme izraženo u sekundama (s).

4.2.6.1. Promjene smjera kretanja za 90 °, 135 °, 180 °

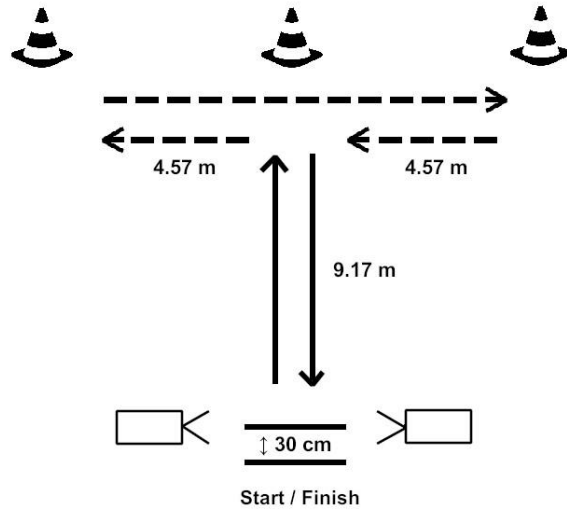
Na početku testa ispitanik je stajao s odabranom nogom 0,3 metra ispred startne linije na kojoj su postavljene fotoćelije. Fotoćelije su postavljene na startnoj i ciljnoj liniji, što je prikazano na grafikonu 2, u visini od 1 metra, s međusobnom udaljenosti od 4 metra da ne bi utjecale na izvedu samog testa. Svi testovi su dugački 10 metara, 5 metara sprinta, promjena smjera za 90 °, 135 °, 180 ° te ponovnog sprinta od 5 metara do ciljne linije. Ispitanici su bili instruirani da promjenu smjera rade preko markera koji je bio postavljen na podlogu na koji ispitanik mora nagaziti prilikom svake promjene smjera. Svi testovi su provedeni preko dominantne i nedominantne noge, koje su izmjenjivali pri svakom ponavljanju. Pauza između svakog ponavljanja je bila u trajanju od jedne minute. Ako ispitanik ne bi dotaknuo marker za promjenu smjera ili bi promijenio smjer preko krive noge ponavljanje bi se odbacilo te ponovilo nakon pauze od 1 minute. Svi testovi su provedeni 3 puta preko svake noge.



Grafikon 2. Promjena smjera kretanja za 90 °, 135 °, 180 °

4.2.6.2. T-test

Na početku testa ispitanik je stajao s odabranom nogom 0,3 metra ispred startne linije na kojoj su bile postavljene fotoćelije. Četiri markera su postavljena u obliku slova T, prikazano na grafikonu 3, s drugim markerom udaljenim 9,14 m od startne linije i dodatna dva markera postavljena 4,57 m udaljenih od drugog markera. Test se sastojao od trčanja do drugog markera (puna linija na grafikonu 3), lateralne kretnje prema lijevom/desnom markeru (iscrtkana linija na grafikonu 3), doticanja lijevog/desnog markera, promjene smjera te lateralne kretnje do suprotno postavljenog markera nakon povratka na srednji marker te trčanja unatrag (puna linija na grafikonu 3), do startne linije. Ako je ispitanik promijenio smjer kretanja prije no što je dotakao liniju, nije dotaknuo marker, ili je prekrižio noge tijekom lateralnih kretnji, ponavljanje bi se odbacilo te ponovilo nakon 2 minute. Test se provodi 4 puta (dva puta u svaku stranu)



Grafikon 3. T-test

4.3. METODA OBRADJE PODATAKA

Za sve rezultate izračunat je indeks lateralne asimetrije (53,54,63,55–62):

$$\text{Indeks lateralne asimetrije} = (\text{veći rezultat} - \text{manji rezultat}) / \text{veći rezultat} \times 100 (\%).$$

Dok je agonist : antagonist asimetrija lokalne jakosti kuka izražena kao omjer ekstenzije : fleksije trupa, ekstenzije : fleksije kuka, abdukcije : adukcije kuka i unutarnje : vanjske rotacije kuka.

Obrada podataka vršila se primjenom programskog paketa STATISTICA, verzija 10,0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK). Za sve varijable izračunati su centralni i disperzivni parametri: aritmetička sredina (AS), standardna devijacija (SD), minimum (MIN), maksimum (MAX). Statistička značajnost je postavljena na $p < 0,05$. Normalnost distribucije varijabli testirana je Shapiro-Wilk testom. Povezanost varijabli je analizirana pomoću Pearsonovog koeficijenta korelacije za normalno distribuirane, dok se s varijablama koje nisu pokazale normalnost distribucije koristio neparametrijski ekvivalent, Speamanov test korelacije. Veličina povezanosti je interpretirana u skladu preporukama Hopkins i sur. (196) te je 0,0 - 0,1 = trivijalna; 0,1 - 0,3 = niska; 0,3 - 0,5 = srednja; 0,5 - 0,7 = visoka; 0,7 - 0,9 = jako visoka i 0,9 - 1 = skoro savršena.

Utjecaj različitih asimetrija na asimetrije i izvedbu promjene smjera kretanja testiran je višestrukom regresijskom analizom. Koristeći „step-wise“ analizu, kao moguće nezavisne varijable su uzete sve mjere lokalnih i globalnih asimetrija u svrhu stvaranja modela utjecaja na zavisne varijable asimetrija promjene smjera kretanja. Kao moguće nezavisne varijable uzete su sve mjere lokalnih i globalnih asimetrije te asimetrije promjene smjera kretanja u svrhu stvaranja modela utjecaja na zavisne varijable izvedbe u promjeni smjera kretanja. Valjanost modela je procjenjivana putem statističke značajnosti utjecaja ukupnog regresijskog koeficijenta modela i svake zasebne nezavisne varijable. Također u svrhu testiranja kolinearnosti i homoskadastičnosti modela korišteni su podaci Durbin-Watson testa, raspona standardiziranih rezidualnih vrijednosti, Breuch – Pagan testa i Koenker testa.

5. REZULTATI

5.1. DESKRIPTIVNI POKAZATELJI

Deskriptivni pokazatelji (minimum, maksimum, aritmetička sredina i standardna devijacija) i normalnost distribucije (Shapiro – Wilks test) varijabli lokalnih i globalnih asimetrija, asimetrija u promjeni smjera kretanja, te rezultata u promjeni smjera kretanja prikazani su u tablici 4.

Prosječne vrijednosti svih asimetrija su u rasponu 0,76 - 40,35 %. Razlika minimalne i maksimalne vrijednosti rezultata unutar jednog tipa asimetrije je u rasponu 2,68 - 89,7 %. Veličine standardne devijacije asimetrija su u veličini 50,6 - 108,4 % vrijednosti njihovih aritmetičkih sredina.

Deskriptivni pokazatelji asimetrija s obzirom na razinu i vrstu asimetrije (lokalna (lateralna i agonist – antagonist), globalna i asimetrija u promjeni smjera kretanja) pokazuju raznolikost deskriptivnih karakteristika. Prosječne vrijednosti lokalnih lateralnih asimetrija su u rasponu 3,68 - 40,35 %. Razlika minimalne i maksimalne vrijednosti unutar jednog tipa lokalne lateralne asimetrije je 14,22 - 89,70 %. Veličine standardne devijacije lokalnih lateralnih asimetrija su 50,61 - 108,41 % vrijednosti njihovih aritmetičkih sredina. Prosječna vrijednost omjera (lokalna agonist – antagonist asimetrija) vršne sile fleksije i ekstenzije kuka je $1,31 \pm 0,27$ s rasponom 0,8 - 2,03 za lijevu i desnu nogu. Prosječna vrijednost omjera vršne sile abdukcije i adukcije kuka je $1,07 \pm 0,19$ s rasponom 0,77 - 1,75 za lijevu i desnu nogu. Prosječna vrijednost vršne sile unutarnje i vanjske rotacije kuka je $1,15 \pm 0,25$ s rasponom 0,34 - 1,96 za lijevu i desnu nogu. Prosječna vrijednost omjera vršne sile ekstenzije i fleksije trupa je $1,27 \pm 0,27$ s rasponom 0,75 - 2,01.

Prosječne vrijednosti globalnih asimetrija su u rasponu 0,76 - 11,12 %. Razlika minimalne i maksimalne vrijednosti unutar jednog tipa globalne asimetrije je 2,68 - 35,09 %. Veličine standardne devijacije globalnih asimetrija su 69,35 - 92,15 % vrijednosti njihovih aritmetičkih sredina. Podjelom globalnih asimetrija u skokovima na vertikalne i horizontalne skokove dobivamo sljedeće deskriptivne rezultate. Prosječne vrijednosti asimetrija u vertikalnom skoku su u rasponu 4,77 - 11,12 %. Razlika minimalne i maksimalne vrijednosti unutar jednog tipa asimetrije vertikalnog skoka je 22,38 - 35,09 %. Veličine standardne devijacije globalnih asimetrija su 75,16 - 92,15 % vrijednosti njihovih aritmetičkih sredina. Dok su kod horizontalnih skokova prosječne vrijednosti u rasponu 3,48 - 4,82 %. Razlika minimalne i maksimalne

vrijednosti unutar jednog tipa asimetrije vertikalnog skoka je 10,73 - 14,63 %. Veličine standardne devijacije globalnih asimetrija su 69,35 - 76,76 % vrijednosti njihovih aritmetičkih sredina.

Prosječne vrijednosti asimetrija promjene smjera kretanja su u rasponu 2,73 - 3,16 %. Razlika minimalne i maksimalne vrijednosti unutar jednog tipa asimetrija promjene smjera kretanja je od 9,54 do 17,12 %. Veličine standardne devijacije asimetrija promjene smjera kretanja su u veličini 86,76 - 90,82 % vrijednosti njihovih aritmetičkih sredina.

Prosječne vrijednosti izvedbe promjene smjera kretanja su $2,12 \pm 0,11$ s za 90° , $2,35 \pm 0,12$ s za 135° , $2,40 \pm 0,13$ s za 180° te $9,10 \pm 2,50$ s za T-test.

Analiza normalnosti distribucije je pokazala da su 27 % (12/45) varijabli normalno distribuirane. Među globalnim asimetrijama samo je asimetrija , ona dužine jednonožnog skoka u dalj, normalno distribuirana. Među lokalnim lateralnim asimetrijama normalno su distribuirane varijable vršne sile unutarnje rotacije kuka, gradijenta sile fleksije kuka i opsega pokreta abdukcije kuka. Među lokalnim agonist – antagonist asimetrijama normalno su distribuirane varijable omjera vršne sile ekstenzije i fleksije trupa, unutarnje i vanjske rotacije kuka (lijeva i desna noga te prosječna vrijednost među njima) te ekstenzije i fleksije lijevog kuka. Nijedna od varijabli asimetrija promjene smjera kretanja nije normalno distribuirana.

Tablica 4. Deskriptivna analiza i normalnost distribucije

Varijabla	N	MIN	MAX	AS	SD	S-W
Asimetrija funkcionalne dužina noge (%)	43	0,03	2,71	0,76	0,62	0,002
Asimetrija visine jednonožnog skoka s pripremom (%)	43	0,00	35,09	11,12	8,36	0,005
Asimetrija vršne sile jednonožnog skoka s pripremom (%)	43	0,05	23,56	4,77	4,40	0,000
Asimetrija vršne snage jednonožnog skoka s pripremom (%)	43	0,40	22,79	7,06	5,98	0,001
Asimetrija dužine jednonožnog skoka u dalj (%)	43	0,00	12,00	4,60	3,19	0,051
Asimetrija dužine jednonožnog lateralnog skoka (%)	43	0,00	14,63	4,82	3,70	0,001
Asimetrija dužine jednonožnog troskoka (%)	43	0,00	10,73	3,48	2,67	0,005
Asimetrija promjene smjera kretanja za 90° (%)	43	0,00	13,53	2,99	2,59	0,000
Asimetrija promjene smjera kretanja za 135° (%)	43	0,00	9,54	2,73	2,48	0,000
Asimetrija promjene smjera kretanja za 180° (%)	43	0,00	17,12	3,16	2,79	0,000
Asimetrija vršne sile abdukcije kuka (%)	43	0,01	14,23	3,68	3,15	0,001
Asimetrija gradijenta sile abdukcije kuka (%)	43	0,00	52,85	11,23	9,67	0,000
Asimetrija vršne sile adukcije kuka (%)	43	0,04	19,78	5,59	4,77	0,001
Asimetrija gradijenta sile adukcije kuka (%)	43	0,58	60,29	10,72	10,34	0,000
Asimetrija vršne sile vanjske rotacije kuka (%)	43	0,86	28,36	7,90	5,82	0,000
Asimetrija gradijenta sile vanjske rotacije kuka (%)	43	1,29	39,29	13,18	8,83	0,000
Asimetrija vršne sile unutarnje rotacije kuka (%)	43	0,14	27,28	11,52	7,17	0,150
Asimetrija gradijenta sile unutarnje rotacije kuka (%)	43	0,47	36,19	13,17	9,55	0,020
Asimetrija vršne sile ekstenzije kuka (%)	43	0,42	47,98	11,01	8,92	0,000
Asimetrija gradijenta sile ekstenzije kuka (%)	43	0,00	76,92	30,56	21,79	0,031
Asimetrija vršne sile fleksije kuka (%)	43	0,34	33,83	9,86	8,36	0,000
Asimetrija gradijenta sile fleksije kuka (%)	43	0,00	81,58	40,35	20,42	0,619
Asimetrija vršne sile lateralne fleksije trupa (%)	43	0,63	38,15	12,81	9,61	0,013
Asimetrija opsega pokreta lateralne fleksije trupa (%)	43	0,00	23,64	8,98	5,94	0,054
Asimetrija opsega pokreta abdukcije kuka (%)	43	0,00	23,90	8,94	5,72	0,165
Asimetrija opsega pokreta adukcije kuka (%)	43	0,00	24,72	8,83	6,73	0,002
Asimetrija opsega pokreta fleksije kuka (%)	43	0,17	28,97	5,91	6,24	0,000
Asimetrija opsega pokreta ekstenzije kuka (%)	43	0,12	60,59	12,80	10,95	0,000
Asimetrija opsega pokreta vanjske rotacije kuka (%)	43	0,57	90,27	13,00	14,10	0,000
Asimetrija opsega pokreta unutarnje rotacije kuka (%)	43	0,06	52,85	13,54	10,57	0,002
Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije kuka (lijeva noga)	43	0,80	2,03	1,32	0,33	0,183
Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije kuka (desna noga)	43	0,80	1,85	1,30	0,25	0,011
Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije kuka (aritmetička sredina)	43	0,87	1,79	1,31	0,27	0,033
Omjer vršne sile abdukcije i adukcije kuka (lijeva noga)	43	0,81	1,63	1,08	0,19	0,048
Omjer vršne sile abdukcije i adukcije kuka (desna noga)	43	0,77	1,75	1,07	0,20	0,010
Omjer vršne sile abdukcije i adukcije kuka (aritmetička sredina)	43	0,79	1,52	1,07	0,19	0,019
Omjer vršne sile unutarnja i vanjska rotacija kuka (lijeva noga)	43	0,38	1,96	1,13	0,27	0,266
Omjer vršne sile unutarnja i vanjska rotacija kuka (desna noga)	43	0,34	1,70	1,18	0,26	0,279
Omjer vršne sile unutarnja i vanjska rotacija kuka (aritmetička sredina)	43	0,36	1,68	1,15	0,25	0,328
Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije trupa	43	0,75	2,01	1,27	0,27	0,331
Promjena smjera kretanja za 90°	43	1,93	2,35	2,12	0,11	0,152
Promjena smjera kretanja za 135°	43	2,10	2,59	2,35	0,12	0,394
Promjena smjera kretanja za 180°	43	2,13	2,77	2,48	0,13	0,600
T-test	43	8,24	10,47	9,10	0,50	0,013

MIN = Minimum; MAX = Maksimum; AS = Aritmetička sredina; SD = Standardna devijacija; N = broj ispitanika; S-W = Shapiro - Wilk test

5.2. POVEZANOST IZMEĐU LOKALNIH I GLOBALNIH ASIMETRIJA

Rezultati povezanosti između lokalnih asimetrija jakosti i opsega pokreta kuka i trupa te globalnih asimetrija različitih jednonožnih horizontalnih i vertikalnih skokova te funkcionalne dužine noge prikazani su u tablici 5. Zbog lakšeg pregleda statistički značajnih povezanosti, parovi varijabli koje su pokazale statistički značajnu povezanost prikazane su u tablici 6. Rezultati pokazuju veći broj pozitivnih povezanosti između asimetrija na lokalnoj i globalnoj razini. Visoka razina povezanosti je pronađena između asimetrija u visini jednonožnog skoka s pripremom i vršnoj sili abdukcije kuka ($r = 0,58$, $p < 0,01$). Također, asimetrija u visini jednonožnog skoka s pripremom pokazala je srednju razinu pozitivne povezanosti s asimetrijama vršne sile adukcije kuka ($r = 0,31$, $p < 0,05$) te opsega pokreta fleksije kuka ($r = 0,36$, $p < 0,05$). Asimetrija u vršnoj snazi tijekom jednonožnog skoka s pripremom je bila u srednjoj pozitivnoj povezanosti s asimetrijama vršne sile abdukcije kuka ($r = 0,50$, $p < 0,01$), opsega pokreta fleksije kuka ($r = 0,40$, $p < 0,01$), vršne sile lateralne fleksije trupa ($r = 0,31$, $p < 0,05$) i omjeru vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka ($r = 0,30$, $p < 0,05$). Asimetrije u dužini jednonožnih horizontalnih skokova pokazale su povezanost jedino između troskoka i asimetrije opsega pokreta fleksije kuka ($r = 0,43$, $p < 0,01$). Asimetrija funkcionalne dužine noge je pokazala srednju povezanost s omjerom vršne sile ekstenzije i fleksije lijevog kuka ($r = 0,31$, $p < 0,05$). Također rezultati pokazuju i manji broj negativnih povezanosti između asimetrija na lokalnoj i globalnoj razini. Asimetrija u vršnoj sili fleksije kuka pokazala je srednju negativnu povezanost s asimetrijama vršne sile ($r = -0,38$, $p < 0,05$) i vršne snage ($r = -0,31$, $p < 0,05$) tijekom jednonožnog skoka s pripremom. Također srednja negativna povezanost je pronađena između asimetrije u dužini jednonožnog skoka u dalje i omjeru vršne sile ekstenzije i fleksije trupa ($r = -0,38$, $p < 0,05$) te između asimetrija dužine jednonožnog troskoka i gradijenta sile fleksije kuka ($r = -0,37$, $p < 0,05$). Nije pronađena značajna povezanost između lokalnih asimetrija i asimetriji u dužini jednonožnog lateralnog skoka.

Tablica 5. Povezanost između lokalnih i globalnih asimetrija

Lokalne / Globalne asimetrije	ASI FDN (%)	ASI VIS JSP (%)	ASI JSP VF (%)	ASI JSP VP (%)	ASI DUŽ JSD (%)	ASI DUŽ JLS (%)	ASI DUŽ JT (%)
ASI Kuk AB VF (%)	-0,27	,579**	0,17	,497**	0,09	0,19	0,21
ASI Kuk AB GF (%)	-0,04	0,30	0,22	0,20	0,24	0,13	0,14
ASI Kuk AD VF (%)	-0,11	0,27	0,30	0,14	,312*	-0,14	-0,07
ASI Kuk AD GF (%)	-0,06	-0,19	0,06	-0,03	0,17	-0,12	0,28
ASI Kuk V-ROT VF (%)	0,07	0,24	0,21	0,20	0,09	-0,24	0,08
ASI Kuk V-ROT GF (%)	0,08	0,09	0,15	0,24	0,07	-0,07	-0,07
ASI Kuk U-ROT VF (%)	-0,08	0,23	0,11	0,13	0,16	-0,01	0,13
ASI Kuk U-ROT GF (%)	0,08	-0,16	-0,20	0,01	0,05	-0,09	0,03
ASI Kuk EX VF (%)	-0,20	0,01	0,09	0,07	-0,10	-0,06	-0,15
ASI Kuk EX GF (%)	-0,11	0,02	0,19	0,27	-0,18	-0,27	-0,09
ASI Kuk FL VF (%)	0,18	-0,27	-,381*	-,310*	0,06	-0,06	0,25
ASI Kuk FL GF (%)	0,13	-0,08	-0,22	-0,04	-0,22	-0,15	-,366*
ASI Trup LATFL VF (%)	0,00	0,04	0,02	,311*	-0,14	-0,28	0,06
ASI OP Trup LATFL (%)	0,08	0,17	0,04	0,07	0,06	-0,06	0,01
ASI OP Kuk AB (%)	0,10	-0,18	-0,04	-0,12	-0,18	-0,06	0,03
ASI OP Kuk AD (%)	0,15	-0,11	-0,19	-0,18	0,08	0,15	-0,03
ASI OP Kuk FL (%)	-0,17	,363*	0,24	,405**	0,15	0,05	,428**
ASI OP Kuk EX (%)	0,07	0,02	-0,05	0,12	0,17	0,00	-0,08
ASI OP Kuk V-ROT (%)	0,01	0,19	-0,01	0,00	-0,05	0,03	-0,02
ASI OP Kuk U-ROT (%)	-0,04	-0,02	-0,14	-0,28	0,08	0,19	0,12
OMJ Kuk EX/FL VF L	,315*	-0,14	-0,09	-0,22	-0,06	-0,09	-0,16
OMJ Kuk EX/FL VF D	0,21	-0,05	-0,13	-0,17	-0,05	0,09	0,00
OMJ Kuk EX/FL VF AS	0,30	-0,13	-0,14	-0,23	-0,10	0,01	-0,08
OMJ Kuk AB/AD VF L	-0,04	0,18	-0,25	0,05	-0,05	-0,04	0,03
OMJ Kuk AB/AD VF D	0,08	0,17	-0,25	-0,07	-0,07	-0,03	0,04
OMJ Kuk AB/AD VF AS	0,01	0,17	-0,22	-0,02	-0,07	-0,06	0,03
OMJ Kuk U/V ROT VF L	0,05	0,17	0,23	,304*	-0,16	-0,18	0,25
OMJ Kuk U/V ROT VF D	0,19	0,06	0,10	0,10	0,00	0,09	0,19
OMJ Kuk U/V ROT VF AS	0,10	0,14	0,16	0,24	-0,08	-0,04	0,22
OMJ Trup EX/FL VF	0,09	-0,19	0,00	-0,23	-,377*	-0,18	-0,10

ASI = Asimetrija; OMJ = Omjer; OP = Opseg pokreta; VIS = Visina; DUŽ = Dužina; VF = Vršna sila; VP = Vršna snaga; GF = Gradijent sile; FDN = Funkcionalna duljina noge; JSP = Jednonožni skok s pripremom; JSD = Jednonožni skok u dalj; JLS = Jednonožni lateralni skok; JT = Jednonožni troskok; FL = Fleksija; EX = Ekstenzija; AB = Abdukcija; AD = Adukcija; ROT - Rotacija; LATFL = Lateralna fleksija; U = Unutarnja; V = Vanjska; L = Lijeva noga; D = Desna noga; AS = Aritmetička sredina između lijeve i desne noge

*Statistički značajna povezanost ($p < 0,05$)

**Statistički značajna povezanost ($p < 0,01$)

Tablica 6. Statistički značajne povezanosti između lokalnih i globalnih asimetrija

Lokalna asimetrija	Koeficijent korelacije	Globalna asimetrija
OMJ Kuk EX/FL VF L	0,32*	ASI FDN (%)
OMJ Trup EX/FL VF	-0,38*	ASI DUŽ JSD (%)
ASI Kuk FL GF (%)	-0,37*	ASI DUŽ JT (%)
ASI OP Kuk FL (%)	0,43**	ASI DUŽ JT (%)
ASI Kuk AB VF (%)	0,58**	ASI VIS JSP (%)
ASI Kuk AD VF (%)	0,31*	ASI VIS JSP (%)
ASI OP Kuk FL (%)	0,36*	ASI VIS JSP (%)
ASI Kuk FL VF (%)	-0,39*	ASI JSP VF (%)
ASI Kuk AB VF (%)	0,50**	ASI JSP VP (%)
ASI Kuk FL VF (%)	-0,31*	ASI JSP VP (%)
OMJ Kuk U/V ROT VF L	0,30*	ASI JSP VP (%)
ASI Trup LATFL VF (%)	0,31*	ASI JSP VP (%)
ASI OP Kuk FL (%)	0,40**	ASI JSP VP (%)

ASI = Asimetrija; OMJ = Omjer; OP = Opseg pokreta VIS = Visina; DUŽ = Dužina; VF = Vršna sila; VP = Vršna snaga; GF = Gradijent sile; JSP = Jednonožni skok s pripremom; JSD = Jednonožni skok u dalj; JT = Jednonožni troskok; FL = Fleksija; EX = Ekstenzija; AB = Abdukcija; AD = Adukcija; ROT = Rotacija; LATFL = Lateralna fleksija; U = Unutarnja; V = Vanjska; L = Lijeve noga

*Statistički značajna povezanost ($p < 0,05$)

**Statistički značajna povezanost ($p < 0,01$)

5.3. POVEZANOST LOKALNIH ASIMETRIJA I ASIMETRIJA PROMJENE SMJERA KRETANJA

Rezultati povezanosti između lokalnih asimetrija jakosti i opsega pokreta kuka i trupa te asimetrija promjene smjera kretanja prikazani su u tablici 7. Zbog lakšeg pregleda statistički značajnih povezanosti, parovi varijabli koje su pokazale statistički značajnu povezanost prikazane su u tablici 8. Rezultati pokazuju veći broj značajnih pozitivnih i negativnih srednjih razina povezanosti između asimetrija na lokalnoj razini i u promjeni smjera kretanja. Asimetrija promjene smjera kretanja za 180° pokazala je značajnu pozitivnu srednju razinu povezanosti s omjerom vršne sile ekstenzije i fleksije trupa ($r = 0,37, p < 0,05$) i asimetrijom gradijenta sile abdukcije kuka ($r = 0,31, p < 0,05$). Također ista asimetrija promjene smjera kretanja pokazala je negativnu srednju razinu povezanosti s omjerom vršne sile abdukcije i adukcije kuka (lijeva, desna, prosječna) ($r = -0,40, p < 0,01; -0,36, p < 0,05; -0,37, p < 0,05$). Asimetrija promjene smjera kretanja za 135° pokazala je negativnu srednju razinu povezanosti s asimetrijom gradijenta sile fleksije kuka ($r = -0,38, p < 0,05$). Dok je asimetrija promjene smjera kretanja za 90° pokazala također negativnu srednju razinu povezanosti s asimetrijom opsega pokreta abdukcije kuka ($r = -0,31, p < 0,05$).

Tablica 7. Povezanost lokalnih asimetrija i asimetrija promjene smjera kretanja

Lokalna asimetrija / Asimetrija promjene smjera kretanja	ASI PSK 90° (%)	ASI PSK 135° (%)	ASI PSK 180° (%)
ASI Kuk AB VF (%)	0,09	0,03	-0,16
ASI Kuk AB GF (%)	0,15	0,16	,312*
ASI Kuk AD VF (%)	0,22	-0,09	0,12
ASI Kuk AD GF (%)	-0,08	0,14	-0,04
ASI Kuk V-ROT VF (%)	0,21	-0,03	-0,04
ASI Kuk V-ROT GF (%)	0,01	-0,12	0,17
ASI Kuk U-ROT VF (%)	0,08	-0,12	-0,03
ASI Kuk U-ROT GF (%)	0,11	-0,24	-0,14
ASI Kuk EX VF (%)	0,10	0,15	0,01
ASI Kuk EX GF (%)	-0,16	0,06	-0,30
ASI Kuk FL VF (%)	-0,03	0,03	0,01
ASI Kuk FL GF (%)	-0,23	-,337*	-0,24
ASI Trup LATFL VF (%)	-0,13	-0,09	0,14
ASI OP Trup LATFL (%)	0,26	0,08	-0,08
ASI OP Kuk AB (%)	-,312*	-0,14	0,08
ASI OP Kuk AD (%)	0,03	-0,11	0,05
ASI OP Kuk FL (%)	0,26	0,29	-0,12
ASI OP Kuk EX (%)	-0,14	-0,01	0,03
ASI OP Kuk V-ROT (%)	0,03	-0,19	-0,01
ASI OP Kuk U-ROT (%)	0,21	-0,12	0,07
OMJ Kuk EX/FL VF L	-0,11	-0,14	-0,08
OMJ Kuk EX/FL VF D	0,13	0,04	-0,26
OMJ Kuk EX/FL VF AS	-0,01	-0,08	-0,17
OMJ Kuk AB/AD VF L	0,24	-0,14	-,402**
OMJ Kuk AB/AD VF D	0,27	-0,15	-,359*
OMJ Kuk AB/AD VF AS	0,26	-0,12	-,368*
OMJ Kuk U/V ROT VF L	-0,09	0,18	-0,10
OMJ Kuk U/V ROT VF D	0,03	0,12	-0,04
OMJ Kuk U/V ROT VF AS	-0,05	0,15	-0,08
OMJ Trup EX/FL VF	-0,15	0,03	,370*

ASI = Asimetrija; OMJ = Omjer; OP = Opseg pokreta; VF = Vršna sila; VP = Vršna snaga; GF = Gradijent sile; PSK = Promjena smjera kretanja; FL = Fleksija; EX = Ekstenzija; AB = Abdukcija; AD = Adukcija; ROT - Rotacija; LATFL = Lateralna fleksija; U = Unutarnja; V = Vanjska; L = Lijeve noge; D = Desne noge; AS = Aritmetička sredina između lijeve i desne noge

*Statistički značajna povezanost ($p < 0,05$)

**Statistički značajna povezanost ($p < 0,01$)

Tablica 8. Statistički značajne povezanosti lokalnih asimetrija i asimetrija promjene smjera kretanja

Lokalna asimetrija	Koeficijent korelacije	Asimetrija PSK
ASI OP Kuk AB (%)	-0,31*	ASI PSK 90° (%)
ASI Kuk FL GF (%)	-0,34*	ASI PSK 135° (%)
ASI Kuk AB GF (%)	0,31*	ASI PSK 180° (%)
OMJ Kuk AB/AD VF L	-0,40**	ASI PSK 180° (%)
OMJ Kuk AB/AD VF D	-0,36*	ASI PSK 180° (%)
OMJ Kuk AB/AD VF AS	-0,37*	ASI PSK 180° (%)
OMJ Trup EX/FL VF	0,37*	ASI PSK 180° (%)

ASI = Asimetrija; OMJ = Omjer; OP = Opseg pokreta; VF = Vršna sila; GF = Gradijent sile; PSK = Promjena smjera kretanja; FL = Fleksija; EX = Ekstenzija; AB = Abdukcija; AD = Adukcija; L = Lijeve noge; D = Desna noga; AS = Aritmetička sredina između lijeve i desne noge

*Statistički značajna povezanost ($p < 0,05$)

**Statistički značajna povezanost ($p < 0,01$)

5.4. POVEZANOST GLOBALNIH ASIMETRIJA I ASIMETRIJA PROMJENE SMJERA KRETANJA

Rezultati povezanosti između globalnih asimetrija horizontalnih i vertikalnih skokova te funkcionalne dužine noge s asimetrijama u promjeni smjera kretanja prikazane su u tablici 9. Zbog lakšeg pregleda statistički značajnih povezanosti, parovi varijabli koje su pokazale statistički značajne povezanosti prikazane su u tablici 10. Rezultati pokazuju dvije značajne pozitivne srednje razine povezanosti između asimetrija na globalnoj razini i promjene smjera kretanja. Asimetrija promjene smjera kretanja za 90° je pokazala značajnu pozitivnu srednju raznu povezanosti s asimetrijama u dužini jednonožnog lateralnog skoka ($r = 0,34$, $p < 0,05$) i troskoka ($r = 0,32$, $p < 0,05$). Nijedna druga asimetrija promjene smjera kretanja (135° i 180°) nije pokazala značajnu povezanost s asimetrijama na globalnoj razini.

Tablica 9. Povezanost globalnih asimetrija i asimetrija u promjeni smjera kretanja

	ASI FDN (%)	ASI VIS JSP (%)	ASI JSP VF (%)	ASI JSP VP (%)	ASI DUŽ JSD (%)	ASI DUŽ JLS (%)	ASI DUŽ JT (%)
ASI PSK 90° (%)	-0,193	0,285	0,167	0,019	0,124	,340*	,323*
ASI PSK 135° (%)	-0,093	0,031	0,169	0,190	-0,011	-0,152	0,169
ASI PSK 180° (%)	-0,047	-0,104	0,182	-0,072	0,091	-0,030	0,199

ASI = Asimetrija; VIS = Visina; DUŽ = Dužina; VF = Vršna sila; VP = Vršna snaga; FDN = Funkcionalna duljina noge; JSP = Jednonožni skok s pripremom; JSD = Jednonožni skok u dalj; JLS = Jednonožni lateralni skok; JT = Jednonožni troskok; PSK = Promjena smjera kretanja
*Statistički značajna povezanost ($p < 0,05$)

Tablica 10. Statistički značajne povezanosti globalnih asimetrija i asimetrija u promjeni smjera kretanja

Globalna asimetrija	Koeficijent korelacije	Asimetrija PSK
ASI DUŽ JLS (%)	0,34*	ASI PSK 90° (%)
ASI DUŽ JT (%)	0,32*	ASI PSK 90° (%)

ASI = Asimetrija; DUŽ = Dužina; JLS = Jednonožni lateralni skok; JT = Jednonožni troskok; PSK = Promjena smjera kretanja
*Statistički značajna povezanost ($p < 0,05$)

5.5. UTJECAJ LOKALNIH I GLOBALNIH ASIMETRIJA NA IZVEDBU U PROMJENI SMJERA KRETANJA

5.5.1. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u T-test-u

Višestruki regresijski model sa 6 nezavisnih varijabli (Tablica 11) je opisao 48% varijance ($R^2 = 0,48$, $p < 0,0001$) izvedbe u T-test-u. Izvedba u T-test-u predviđena je omjerom vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka (Beta = -0,58, $p < 0,01$), asimetrijom gradijenta sile abdukcije kuka (Beta = -0,38, $p = 0,01$), asimetrijom opseg pokreta fleksije kuka (Beta = 0,32, $p = 0,01$), asimetrijom funkcionalne dužine noge (0,31, $p < 0,05$), asimetrijom dužine jednonožnog troskoka (Beta = 0,29, $p < 0,05$) i asimetrijom vršne sile lateralne fleksije trupa (Beta = 0,27, $p < 0,05$). Osim statističke značajnosti modela, svi testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (2,26), raspon standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-1,71 – 2,51), Breuch – Pagan test (0,11) i Koenker test (0,22)) pokazuju valjanost navedenog regresijskog modela.

Tablica 11. Regresijski model, zavisna varijabla T-test

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
T-test (s)	Omjer vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka	-1,08	-0,58	0,48	<0,001
	Asimetrija gradijenta sile abdukcije kuka (%)	-0,02	-0,38		0,01
	Asimetrija opsega pokreta fleksije kuka (%)	0,03	0,32		0,03
	Asimetrija funkcionalne dužine noge (%)	0,25	0,31		0,02
	Asimetrija dužine jednonožnog troskoka (%)	0,06	0,29		0,04
	Asimetrija vršne sile lateralne fleksije trupa (%)	0,01	0,27		0,05

5.5.2. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja za 90°

Jednostruki regresijski model (Tablica 12) opisao je 10% varijance ($R^2 = 0,10$, $p = 0,039$) izvedbe u promjeni smjera kretanja za 90°. Izvedba promjene smjera kretanja za 90° predviđena je omjerom vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka (Beta = -0,32, $p < 0,05$). Osim statističke značajnosti modela, svi testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (1,80), raspon standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-2,24 – 2,00), Breuch – Pagan test (0,11) i Koenker test (0,09)) pokazuju valjanost navedenog regresijskog modela.

Tablica 12. Regresijski model, zavisna varijabla Promjena smjera kretanja za 90°

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
PSK 90° (s)				0,10	0,039
	Omjer vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka	-0,13	-0,32		0,04

5.5.3. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja za 135°

Višestruki regresijski model s 3 nezavisne varijable (Tablica 13) je opisao 30% varijance ($R^2 = 0,30$, $p = 0,003$) izvedbe promjene smjera kretanja za 135°. Izvedba promjene smjera kretanja za 135° predviđena je asimetrijom dužine jednonožnog skoka u dalj (Beta = 0,35, $p = 0,01$), omjerom vršne sile prosjeka unutarnje i vanjske rotacije kuka obje noge (Beta = -0,31, $p = 0,03$) i asimetrijom vršne sile lateralne fleksije trupa (Beta = 0,37, $p = 0,01$). Osim statističke značajnosti modela, svi testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (2,07), raspon standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-2,64 – 1,71), Breuch – Pagan test (0,42) i Koenker test (0,53)) pokazuju valjanost navedenog regresijskog modela.

Tablica 13. Regresijski model, zavisna varijabla Promjena smjera kretanja za 135°

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
PSK 135° (s)				0,30	0,003
	Asimetrija dužine jednonožnog skoka u dalj (%)	0,01	0,35		0,01
	Omjer vršne sile unutarnje i vanjske rotacije kuka	-0,15	-0,31		0,03
	Asimetrija vršne sile lateralne fleksije trupa (%)	0,01	0,37		0,01

5.5.4. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja za 180°

Višestruki regresijski model s 8 nezavisne varijable (Tablica 14) je opisao 53% varijance ($R^2 = 0,53$, $p = 0,001$) izvedbe promjene smjera kretanja za 180°. Izvedba promjene smjera kretanja za 180° predviđena je asimetrijom u promjeni smjera kretanja za 180° (Beta = -0,38, $p = 0,01$), asimetrijom dužine jednonožnog troskoka (Beta = 0,39, $p < 0,01$), omjerom vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijeve noge (Beta = -0,52, $p < 0,01$) asimetrijom u promjeni smjera kretanja za 135° (Beta = 0,26, $p < 0,05$), asimetrijom vršne sile abdukcije kuka (Beta = 0,35, $p = 0,01$), asimetrijom gradijenta sile abdukcije kuka (Beta = -0,34, $p = 0,02$), omjerom vršne sile ekstenzije i fleksije kuka desne noge (Beta = -0,30, $p = 0,02$) i asimetrijom funkcionalne dužine noge (Beta = 0,27, $p = 0,03$). Osim statističke značajnosti modela, svi testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (1,57), raspon standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-2,16 – 1,70), Breuch – Pagan test (0,64) i Koenker test (0,68)) pokazuju valjanost navedenog regresijskog modela.

Tablica 14. Regresijski model, zavisna varijabla Promjena smjera kretanja za 180°

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
PSK 180° (s)				0,53	0,001
	Asimetrija u promjeni smjera kretanja za 180° (%)	-0,02	-0,38		0,01
	Asimetrija u dužini jednonožnog troskoka (%)	0,02	0,39		0,00
	Omjer vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka	-0,26	-0,52		0,00
	Asimetrija u promjeni smjera kretanja za 135° (%)	0,01	0,26		0,04
	Asimetrija vršne sile abdukcije kuka (%)	0,02	0,35		0,01
	Asimetrija gradijenta sile abdukcije kuka (%)	-0,01	-0,34		0,02
	Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije desnog kuka	-0,16	-0,30		0,02
	Asimetrija funkcionalne dužine noge (%)	0,06	0,27		0,03

5.6. UTJECAJ LOKALNIH I GLOBALNIH ASIMETRIJA NA ASIMETRIJE U PROMJENI SMJERA KRETANJA

5.6.1. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju u promjeni smjera kretanja za 90°

Višestruki regresijski model s 4 nezavisne varijable (Tablica 15) je opisao 49% varijance ($R^2 = 0,49$, $p < 0,0001$) asimetrije promjene smjera kretanja za 90°. Asimetrija promjene smjera kretanja za 90° predviđena je asimetrijom dužine jednonožnog lateralnog skoka (Beta = 0,32, $p = 0,01$), asimetrijom vršne sile vanjske rotacije kuka (Beta = 0,39, $p < 0,01$), asimetrijom opsega pokreta abdukcije kuka (Beta = -0,30, $p = 0,01$) i asimetrijom opsega pokreta fleksije kuka (Beta = 0,38, $p = 0,01$). Osim statističke značajnosti modela, svi testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (2,29), raspon standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-1,48 – 2,24), Breuch – Pagan test (0,20) i Koenker test (0,18)) pokazuju valjanost navedenog regresijskog modela.

Tablica 15. Regresijski model, zavisna varijabla Asimetrija u promjeni smjera kretanja za 90°

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
ASI 90° (%)				0,49	<0,0001
	Asimetrija dužine jednonožnog lateralnog skoka (%)	0,23	0,32		0,01
	Asimetrija vršne sile vanjske rotacije kuka (%)	0,17	0,39		0,00
	Asimetrija opsega pokreta abdukcije kuka (%)	-0,14	-0,30		0,01
	Asimetrija opsega pokreta fleksije kuka (%)	0,16	0,38		0,00

5.6.2. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju u promjeni smjera kretanja za 135°

Jednostruki regresijski model (Tablica 16) opisao je 18% varijance ($R^2 = 0,18$, $p = 0,005$) asimetrije promjene smjera kretanja za 135°. Asimetrija promjene smjera kretanja za 135° predviđena je asimetrijom opsega pokreta fleksije kuka (Beta = 0,42, $p = 0,01$). Osim statističke značajnosti modela, testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (1,68), Breuch – Pagan test (0,59) i Koenker test (0,71)), osim raspona standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-1,30 – 3,30), pokazuju da se navedeni model mora uzeti sa zadržkom zbog prevelikog raspona rezidualnih vrijednosti.

Tablica 16. Regresijski model, zavisna varijabla Asimetrija u promjeni smjera kretanja za 135°

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
ASI 135° (s)				0,18	0,005
	Asimetrija opsega pokreta fleksije kuka (%)	0,17	0,42		0,01

5.6.3. Utjecaj lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju u promjeni smjera kretanja za 180°

Višestruki regresijski model s 12 nezavisnih varijable (Tablica 17) je opisao 76% varijance ($R^2 = 0,76$, $p < 0,0001$) asimetrije promjene smjera kretanja za 180°. Asimetrija promjene smjera kretanja za 180° predviđena je omjerom vršne sile abdukcije i adukcije kuka lijeve noge (Beta = -0,37, $p < 0,01$), omjerom vršne sile ekstenzije i fleksije kuka desne noge (Beta = -0,73, $p < 0,01$), lijeve noge (Beta = 0,62, $p < 0,01$), asimetrijom vršne sile adukcije kuka (Beta = 0,21, $p = 0,04$), asimetrijom vršne sile ekstenzije kuka (Beta = -0,40, $p < 0,01$), asimetrijom vršne sile fleksije kuka (Beta = -0,52, $p < 0,01$), asimetrijom dužine jednonožnog troskoka (Beta = 0,33, $p = 0,01$), asimetrijom vršne sile unutarnje rotacije kuka (Beta = -0,26, $p = 0,01$), asimetrijom vršne sile jednonožnog skoka s pripremom (Beta = -0,33, $p < 0,01$), asimetrijom gradijenta sile abdukcije kuka (Beta = 0,28, $p = 0,01$) i asimetrijom gradijenta sile vanjske rotacije kuka (Beta = 0,25, $p = 0,02$). Osim statističke značajnosti modela, testovi kolinearnosti (Durbin – Watson (1,98) i raspon standardiziranih rezidualnih vrijednosti (-2,06 – 2,56)) pokazuju valjanost navedenog regresijskog modela, dok Breuch – Pagan test (0,001) i Koenker test (0,04) ukazuju na heteroskedastičnost modela.

Tablica 17. Regresijski model, zavisna varijabla asimetrija u promjeni smjera kretanja za 180°

Zavisna varijabla	Nezavisne varijable	B	Beta	R ²	p-vrijednost
ASI 180° (%)				0,76	<0,0001
	Omjer vršne sile abdukcije i adukcije lijevog kuka	-5,50	-0,37		0,00
	Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije desnog kuka	-8,13	-0,73		0,00
	Omjer vršne sile ekstenzije i fleksije lijevog kuka	5,30	0,62		0,00
	Asimetrija vršne sile adukcije kuka (%)	0,12	0,21		0,04
	Asimetrija vršne sile ekstenzije kuka (%)	0,13	0,40		0,00
	Asimetrija gradijenta sile ekstenzije kuka (%)	-0,05	-0,40		0,00
	Asimetrija vršne sile fleksije kuka (%)	-0,17	-0,52		0,00
	Asimetrija dužine jednonožnog troskoka (%)	0,35	0,33		0,01
	Asimetrija vršne sile unutarnje rotacije kuka (%)	-0,10	-0,26		0,01
	Asimetrija vršne sile tijekom jednonožnog skoka s pripremom (%)	-0,15	-0,33		0,00
	Asimetrija gradijenta sile abdukcije kuka (%)	0,08	0,28		0,01
	Asimetrija gradijenta sile vanjske rotacije kuka (%)	0,08	0,25		0,02

6. RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja je višestruki. Temeljni cilj je utvrditi utjecaj lokalnih asimetrija (trup i kuk), globalnih asimetrija (skokovi) na izvedbu i asimetrije kompleksnih gibanja (brza promjena smjera kretanja). Dodatni ciljevi istraživanja su utvrditi do sada neistraženu povezanost između lokalnih i globalnih asimetrija te lokalnih asimetrija i asimetrija u kompleksnim gibanjima.

Dosadašnja istraživanja koja su se bavila asimetrijama pokazuju kontradiktorne rezultate njene vrijednosti i njenog utjecaja na sportsku izvedbu. Također, kao što je već navedeno, većina ih je rađena na nogometnoj populaciji s različitim metodološkim pristupima te kada je u pitanju lokalna asimetrija, većina ih se bavila distalnim dijelovima dijela. Prethodna istraživanja su pokazala da iskustvo u strukturiranom i planiranom kondicijskom treningu (u našem slučaju treningu jakosti, snage i promjene smjera kretanja) doprinosi valjanosti testova asimetrija (197), pa zbog toga što je ovo istraživanje rađeno sa skupinom vrhunskih mladih i seniorskih košarkašima, svi rezultati ovog istraživanja mogu se uzeti kao normativi za tu populaciju.

Veličine prosječnih vrijednosti svih lateralnih asimetrija (lokalnih, globalnih i promjene smjera kretanja) su bile u rasponu 0,76 - 40,35 %. Najmanje prosječne vrijednosti je pokazala asimetrija funkcionalne dužine noge ($0,76 \pm 0,62$ %), dok je najveća bila asimetrija gradijenta sile fleksije kuka ($40,35 \pm 20,42$ %). Samim tim rasponom vrijednosti lateralnih asimetrija možemo zaključiti da se ne može postaviti jedna unificirana vrijednost (5, 10 ili 15%) kao granica normalne asimetrije odnosno granica simetrije za sve asimetrije općenito (1,135,194). Nego možemo prihvatiti pretpostavku prijedlog meta-analize Mcgrath i sur. (135) za smanjivanje normativa granice simetrije, odnosno ovaj rad ukazuje na potrebu za stvaranjem zasebnih normativa asimetrija ovisno dijelu tijela, razini, motoričkoj sposobnosti, mjeri i sportskoj populaciji. Pa će daljnja interpretacija i rasprava rezultata u ovom istraživanju ići u tom smjeru.

Sagledavajući rezultate asimetrija možemo vidjeti se one drugačije ponašaju s obzirom na razinu (lokalnoj, globalnoj i promjene smjera kretanja), pa čak i unutar te razine pokazuju veliku varijabilnost rezultata što će biti opisano u sljedećim paragrafima.

Lokalne lateralne asimetrije kuka i trupa u mjerama jakosti (vršna sila i gradijent sile) te opsegu pokreta su pokazale raspon prosječnih vrijednosti 3,68 - 40,35 %. No ako ih sagledavamo prema razini tijela i parametru dobiveni su sljedeći rezultati.

Lateralne asimetrije vršne sile različitih akcija kuka su pokazale raspon prosječnih vrijednosti najmanje od 3,68 % u abdukciji do najviše 11,12 % u unutarnjoj rotaciji kuka. Ako interpretiramo rezultate prema pokretu, lateralna asimetrija vršne sile fleksije kuka bila je $9,86 \pm 8,36$ % što se slaže s dosadašnjim istraživanjima Hanna i sur. (119) koji su profilirali normativne vrijednosti kod nogometaša te dobili asimetriju u vršnoj sili izometričke fleksije kuka od 10,2 %. Također se parcijalno slaže s vrijednostima Frutuosa i sur. (74) na ritmičkim gimnastičarka koji su dobili vrijednosti asimetrije vršne sile (izokinetičke) fleksije kuka od $1,8 \pm 36,3$ % (240 °/s) do $9,8 \pm 12,0$ % (60 °/s). Rezultate Frutuosa i sur. (74) je teško uspoređivati s onima ove studije, zbog razlike u vrsti kontrakcije. No iako su Hanna i sur. (119) koristili ručni dinamometar za mjerenje lokalne jakosti kuka, možemo zaključiti da je normativ od 10 % lateralne asimetrije jakosti fleksije kuka na zdravoj populaciji sportaša prihvatljiv kod timskih sportaša.

Prosječna vrijednost asimetrije vršne sile ekstenzije kuka je bila $11,01 \pm 8,36$ %, dok su Frutuoso i sur. (74) na ritmičkim gimnastičarkama dobili prosječne asimetrije vršne sile (izokinetičke) $3,1 \pm 12,7$ % (180 °/s) do $8,5 \pm 12,4$ % (60 °/s) u ekstenzije kuka, s obzirom na brzinu. Zbog toga što je asimetrija ovisna o tipu i brzini kontrakcije naši rezultati nisu usporedivi s istraživanjem Frutuoso i sur. No iz naših rezultata možemo zaključiti da je normativ od 10 % lateralne asimetrije jakosti ekstenzije kuka na zdravoj populaciji sportaša prihvatljiv kod vrhunskih košarkaša.

Razlikama udova u jakosti fleksije i ekstenzije kukova su se bavili i Brown i sur. (117) na ragbijašima, Sugiura i sur. (173) na sprinterima te DeLang i sur. (35) na sveučilišnim nogometašima koji nisu pronašli nikakve značajne razlike među udovima. No, ista istraživanja nisu kvantificirala razlike putem indeksa asimetrije zbog čega je njihova saznanja teško uspoređivati s našima.

Prosječne vrijednosti lateralne asimetrije jakosti abdukcije kuka su bile $3,68 \pm 3,15$ % te adukcije kuka $5,59 \pm 4,77$ %. Ti rezultati se slažu onima istraživanja Thorborg i sur. (122), koji su na nogometašima dobili asimetrije u jakosti izometričke (mjerene ručnim dinamometrom) adukcije od 3 % te abdukcije od 4 %. Također Plastaras i sur. (177) su na trkačicama pokazali slične

rezultate u simetriji jakosti izometričke (mjerene ručnim dinamometrom) abdukcije ($96,6 \pm 16,2$ %). Puno veće vrijednosti lateralnih asimetrija izometričke jakosti (mjerene fiksiranim dinamometrom) abdukcije od 14 % i adukcije od 22 % su pokazali Althrope i sur. (114) na igračima australskog nogometa, no te rezultate su dobili tek u post-hoc analizi kada su izolirali samo seniorske igrače. Thorborg i sur. (86) su na nogometašima pokazali drugačije rezultate kada su mjerili iste pokrete u ekscentričnom režimu rada te su dobili prosječne lateralne asimetrije jakosti adukcije od 14 % te abdukcije od 0 %. Razlikama u jakosti udova u akcijama abdukcije i adukcije kukova bavili su se i Rouissi i sur. (121) koji su na nogometašima pronašli značajnu razliku u izometričkoj jakosti abdukcije no istu nisu pronašli za adukciju kuka. DeLang i sur. (35) nisu pronašli nikakvu značajnu razliku u izometričkoj jakosti između udova u abdukciji i adukciji kuka. No, ista istraživanja nisu kvantificirala razlike putem indeksa asimetrije zbog čega je njihova saznanja teško uspoređivati s našima. Pošto većina radova je u slaganju s našim vrijednostima, kada je u pitanju lateralna asimetrija izometričke jakosti abdukcije i adukcije kuka. Treba naglasiti da zbog niskih prosječnih vrijednosti 3,68 % za abdukciju i 5,59 % za adukciju kuka, normativi graničnih lateralnih asimetrija jakosti kod zdrave sportske populacije bi trebali biti smanjeni na ispod 4 odnosno 6 %.

Prosječne vrijednosti lateralne asimetrije vršne sile unutarnje rotacije kuka su bile $11,52 \pm 7,17$ % te vanjske rotacije kuka $7,90 \pm 5,82$ %. Puno veće vrijednosti su dobili Althrope i sur. (114), koji su kod seniorskih australskih nogometaša pokazali lateralne asimetrije jakosti vanjske rotacije kuka od 19%, no te rezultate također možemo uzeti sa zadržkom iz razloga navedenog u prethodnom odlomku. Isti autori nisu izvijestili o nikakvoj značajnoj lateralnoj asimetriji u jakosti unutarnje rotacije kuka što se ne slaže s rezultatima naše studije. Prema pregledanoj literaturi još se samo rad DeLang i sur. (35) bavio razlikama u jakosti unutarnje i vanjske rotacije kuka, koji nije pronašao nikakvu značajnu razliku između udova, no pošto istraživanje nije kvantificiralo razliku putem indeksa asimetrije teško je uspoređivati rezultate. Vrijednosti lateralnih asimetrija ove studije ukazuju na postavljanje normativa lateralne asimetrije jakosti unutarnje rotacije na 12 % i vanjske rotacije na 8 % kod zdravih vrhunskih košarkaša.

Prosječne lateralne asimetrije gradijenta sile kuka bile su od umjerenih rezultata $10,72 \pm 10,36$ % tijekom adukcije $11,23 \pm 9,67$ % tijekom abdukcije. Unutarnja i vanjska rotacija kuka su pokazale lateralne asimetrije gradijenta sile od $13,17 \pm 9,55$ % i $13,18 \pm 8,83$ %. Dok su puno veći rezultati

asimetrija gradijenta sile pokazani u fleksiji i ekstenziji kuka, $30,56 \pm 21,79 \%$ i $40,35 \pm 20,42 \%$. I ovih rezultata možemo zaključiti da gradijent sile puno bolje naglašava asimetrije kuka od vršne sile, posebno u akcijama fleksije i ekstenzije kuka. Možemo pretpostaviti da je to vezano specifično za košarku zbog velikog broja ubrzavanja i zaustavljanja tijekom igre (198), koji se dominantno događaju preko jedne noge. Pregledom dosadašnje literature nismo pronašli niti jedan rad koje se bavio mjerenjem asimetrije gradijenta sile u akcijama kuka pa je zbog toga usporedba rezultata nemoguća. Također, pošto je istraživanje rađeno na vrhunskim zdravim košarkašima, možemo postaviti normative asimetrija gradijenta sile kod košarkaša. Takve razlike u vrijednostima svih lokalnih lateralnih asimetrija kuka (vršne sile i gradijenta sile) možemo pripisati specifičnostima košarkaških tehnika ulaska u poziciju šuta, dominacije jedne noge kada su jednonožni skokovi u pitanju te u pravilu obrambenog usmjeravanja igrača u lijevu stranu.

Kada su u pitanju prosječne asimetrije opsega pokreta najmanja dobivena asimetrija je ona u fleksiji kuka ($5,91 \pm 6,24 \%$). Veće asimetrije opsega pokreta su pokazane tijekom abdukcije i adukcije kuka, $8,94 \pm 5,72 \%$ i $8,83 \pm 6,73\%$. Dok su asimetrije u opsegu pokreta ekstenzije te vanjske i unutarnje rotacije bile znatno veće, $12,80 \pm 10,95 \%$, $13,00 \pm 14,10 \%$ i $13,54 \pm 10,57 \%$. Kada je u pitanju asimetrija opsega pokreta kuka rezultate ove studije je teško usporediti s dosadašnjim istraživanjima. Većina dosadašnjih istraživanja je rađena na nogometnoj populaciji u kojima neka istraživanja pokazala da nema značajne razlike u nizu opsega različitih pokreta kuka između pucačke i nepucačke noge (120,172), dok druga istraživanja kod iste populacije pokazuju suprotne rezultate (116,124). Samo dva istraživanja su rađena na ne nogometnoj populaciji (ritmička gimnastika (74) i veslanje (106)) te oba pokazuju razliku u opsezima pokreta između strana tijela. Nijedno od navedenih istraživanja nije mjerio razliku strana s indeksom asimetrije što onemogućuje direktnu usporedbu dobivenih rezultata ove studije. Interpretaciju većih vrijednosti asimetrija opsega pokreta ekstenzije i rotacija kuka naspram fleksije, abdukcije i adukcije kuka možemo pripisati specifičnoj adaptaciji košarkaša na zahtjeve sporta. Zbog nedostatka istraživanja asimetrija opsega pokreta kuka možemo, posebno na košarkaškoj populaciji, naše rezultate postaviti kao normative asimetrija opsega pokreta kuka na košarkaškoj populaciji. Odnosno odrediti normativ lateralne asimetrije opsega pokreta fleksije kuka na 6% , abdukcije i adukcije kuka na 9% , ekstenzije te unutarnje i vanjske rotacije na $13-14\%$.

Rezultat prosječne asimetrije vršne sile lateralne fleksije trupa je bio $12,81 \pm 9,61$ % što pokazuje značajne asimetrije u jakosti trupa kod vrhunskih košarkaša. Pregledana literatura nije pokazala istraživanje lateralne asimetrije jakosti trupa na košarkašima. No dosadašnja istraživanja su pokazala da je asimetrija jakosti trupa normalna adaptacija unilateralno asimetričnih sportaša (16,49,184,199). Rezultati ovog istraživanja parcijalno se slažu s rezultatima Mattes i sur. (49) koji su na odbojkašima pokazali asimetrije vršnog momenta sile u rotaciji trupa od $10,0 \pm 12,5$ %. Treba naglasiti da pošto je asimetrija ovisna o pokretu, a Mattesa i sur. su mjerili asimetriju jakosti trupa s rotacijom a ne lateralnom fleksijom trupa, pa zbog toga takvu usporedbu treba uzeti sa zadržkom. Također sva prethodna istraživanja su se bavila populacijama rotacijskih unilateralno asimetričnih sportova poput tenisa (184), golfa (16) i odbojke (199) pa je očekivano da će pokazati asimetrije u jakosti rotacije trupa. Dobivenim asimetrijama jakosti lateralne fleksije trupa kod košarkaša možemo zaključiti da zbog dominacije jedne ruke u driblingu košarkaš dominantno koristi drugu stranu tijela u kontaktu i guranju protivničkih igrača što rezultira razvojem asimetrije jakosti trupa. Nadalje, prosječna asimetrija opsega pokreta lateralne fleksije trupa bila je $8,98 \pm 5,94$ %, pošto nema dosadašnjih istraživanja koja su se bavila asimetrijom ove mjere, ovu asimetriju možemo također postaviti kao normativ na zdravoj košarkaškoj populaciji.

Prosječni rezultat asimetrije funkcionalne dužine noge bio je $0,76 \pm 0,62$ %. Pregledom literature, dosadašnja istraživanja koja su se bavila asimetrijama antropometrijskih karakteristika mjerila su veličine ušiju (166) ,duljine prstiju (166,167), opsega ekstremiteta (166–169), duljine kostiju (169), dimenzije nogu (170). Nadalje, nije pronađen niti jedan rad koji se bavio mjerenjem asimetrija funkcionalne dužine noge te njihov odnos sa sportskom izvedbom. Pregledni rad Kuntsona (200) granicu normalnosti asimetrije funkcionalne dužine noge postavio je na 2 cm te ga nije izrazio u postotku. Prosječna vrijednost funkcionalne dužine noge testiranih košarkaša u ovom radu je $120 \pm 5,2$ cm, što bi značilo da je naša prosječna vrijednosti od 0,76 % asimetrije ekvivalent od 0,9 cm asimetrije. Time možemo utvrditi da ne postoji asimetrijska adaptacija funkcionalne dužine noge kod vrhunskih košarkaša.

Test vertikalnog skoka, jednonožni skok s pripremom, pokazao je asimetriju u visini skoka ($11,12 \pm 8,36$ %) (dobivenu iz brzine odraza) kao najbolji parametar za ocjenu asimetrije, kada su globalne asimetrije u pitanju. Vršna sila i vršna snaga istoga skoka pokazali su asimetrije od $4,77 \pm 4,40$ i $7,06 \pm 5,98$ %. Dok su horizontalni skokovi (jednonožni skok u dalje, jednonožni lateralni

skok i jednonožni troskok) pokazali manje vrijednosti asimetrija ($4,60 \pm 3,19$, $4,82 \pm 3,70$ i $3,48 \pm 2,67$ %). Slične razlike u asimetrijama između visine vertikalnih skokova i dužine horizontalnih skokova su dobivene i u dosadašnjim istraživanjima (45,50,54,57,61,79,80,83). Čime možemo potvrditi prethodna istraživanja koja procjenjuju visinu jednonožnog skoka s pripremom kao najbolji pokazatelj globalne asimetrije skokova. Slične asimetrije (oko 10%) visine jednonožnog skoka s pripremom kod vrhunskih timskih sportaša pokazala su i neka dosadašnja istraživanja (26,45,82,111,55,61,75,77–81), no također postoje istraživanja koja ukazuju i na puno manje asimetrije (< 5%) u visini vertikalnih skokova (44,87,88). Niz istraživanja na različitim zdravim sportskim populacijama je pokazao slične vrijednosti (oko 5%) u asimetrijama dužine horizontalnih skokova dobivene i u ovom istraživanju (44,45,87,110,50,54,57,59,79,80,83,85). Takvi rezultati ukazuju da možemo predložiti smanjenje normativa simetrije u dužini horizontalnih skokovima sa <10% na < 5%, nevezano o dobi sportaša.

Prosječni rezultati asimetrija promjene smjera kretanja ukazuju da ta vrsta asimetrije ima najmanju osjetljivost izražavanja asimetrije od svih motoričkih testova ove studije. Rezultati asimetrija dobiveni u ovoj studiji za promjenu smjera kretanja pod 90, 135 i 180 ° su bili $2,99 \pm 2,59$ %, $2,73 \pm 2,48$ % i $3,16 \pm 2,79$ %. Većina dosadašnjih studija koja se bavila asimetrijom u promjeni smjera kretanja je rađena na mladim nogometašima (63,75,85), mladim košarkašima (54), rekreativnim sportašima (71) i mladim rukometašima (83). Navedene studije su pokazale rezultate asimetrija (pod različitim kutovima) u promjeni smjera kretanja slične kao i u ovoj studiji (oko 3%). Razlozi malih asimetrija u testovima promjene smjera kretanja možemo pripisati dvjema komponentama. Prvo, snažna komponenta linearne brzine tijekom promjene smjera kretanja (201) te drugo, brzina trčanja ima puno manju unutarnju varijabilnost za razliku od npr. izlaza snage tijekom horizontalnih i vertikalnih skokova (197). Iz čega možemo zaključiti da je asimetrija u promjeni smjera kretanja nezavisna o vrsti sporta i dobi sportaša, barem kada su momčadski sportovi u pitanju. Također, da normativ simetrije u promjeni smjera kretanja možemo postaviti na < 3 % za sve momčadske sportove, nevezano o dobi sportaša.

Rezultate agonist – antagonist asimetrija lokalne jakosti kuka i trupa nemoguće je interpretirati u cjelini za sve skupa, kao što smo to radili za lateralne asimetrije. Lateralna asimetrija po pretpostavci teži nuli, dok agonist – antagonist asimetrija teži specifičnom prethodno istraženom normativu za dati pokret. Ta vrsta asimetrije je omjer koji opisuje specifičnu funkcionalnost zgloba

te je zbog toga jako važan pokazatelj zdravlja samog kretanja (202). Zbog toga će se u ovoj raspravi o svakoj vrsti agonist – antagonist asimetrije raspravljati zasebno.

Prosječni omjer (agonist – antagonist asimetrija) jakosti ekstenzije i fleksije trupa je bila $1,27 \pm 0,27$ s rasponom od 0,75 do 2,01. Iako se ti rezultati slažu s rezultatima dosadašnjih studija na općoj populaciji koja je pokazala omjer ekstenzije i fleksije od $1,23 \pm 0,28$ (181), nogometašima koji su pokazali omjer fleksije i ekstenzije od $0,69 \pm 1,02$ (187), takva slaganja moramo uzeti s rezervom pošto su rađena na izokinetičkim aparatima, a omjer jakosti ovisan je o brzini i vrsti kontrakcije (203). Prema pregledanoj literaturi ne postoji istraživanje koje se bavilo izometričkim omjerima jakosti trupa kod vrhunskih košarkaša, pa možemo zaključiti da prema našim rezultatima prosječni omjer od 1,27 reprezentira populaciju vrhunskih košarkaša te je specifična adaptacija na košarku. Također, da košarkaški trening te kondicijski trening za razvoj košarkaša utječe na razvoj prosječne dominantnosti jakosti ekstenzora trupa od oko 30% u odnosu na fleksore trupa.

Prosječni omjer jakosti ekstenzije i fleksije kuka bio je $1,31 \pm 0,27$ za obje noge te $1,32 \pm 0,33$ i $1,30 \pm 2,25$ lijeve i desne noge, s rasponom 0,8 - 2,03 za obje noge. Navedeni rezultati su u neslaganju s dosadašnjim istraživanjima, koja su rađena na nogometašima, koji su dobili omjere jakosti kuka ekstenzije i fleksije dominantne i nedominantne noge ($1,18 \pm 0,21$ i $1,22 \pm 0,33$) (175) te fleksije i ekstenzije dominantne i nedominantne noge ($0,66 \pm 1,91$ i $0,78 \pm 2,05$) no mjerili su jakost s izokinetičkim aparatom pri brzini od 60 i 120 °/s, a omjer jakosti kuka je ovisan o vrsti i brzini kontrakcije (179). Također postoji odstupanje rezultata i sa studijom mjenom na australskim nogometašima koji su dobili rezultate omjera izometričke jakosti fleksije i ekstenzije kuka od 0,8. Takve razlike u omjeru, odnosno većem utjecaju fleksora na sam omjer, možemo pripisati specifičnostima mjerenih sportova, pošto nogomet i australski nogomet imaju komponentu pucanja lopte nogom koju košarka nema.

Prosječni omjer jakosti abdukcije i adukcije kuka je bio $1,07 \pm 0,19$ za obje noge te $1,08 \pm 0,19$ i $1,07 \pm 0,20$ lijeve i desne noge s rasponom 0,79 - 1,52. Rezultati ovog istraživanja su u odmaku od dosadašnjih istraživanja na različitim populacijama. Na nogometašima su dobiveni omjeri od $1,18 \pm 0,21$ na dominantnoj i $1,22 \pm 0,33$ nedominantnoj nozi, a na općoj populaciji $0,78 \pm 0,21$ na dominantnoj i $0,76 \pm 0,16$ (175), no mjerenja su rađena na izokinetičkom aparatu pri brzini od 60°/s, dok je drugo istraživanje pokazalo puno drugačije rezultate ($1,40 \pm 0,53$) također na

nogometašima, ali s brzinom od 120 %s (176). Ostala istraživanja s omjerima jakosti abdukcije i adukcije kuka mjerene izometričkim kontrakcijama su pokazala raznovrsne rezultate. Istraživanje rađeno na nogometašima pokazalo omjer jakosti adukcije i abdukcije kuka od $1,04 \pm 0,18$ za dominantnu i $1,06 \pm 0,17$ za nedominantnu nogu (122). Dok je drugo istraživanje u skladu s našim rezultatima, ono Althrope i sur. (114), koji su na elitnim igračima australskog nogometa dobili prosječne omjere jakosti abdukcije i adukcije od 1,05 te treba naglasiti da je to jedino istraživanje koje mjerilo lokalnu jakost kuka izometričkim akcijama i s fiksiranim dinamometrom, isto kao i ovo istraživanje. Tim rezultatima možemo zaključiti da iako su dosadašnja istraživanja pokazala različite rezultate omjera jakosti abdukcije i adukcije kuka, te različitosti ne možemo pripisati specifičnostima sporta, već metodološkim razlikama kao što su vrste kontrakcija, brzina pokreta te mjerni instrumenti. Nedovoljan je broj studija koji se bavio omjerima jakosti abdukcije i adukcije kuka, posebno na košarkaškoj populaciji, da bi se odredio neki univerzalni normativ za sportsku populaciju. No rezultati ovog istraživanja mogu biti normativ za populaciju vrhunskih košarkaša.

Prosječni omjer jakosti omjer unutarnje i vanjske rotacije kuka bio je $1,15 \pm 0,25$ za obje noge te $1,13 \pm 0,27$ i $1,18 \pm 0,28$ lijeve i desne noge, s rasponom 0,36 - 1,68. Prema pregledanoj literaturi jedino istraživanje koje se bavilo omjerom jakosti unutarnje i vanjske rotacije kuka je ono Althrope i sur. (114), koji su na elitnim igračima australskog nogometa dobili prosječni rezultat 1,15. Pošto je rezultat u potpunom slaganju s našim možemo odrediti takav omjer jakosti kao normativ, kada je u pitanju izometrička akcija, kod vrhunskih igrača australskog nogometa i vrhunskih košarkaša. Premali je broj studija koji je bavio ovom temom za generalniji zaključak.

Asimetrijom kao temom se većina dosadašnjih studija bavila iz aspekta ozljeda dok je odnos među asimetrijama neistraženo područje. Rezultati ove studije su pokazale da je mali broj ($< 10\%$) statistički značajnih povezanosti među asimetrijama među razinama. Iako je pronađen određen broj srednjih razina povezanosti i jedna visoka razina povezanosti između asimetrija, zbog malog broja povezanosti u odnosu ukupni broj možemo, zaključiti nezavisnu prirodu asimetrija u određenim testovima. To ide u prilog dosadašnjim studijama (82,197) koja su pokazala nepostojanost veza između različitih tipova asimetrija na različitim razinama. Također Bishop i sur. (204) su pokazali, da kada uspoređujemo asimetrije između različitih testova, razina povezanosti je većinom niska do srednja.

Dosadašnja istraživanja su pokazala kontradiktorne rezultate kada su u pitanju povezanosti među asimetrijama u različitim testovima (82,197). Autori su ukazali na potrebu za daljnjim istraživanjima koji će proučavati asimetrije na različitim razinama uključujući ostale dijelove tijela i drugačije testove na različitim populacijama, pošto je većina dosadašnjih istraživanja ovog tipa rađena na nogometnoj populaciji (85).

Iz rezultata povezanosti lokalnih i globalnih asimetrija možemo vidjeti da je najveća povezanost između asimetrija u visini jednonožnog skoka s pripremom i vršne sile ($r = 0,58$, $p < 0,01$) te vršne snage ($r = 0,50$, $p < 0,01$) abdukcije kuka. Također dobiven je i određen broj srednjih razina povezanosti između asimetrija lokalne vršne sile i gradijenta sile kuka te parametara jednonožnog skoka u vis ($r = -0,31$, $-0,38$ i $0,31$, $p < 0,05$) te dužine jednonožnog troskoka ($r = -0,37$, $p < 0,05$). Pregledom literature nismo pronašli studiju koja se bavila s povezanosti asimetrija različitih parametara vertikalnih skokova te asimetrijama jakosti i opsega kuka tako da direktnu usporedbu nije moguće napraviti. No postoje istraživanja koja se su se bavila odnosima lokalnih i globalnih asimetrija, usporedba s njima će biti napravljena u ovom odlomku. Brojna istraživanja su rađena s bilateralnim testovima (47,56,58,90) pa njihove rezultate moramo uzeti sa zadržkom. Nadalje, s unilateralnim testovima, Loturco i sur. (82) su pokazali povezanost između asimetrija jakosti fleksije koljena i asimetrije visine jednonožnog skoka s pripremom ($r = 0,61$). Također postoji veći broj radovi koji je pokazao različite odnose asimetrije jakosti kuka s asimetrijom tijekom kinematike trčanja (205), jednonožnih skokova (206), jednonožnih doskoka (207) i jednonožnog čučnja (208). Sa svim tim informacijama može se zaključiti da postoji određeni odnos odnosno prijenos asimetrije jakosti s lokalne razine kuka i asimetrija u parametrima vertikalnog skoka, no kao što je dokazano u dosadašnjim studijama takve povezanosti nisu visoke. Rezultati su također pokazali povezanost između asimetrija opsega pokreta fleksije kuka i asimetrija u visini ($r = 0,43$, $p < 0,01$) i vršnoj snazi ($r = 0,40$, $p < 0,01$) tijekom jednonožnog skoka s pripremom. Također, jedina agonist – antagonist lokalna asimetrija kuka koje je bila povezana s globalnom asimetrijom vršne snage tijekom jednonožnog skoka s pripremom je ona omjera jakosti unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka ($r = 0,30$, $p < 0,05$). Ti rezultati dodatno pokazuju još manji broj niskih do srednjih povezanosti između ostalih vrsta asimetrija lokalne jakosti (agonist – antagonist) i opsega kuka s globalnim asimetrijama u različitim parametrima jednonožnog skoka u vis. Takvi rezultati, iako pokazuju određenu dozu povezanosti, ukazuju da je varijanca lokalnih asimetrija premala da bi opisala veću količinu kompleksne varijance kao što je globalna asimetrija skokova.

Lokalna lateralna asimetrija jakosti trupa je bila povezana s vršnom snagom tijekom jednonožnog skoka s pripremom ($r = 0,31$, $p < 0,05$), nijedna druga lateralna asimetrija trupa nije bila povezana s nijednom globalnom asimetrijom. Takvi rezultati ukazuju da mali i neznačajan odnos lateralnih asimetrija jakosti i opsega pokreta trupa s globalnim asimetrijama u skokovima. Pregledom dosadašnje literature nije pronađen rad koji se bavio odnosima lokalnih asimetrija trupa s globalnim asimetrijama skokova.

Asimetrija u funkcionalnoj dužini noge je pokazala povezanost s omjerom vršne sile ekstenzije i fleksije lijevog kuka ($r = 0,31$, $p < 0,05$). Iako je povezanost srednja s tendencijom da bude niska, te pošto se radi o agonist-antagonist asimetriji samo jednog kuka takav odnos možemo objasniti disbalansom jakosti ekstenzora i fleksora kuka, koji uzrokuje lateralni nagib zdjelice te samim time i disbalans funkcionalne dužine noge.

Rezultati su pokazali mali broj srednjih i samo jednu visku povezanost između asimetrija na lokalnoj i globalnoj razini. Od mogućih 210 povezanosti samo ih je 13 bilo statistički značajno, što je oko 6 %. Tako mali broj i nisku razinu povezanosti između lokalnih i globalnih asimetrija možemo pripisati multifaktorijalnosti samih globalnih asimetrija, zbog toga je njihovu varijancu teško opisati samo jednim parametrom lokalne asimetrije. Prva hipoteza ove studije je bila da postoji povezanost lokalnih asimetrija opsega pokreta i jakosti kuka i trupa s globalnim asimetrijama skokova. Dobivenim rezultatima te njihovom interpretacijom, uzevši u obzir dosadašnje znanje i rezultate u pregledanim istraživanjima gore navedena hipoteza se može samo djelomično prihvatiti.

Prema rezultatima povezanosti lokalnih asimetrija kuka i trupa te asimetrija promjene smjera kretanja po tri različita kuta (90° , 135° i 180°), jedino je asimetrija promjene smjera kretanja za 180° imala značajnu povezanost s više različitih lokalnih asimetrija. S lokalnom lateralnom asimetrijom gradijenta sile abdukcije kuka ($r = 0,31$, $p < 0,05$), sa svim rezultatima (lijeva, desna i prosječna vrijednost) omjera vršne sile abdukcije i adukcije kuka ($r = -0,40$, $-0,36$, $-0,37$, $p < 0,05$) i omjerom vršne sile ekstenzije i fleksije trupa ($r = 0,37$, $p < 0,05$). Dok su ostala dva kuta promjene smjera kretanja pokazala povezanosti samo s jednom lokalnom asimetrijom, asimetrija u promjeni smjera kretanja za 90° s asimetrijom opsega pokreta abdukcije kuka ($r = -0,31$, $p < 0,05$) te asimetrija u promjeni smjera kretanja za 135° s asimetrijom gradijenta sile fleksije kuka ($r = -$

0,34, $p < 0,05$). Iako prema pregledanoj literaturi nije pronađena niti jedna studija se bavila povezanošću lokalnih asimetrija i asimetrija promjene smjera kretanja pa direktnu usporedbu rezultata nije moguće napraviti. Iz rezultata ove studije možemo zaključiti da postoji povezanost lokalnih asimetrija kuka i trupa s asimetrijom promjene smjera kretanja za 180° , što ne možemo zaključiti za preostale dvije asimetrije promjene smjera kretanja za 90° i 135° . Od mogućih 90 povezanosti samo ih je 7 bilo statistički značajno, što je oko 8 %. Veliki dio statistički značajnih povezanosti bio je s asimetrijom promjene smjera kretanja za 180° , pa zbog toga druga hipoteza da postoji povezanost između lokalnih asimetrija i asimetrija promjene smjera kretanja samo se djelomično može prihvatiti.

Kada je u pitanju odnos asimetrija na globalnoj razini i asimetrija u promjene smjera kretanja, rezultati naše studije pokazali su statistički značajnu povezanost samo između asimetrija promjene smjera kretanja za 90° i asimetrija dužine jednonožnog lateralnog skoka ($r = 0,34$, $p < 0,05$) i jednonožnog troskoka ($r = 0,32$, $p < 0,05$). Asimetrije u promjeni smjera kretanja za 135° i 180° nisu pokazale nikakvu značajnu povezanost s globalnim asimetrijama. Samo su dvije studije proučavale odnose globalnih asimetrija i asimetrija u promjeni smjera kretanja. Bishop i sur. (75) su pronašli povezanost između asimetrija u različitim parametrima jednonožnog dubinskog skoka i skoka s pripremom te asimetrije promjene smjera kretanja za 180° ($r = -0,24 - 0,45$). Dok su Raya-Gonzalez i sur. (63) pronašli povezanost između asimetrija vertikalnih skokova (Abalakov test) i izo-inercijskih testova jakosti s asimetrijom u promjeni smjera kretanja za 90° ($r = 0,03 - 0,40$). Iako se veličine asimetrija dosadašnjih studija slažu, rezultati dosadašnjih studija se ne slažu pošto asimetrija u vertikalnim skokovima i promjeni smjera kretanja za 180° nisu pokazale povezanost ni s jednom drugom asimetrijom. Takvu različitost rezultata možemo pripisati različitostima populacije pošto su navedene studije rađene na mladim nogometašima i nogometašicama. Također postoji odstupanje u odabiru testova. Od moguće 21 povezanosti samo ih je dva bilo statistički značajno, što je oko 10 %. Jedine statistički značajne povezanosti bile su s asimetrijom promjene smjera kretanja za 90° pa zbog toga treća hipoteza da postoji povezanost između globalnih asimetrija i asimetrija promjene smjera kretanja se može samo djelomično prihvatiti.

Uzimajući u obzir naše rezultate, možemo zaključiti da su asimetrije u pravilu nezavisne jedna o drugoj. Pošto jednim testom i/ili parametrom lokalne asimetrije ne možemo opisati veliki dio

varijance druge globalne asimetrije ili asimetrije u promjeni smjera kretanja. Zbog toga, tendenciju i praksu da se jednom vrstom asimetrije opiše „općenita“ asimetrija među udovima smatram nedovoljnom i pogrešnom. Zbog sličnih zaključaka na različitim populacijama (82,197,204) možemo zaključiti da nepostojanje visoke i česte povezanosti između asimetrija u različitim zadacima i razinama nema veze odabranom populacijom već s varijabilnošću same asimetrije.

Kao što je u uvodu već opisano, promjena smjera kretanja kompleksna je motorička sposobnost te jako dobar reprezentant motoričke učinkovitosti u timskim sportovima, posebno košarci (198). Također ona je determinirana izvedbom ostalih sposobnosti na lokalnoj i globalnoj razini tijela (151). Iz tog razloga asimetriju promjene smjera kretanja možemo uzeti kao dobar reprezentant generalne asimetrije kod timskih sportaša. Pošto smo već zaključili da sama lokalna i globalna asimetrija je povezana s asimetrijom u promjeni smjera kretanja ali je ona niska do srednja, te rijeko visoka, možemo pretpostaviti da bi lokalnim i globalnim asimetrijama mogli opisati veći dio varijance asimetrije u promjeni smjera kretanja. Rezultatima regresijske analize smo dobili da je model asimetrija dužine jednonožnog lateralnog skoka, vršne sile vanjske rotacije kuka, opsega pokreta abdukcije kuka te opsega pokreta fleksije kuka opisao 49% varijance ($R^2 = 0,49$, $p < 0,01$) asimetrije promjene smjera kretanja za 90° . Regresijski model asimetrije opsega pokreta kuka opisao je 18% varijance ($R^2 = 0,18$, $p = 0,005$) asimetrije promjene smjera kretanja za 135° . Regresijski model omjera vršne sile abdukcije i adukcije lijeve noge, ekstenzije i fleksije lijeve i desne noge, asimetrije vršne sile adukcije, ekstenzije, fleksije i unutarnje rotacije kuka, asimetrije gradijenta sile ekstenzije, abdukcije i vanjske rotacije kuka te asimetrije dužine jednonožnog troskoka i vršne sile tijekom jednonožnog skoka s pripremom opisao je 76 % varijance ($R^2 = 0,76$, $p < 0,01$) asimetrije promjene smjera kretanja za 180° . Navedeni rezultati dokazuju prihvaćanje pete hipoteze, da lokalne i globalne asimetrije utječu na asimetrije u promjeni smjera kretanja. Korelacijski dio istraživanja ove studije je dokazao da postoje povezanosti među asimetrijama na različitim razinama. Povezanosti su bile rijetke te niske do srednje u svojoj visini korelacije, a pošto su regresijski modeli uspjeli opisati čak i do 76 % varijance asimetrije promjene smjera kretanja, može se zaključiti da asimetrije čak i one u vrlo kompleksnim gibanjima, ovisne jedna o drugoj, ali da je potreban veći broj testova da bi opisali njenu varijancu. Pa je tako praksa s kojom se asimetrija tijela procjenjuje s malim brojem testova kriva. Nadalje, različitosti varijabli i njihov utjecaja na različite kutove promjene smjera kretanja možemo pripisati tehničkim zahtjevima i

drugačijim ulogama dijelova tijela kod različitih kutova promjene smjera kretanja (209). Povećanje kuta promjene smjera kretanja iziskuje veću abdukciju kuka (zbog lateralnijeg postavljanja stopala na podlogu) i nagnjanje trupa što rezultira većem momentu sila tijekom istih pokreta (151). Također povećanjem kuta promjene smjera kretanja mišići kuka više služe stabilizaciji nego propulziji tijekom promjene smjera (209) te funkcija trupa koja agresivno preusmjerava tijelo u novi smjer kretanja pridonosi izvedbi (160).

Takvu raznolikost lokalnih i globalnih asimetrija, iz istih gore navedenih razloga, možemo vidjeti i u modelima s kojima opisujemo i rezultat a ne asimetriju u promjeni smjera kretanja. Pa je tako regresijski model s omjerom vršne sile unutarnje i vanjske rotacije kuka te asimetrije gradijenta sile abdukcije kuka, opsega pokreta fleksije kuka, funkcionalne dužine noge, dužine jednonožnog troskoka i vršne sile lateralne fleksije trupa opisao 48 % varijance ($R^2 = 0,48$, $p < 0,01$) izvedbe u T-test-u. Regresijski model prosječnog omjera vršne sile unutarnje i vanjske rotacije kuka, asimetrije u dužini jednonožnog skoka u dalje i vršne sile lateralne fleksije trupa opisao je 30 % varijance ($R^2 = 0,30$, $p = 0,003$) izvedbe promjene smjera kretanja za 135° . Regresijski model omjera vršne sile unutarnje i vanjske rotacije lijevog kuka i ekstenzije i fleksije desnog kuka, asimetrije u promjeni smjera kretanja za 180° i 135° te asimetrije u dužini jednonožnog troskoka, vršne sile abdukcije kuka, gradijenta sile abdukcije kuka i funkcionalne dužine noge opisao je 53% varijance izvedbe u promjeni smjera kretanja za 180° . Iako se ti modeli slažu, posebno onaj utjecaja asimetrija na izvedbu u T-test-u, s rezultatima istraživanja (60,109) koja su proučavala povezanost lokalnih lateralnih asimetrija jakosti koljena s izvedbom u T-test-u ($r = 0,397 - 0,669$, s obzirom na pokret i brzinu pokreta), povezanost globalnih asimetrija i izvedbe u promjeni smjera kretanja pokazala su puno ne konzistentnije rezultate. Dosadašnja istraživanja nisu pokazala povezanost između globalnih asimetrija u testovima jakosti i izvedbe u promjeni smjera kretanja (53,63,85). Dok iako većina istraživanja koja je proučavala odnos globalnih asimetrija skokova i izvedbe u promjeni smjera kretanja nije pronašla značajnu razinu povezanosti bez obzira na vrstu skoka i kut promjene smjera kretanja (57,61,85,111), Bishop i sur., kroz dva istraživanja mladim nogometašima i nogometašicama, su dokazali povezanost između asimetrija u visini jednonožnog skoka s pripremom i izvedbe u promjeni smjera kretanja za 180° ($r = 0,52 - 0,66$) (75,84). Nadalje, samo jedan rad, Maloney i sur. (71), je radio regresijski model utjecaja asimetrija na izvedbu u promjeni smjera kretanja, no njihov model se sastojao od dva nezavisna faktora od kojih jedan nije bio asimetrija već krutost tijekom dubinskog skoka. Iz dobivenih i dosadašnjih rezultata možemo

zaključiti da iako postoje istraživanja koja pokazuju povezanost između asimetrija i izvedbe u promjeni smjera kretanja, preveliki broj istraživanja posebno onaj s globalnim asimetrijama ukazuje na nedovoljnost jedne vrste asimetrije da značajno opiše varijancu kompleksne sposobnosti kao što je promjena smjera kretanja. Stoga naši modeli ukazuju da lokalna i globalna asimetrija utječe na sportsku izvedbu, ali ne kao zasebna varijabla, već skup asimetrija je ta determinanta koja može dovesti do utjecaja na rezultat. Također, promatrajući regresijske koeficijente nezavisnih varijabli unutar modela možemo vidjeti da one negativno utječu na rezultat u testovima promjene smjera kretanja, što ukazuje na odnos asimetrija i sportske izvedbe te da bi sportaši trebali težiti simetriji. Pa tako možemo prihvatiti četvrtu hipotezu da lokalna asimetrija u jakosti i opsegu pokreta kuka i trupa te globalna asimetrija skokova utječe na izvedbu u promjeni smjera kretanja.

Potrebno je naglasiti i ograničenosti ove studije. Ovo istraživanje je mjerilo asimetrije samo u jednoj vremenskoj točki, buduća istraživanja bi se trebala usmjeriti na longitudinalno praćenje asimetrija, npr. tijekom jedne sezone, te tako bi se vidjelo kako sezona utječe na fluktuaciju asimetrija te kako iste utječu na odnose među asimetrijama i njen utjecaj na izvedbu. To bi pomoglo u determiniranju važnosti i ulozi sportskih asimetrija. Nadalje, zbog linearne trkačke komponente tijekom promjene smjera kretanja, možemo pretpostaviti da bi deficit u promjeni smjera kretanja u budućim studijama bolje opisao asimetrije u toj sposobnosti i tako bolje pokazao odnose lokalnih i globalnih asimetrija na asimetriju i izvedbu u promjeni smjera kretanja. Većine studija koja su se bavila asimetrijama rađena su na muškoj populaciji, pa bi istraživanja asimetrija na sportašicama različitih sportova odgovorila na pitanja važnosti asimetrija na ženskoj populaciji. Rezultati ove studije ukazuju na potrebu dodatnih studija s većim brojem asimetrija na različitim razinama, u različitim sposobnostima i na više dijelova tijela da bi se bolje razumjeli odnosi među asimetrijama i njihov utjecaj na rezultat.

7. ZAKLJUČAK

Deskriptivni pokazatelji ukazali su veliku varijabilnost među različitim tipovima asimetrija. Samim tim rasponom vrijednosti asimetrija možemo zaključiti da se ne može postaviti unificirana vrijednost (5, 10 ili 15%) kao granica normalne asimetrije odnosno granica simetrije. Jedan od ciljeva ovog istraživanja je bio da se utvrdi povezanost između lokalnih i globalnih asimetrija te lokalnih asimetrija i asimetrija u kompleksnim gibanjima. Određene asimetrije su pokazale visoku razinu povezanosti, no to je bilo rijetko te je broj značajnih povezanosti s obzirom na broj mjerenih asimetrija nizak. Takvi rezultati ukazuju na nezavisnost asimetrija te da se očekivani doprinos ove studije kojim bi se reducirao broj testova za mjerenje asimetrija sportaša mora odbaciti. Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj lokalnih asimetrija (trup i kuk) i globalnih asimetrija (skokovi) na izvedbu i asimetrije kompleksnih gibanja (brza promjena smjera kretanja). Da bi utvrdili koja vrsta i tip asimetrija utječu na asimetrije i izvedbu promjene smjera kretanja izveli smo višestruke linearne regresijske analize. Pošto su različiti modeli opisali između 10 i 48% (s obzirom na test promjene smjera) varijance izvedbe promjene smjera kretanja, to dokazuje postojanost odnosa između asimetrija i sportske izvedbe. Isto tako, regresijskim modelima je pokazano da postoji i visoki odnos među asimetrijama, ali da je za njega potrebno veći broj asimetrija da bi se opisala generalnija asimetrija sportaša poput asimetrije u promjeni smjera kretanja. Nadalje, regresijski model koji je najbolje opisao izvedbu u promjeni smjera kretanja (T-test) je uključivao asimetriju u maksimalnoj jakosti i gradijentu sile kuka i trupa, opsegu pokreta kuka, vertikalnom skoku te funkcionalnoj dužini noge. Iz toga možemo zaključiti da samo širok spektar testova može u potpunosti opisati asimetričnost sportaša koja bi utjecala na njegovu sportsku izvedbu.

8. ZNANSTVENI DOPRINOS

Zbog velikog broja testova ove studija postavlja veliki broj normativnih vrijednosti asimetrija u d osada neistraženim dijelovima tijela i testovima te kod do sada neistražene populacije vrhunskih košarkaša. Pošto je ovo prvo istraživanje asimetrija na vrhunskim zdravim košarkašima sve mjere asimetrije se mogu uzeti kao normativi za košarkašku populaciju. Ova studija je postavila odnos lanca asimetrija proksimalnih dijelova tijela s globalnim asimetrija i asimetrijama i izvedbi u promjeni smjera kretanja. Također je dokazala do sada nedokazani utjecaj većeg broja asimetrija na izvedbu i asimetrije u promjeni smjera kretanja kao reprezentanta sportske izvedbe kako u košarci tako i u većini timskih sportova. Stoga, takva saznanja usmjeravaju praktičare da njihove intervencije u svrhu poboljšanja izvedbe promjene smjera kretanja bi trebale biti usmjerene na više vrsta asimetrija u različitim sposobnostima i na više razina. Također, istraživanje pokazuje da je potrebna široka baterija testova različitih lokalnih i globalnih asimetrija da se dobije potpuna slika sportaševe asimetričnosti.

9. LITERATURA

1. Maloney SJ. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *J strength Cond Res.* 2019 Sep;33(9):2579–93.
2. Valen L Van. A Study of Fluctuating Asymmetry. *Evolution (N Y).* 1962 Jun;16(2):125.
3. Thoday JM. Homeostasis in a selection experiment. *Heredity (Edinb).* 1958;12(4):401–15.
4. Creighton H, Waddington CH. The Strategy of the Genes. *AIBS Bull.* 1958 Apr;8(2):49.
5. Tomkins JL, Kotiaho JS. Fluctuating Asymmetry. In: *Encyclopedia of Life Sciences.* Chichester: John Wiley & Sons, Ltd; 2002. p. 217.
6. Menzel H-J, Chagas MH, Szmuchrowski LA, Araujo SRS, de Andrade AGP, de Jesus-Moraleida FR. Analysis of Lower Limb Asymmetries by Isokinetic and Vertical Jump Tests in Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(5):1370–7.
7. Guiard Y. Asymmetric Division of Labor in Human Skilled Bimanual Action. *J Mot Behav.* 1987;19(4):486–517.
8. Kobayashi Y, Kubo J, Matsuo A, Matsubayashi T, Kobayashi K, Ishii N. Bilateral Asymmetry in Joint Torque During Squat Exercise Performed by Long Jumpers. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2826–30.
9. Turner A, Bishop C, Chavda S, Edwards M, Brazier J, Kilduff LP. Physical Characteristics Underpinning Lunging and Change of Direction Speed in Fencing. *J Strength Cond Res.* 2016 Aug;30(8):2235–41.
10. Hart NH, Nimphius S, Weber J, Spiteri T, Rantalainen T, Dobbin M, et al. Musculoskeletal Asymmetry in Football Athletes: A Product of Limb Function over Time. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(7):1379–87.
11. Rouissi M, Chtara M, Owen A, Burnett A, Chamari K. Change of direction ability in young elite soccer players: determining factors vary with angle variation. *J Sports Med*

- Phys Fitness. 2017;57(7–8):960–8.
12. Exell TA, Gittoes MJR, Irwin G, Kerwin DG. Gait asymmetry: composite scores for mechanical analyses of sprint running. *J Biomech.* 2012;45(6):1108–11.
 13. Seminati E, Nardello F, Zamparo P, Ardigò LP, Faccioli N, Minetti AE. Anatomically asymmetrical runners move more asymmetrically at the same metabolic cost. *PLoS One.* 2013;8(9):e74134.
 14. Lauder MA, Lake JP. Biomechanical comparison of unilateral and bilateral power snatch lifts. *J strength Cond Res.* 2008;22(3):653–60.
 15. Luk H-Y, Winter C, O'Neill E, Thompson BA. Comparison of Muscle Strength Imbalance in Powerlifters and Jumpers. *J Strength Cond Res.* 2014 Jan;28(1):23–7.
 16. Bae JH, Kim D-K, Seo KM, Kang SH, Hwang J. Asymmetry of the isokinetic trunk rotation strength of korean male professional golf players. *Ann Rehabil Med.* 2012;36(6):821–7.
 17. Ellenbecker TS, Roetert EP, Sueyoshi T, Riewald S. A descriptive profile of age-specific knee extension flexion strength in elite junior tennis players. *Br J Sports Med.* 2007;41(11):728–32.
 18. Magalhães J, Oliveira J, Ascensão A, Soares J. Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2004;44(2):119–25.
 19. Masuda K, Kikuhara N, Takahashi H, Yamanaka K. The relationship between muscle cross-sectional area and strength in various isokinetic movements among soccer players. *J Sports Sci.* 2003;21(10):851–8.
 20. Ostenberg A, Roos E, Ekdahl C, Roos H. Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 1998;8(5 Pt 1):257–64.

21. Poulis I, Chatzis S, Christopoulou K, Tsolakis C. Isokinetic strength during knee flexion and extension in elite fencers. *Percept Mot Skills*. 2009;108(3):949–61.
22. Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Associations Between Measures of Balance and Lower-Extremity Muscle Strength/Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2015;45(12):1671–92.
23. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA. Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J strength Cond Res*. 2005;19(4):950–8.
24. D. Bazylar C, A. Bailey C, Chiang C-Y, Sato K, H. Stone M. The effects of strength training on isometric force production symmetry in recreationally trained males. *J Trainology*. 2014;3(1):6–10.
25. Al Haddad H, Simpson BM, Buchheit M, Di Salvo V, Mendez-Villanueva A. Peak match speed and maximal sprinting speed in young soccer players: effect of age and playing position. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(7):888–96.
26. Al Haddad H, Simpson BM, Buchheit M, Di Salvo V, Mendez-Villanueva A. Peak match speed and maximal sprinting speed in young soccer players: effect of age and playing position. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(7):888–96.
27. Teixeira MCT, Teixeira LA. Leg preference and interlateral performance asymmetry in soccer player children. *Dev Psychobiol*. 2008;50(8):799–806.
28. Wang Z, Newell KM. Footedness exploited as a function of postural task asymmetry. *Laterality*. 2013;18(3):303–18.
29. Shigaki L, Rabello LM, Camargo MZ, Santos VB da C, Gil AW de O, Oliveira MR de, et al. Análise comparativa do equilíbrio unipodal de atletas de ginástica rítmica. *Rev Bras Med do Esporte*. 2013;19(2):104–7.
30. Carpes FP, Mota CB, Faria IE. On the bilateral asymmetry during running and cycling - a review considering leg preference. *Phys Ther Sport*. 2010 Nov;11(4):136–42.

31. Teixeira LA, Caminha LQ. Intermanual transfer of force control is modulated by asymmetry of muscular strength. *Exp brain Res.* 2003;149(3):312–9.
32. Vangheluwe S, Puttemans V, Wenderoth N, Van Baelen M, Swinnen SP. Inter- and intralimb transfer of a bimanual task: generalisability of limb dissociation. *Behav Brain Res.* 2004;154(2):535–47.
33. Teixeira LA, Gasparetto ER. Lateral asymmetries in the development of the overarm throw. *J Mot Behav.* 2002;34(2):151–60.
34. Serrien DJ, Ivry RB, Swinnen SP. Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nat Rev Neurosci.* 2006;7(2):160–6.
35. DeLang MD, Kondratak M, DiPace LJ, Hew-Butler T. Collegiate Male Soccer Players Exhibit Between-Limb Symmetry in Body Composition, Muscle Strength, and Range of Motion. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(7):1087–94.
36. Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Coutts AJ, Wisløff U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):227–33.
37. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisløff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med.* 2005;35(6):501–36.
38. Bradley PS, Di Mascio M, Peart D, Olsen P, Sheldon B. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J strength Cond Res.* 2010;24(9):2343–51.
39. Gür H, Akova B, Pündük Z, Küçüköğlü S. Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 1999;9(2):81–7.
40. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *J Sports Sci Med.* 2010;9(3):364–73.

41. Grouios G, Kollias N, Koidou I, Poderi A. Excess of mixed-footedness among professional soccer players. *Percept Mot Skills*. 2002;94(2):695–9.
42. Bishop C, Read P, Chavda S, Turner A. Asymmetries of the Lower Limb: The Calculation Conundrum in Strength Training and Conditioning. *Strength Cond J*. 2016;38(6):27–32.
43. Ceroni D, Martin XE, Delhumeau C, Farpour-Lambert NJ. Bilateral and gender differences during single-legged vertical jump performance in healthy teenagers. *J strength Cond Res*. 2012;26(2):452–7.
44. Lisee C, Slater L, Hertel J, Hart JM. Effect of Sex and Level of Activity on Lower-Extremity Strength, Functional Performance, and Limb Symmetry. *J Sport Rehabil*. 2019;28(5):413–20.
45. Clark NC, Mullally EM. Prevalence and magnitude of preseason clinically-significant single-leg balance and hop test asymmetries in an English adult netball club. *Phys Ther Sport*. 2019;40:44–52.
46. Schiltz M, Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard J-M, Croisier J-L. Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train*. 2009;44(1):39–47.
47. Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, Heiderscheid BC. Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry During Jumping in Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(4):884–91.
48. Gonzalo-Skok O, Serna J, Rhea MR, Marín PJ. Relationships between functional movement tests and performance tests in young elite male basketball players. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10(5):628–38.
49. Mattes K, Wollesen B, Manzer S. Asymmetries of maximum trunk, hand, and leg strength in comparison to volleyball and fitness athletes. *J Strength Cond Res*. 2018;32(1):57–65.
50. Hewit JK, Cronin JB, Hume PA. Asymmetry in multi-directional jumping tasks. *Phys Ther Sport*. 2012;13(4):238–42.

51. Arevalo JA, Lynn SK, Bagley JR, Brown LE, Costa PB, Galpin AJ. Lower-Limb Dominance, Performance, and Fiber Type in Resistance-trained Men. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(5):1054–60.
52. Bravo-Sánchez A, Abián P, Jiménez F, Abián-Vicén J. Myotendinous asymmetries derived from the prolonged practice of badminton in professional players. Boullosa D, editor. *PLoS One.* 2019;14(9):e0222190.
53. Chieh-Ying Chian. Lower Body Strength and Power Characteristics Influencing Change of Direction and Straight-Line Sprinting Performance in Division I Soccer Players: An Exploratory Study. East Tennessee State University; 2014.
54. Fort-Vanmeerhaeghe A, Montalvo AM, Sitjà-Rabert M, Kiefer AW, Myer GD. Neuromuscular asymmetries in the lower limbs of elite female youth basketball players and the application of the skillful limb model of comparison. *Phys Ther Sport.* 2015;16(4):317–23.
55. Fort-Vanmeerhaeghe A, Gual G, Romero-Rodriguez D, Unnitha V. Lower Limb Neuromuscular Asymmetry in Volleyball and Basketball Players. *J Hum Kinet.* 2016;50(1):135–43.
56. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, Marcora SM. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(11):2044–50.
57. Lockie RG, Callaghan SJ, Berry SP, Cooke ERA, Jordan CA, Luczo TM, et al. Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *J strength Cond Res.* 2014;28(12):3557–66.
58. Newton RU, Gerber A, Nimphius S, Shim JK, Doan BK, Robertson M, et al. Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *J strength Cond Res.* 2006;20(4):971–7.
59. Read PJ, Oliver JL, Myer GD, De Ste Croix MBA, Lloyd RS. The Effects of Maturation on Measures of Asymmetry During Neuromuscular Control Tests in Elite Male Youth

- Soccer Players. *Pediatr Exerc Sci*. 2018;30(1):168–75.
60. Coratella G, Beato M, Schena F. Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer-players. *Hum Mov Sci*. 2018 Jun;59:81–7.
 61. Fort-Vanmeerhaeghe A, Bishop C, Buscà B, Aguilera-Castells J, Vicens-Bordas J, Gonzalo-Skok O. Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. Mierau A, editor. *PLoS One*. 2020;15(3):e0229440.
 62. Boccia G, Brustio PR, Buttacchio G, Calabrese M, Bruzzone M, Casale R, et al. Interlimb Asymmetries Identified Using the Rate of Torque Development in Ballistic Contraction Targeting Submaximal Torques. *Front Physiol*. 2018;9:1701.
 63. Raya-González J, Bishop C, Gómez-Piqueras P, Veiga S, Viejo-Romero D, Navandar A. Strength, Jumping, and Change of Direction Speed Asymmetries Are Not Associated With Athletic Performance in Elite Academy Soccer Players. *Front Psychol*. 2020;11:175.
 64. Bailey C, Sato K, Alexander R, Chiang C-Y, H. Stone M. Isometric force production symmetry and jumping performance in collegiate athletes. *J Trainology*. 2013;2(1):1–5.
 65. Bailey CA, Sato K, Burnett A, Stone MH. Force-production asymmetry in male and female athletes of differing strength levels. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(4):504–8.
 66. Bailey CA, Sato K, Burnett A, Stone MH. Carry-Over of Force Production Symmetry in Athletes of Differing Strength Levels. *J strength Cond Res*. 2015;29(11):3188–96.
 67. Kobayashi Y, Kubo J, Matsubayashi T, Matsuo A, Kobayashi K, Ishii N. Relationship between bilateral differences in single-leg jumps and asymmetry in isokinetic knee strength. *J Appl Biomech*. 2013;29(1):61–7.
 68. Kubo T, Muramatsu M, Hoshikawa Y, Kanehisa H. Profiles of trunk and thigh muscularity in youth and professional soccer players. *J strength Cond Res*.

- 2010;24(6):1472–9.
69. Trzaskoma Z, Ilnicka L, Wiszomirska I, Wit A, Wychowański M. Laterality versus jumping performance in men and women. *Acta Bioeng Biomech.* 2015;17(1):103–10.
 70. Maloney SJ, Richards J, Nixon DGD, Harvey LJ, Fletcher IM. Vertical stiffness asymmetries during drop jumping are related to ankle stiffness asymmetries. *Scand J Med Sci Sports.* 2017 Jun;27(6):661–9.
 71. Maloney SJ, Richards J, Nixon DGD, Harvey LJ, Fletcher IM. Do stiffness and asymmetries predict change of direction performance? *J Sports Sci.* 2017;35(6):547–56.
 72. Nadler SF, Malanga GA, DePrince M, Stitik TP, Feinberg JH. The relationship between lower extremity injury, low back pain, and hip muscle strength in male and female collegiate athletes. *Clin J Sport Med.* 2000;10(2):89–97.
 73. Nadler SF, Malanga GA, Bartoli LA, Feinberg JH, Prybicien M, DePrince M. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(1):9–16.
 74. Frutuoso AS, Diefenthaler F, Vaz MA, Freitas C de la R. Lower Limb Asymmetries in Rhythmic Gymnastics Athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(1):34–43.
 75. Bishop C, Turner A, Maloney S, Lake J, Loturco I, Bromley T, et al. Drop Jump Asymmetry is Associated with Reduced Sprint and Change-of-Direction Speed Performance in Adult Female Soccer Players. *Sports.* 2019;7(1):29.
 76. Bishop C, Read P, Lake J, Loturco I, Dawes J, Madruga M, et al. Unilateral Isometric Squat: Test Reliability, Interlimb Asymmetries, and Relationships With Limb Dominance. *J strength Cond Res.* 2019;Publish Ah(00):1.
 77. Bishop C, McAuley W, Read P, Gonzalo-Skok O, Lake J, Turner A. Acute Effect of Repeated Sprints on Interlimb Asymmetries During Unilateral Jumping. *J strength Cond Res.* 2019 Mar 6;Publish Ah(10):1.

78. Bromley T, Turner A, Read P, Lake J, Maloney S, Chavda S, et al. Effects of a Competitive Soccer Match on Jump Performance and Interlimb Asymmetries in Elite Academy Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2018;Publish Ah(February):1.
79. Gonzalo-Skok O, Moreno-Azze A, Arjol-Serrano JL, Tous-Fajardo J, Bishop C. A Comparison of 3 Different Unilateral Strength Training Strategies to Enhance Jumping Performance and Decrease Interlimb Asymmetries in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;1256–64.
80. Bishop C, Read P, McCubbine J, Turner A. Vertical and Horizontal Asymmetries are Related to Slower Sprinting and Jump Performance in Elite Youth Female Soccer Players. *J strength Cond Res.* 2018;Publish Ah:1.
81. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Rosseti M, Carpes FP, et al. Do asymmetry scores influence speed and power performance in elite female soccer players? *Biol Sport.* 2019;36(3):209–16.
82. Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Abad CCC, Komatsu W, Cunha R, et al. Functional Screening Tests: Interrelationships and Ability to Predict Vertical Jump Performance. *Int J Sports Med.* 2018;39(3):189–97.
83. Madruga-Parera M, Bishop C, Read P, Lake J, Brazier J, Romero-Rodriguez D. Jumping-based Asymmetries are Negatively Associated with Jump, Change of Direction, and Repeated Sprint Performance, but not Linear Speed, in Adolescent Handball Athletes. *J Hum Kinet.* 2020 Jan 31;71(1):47–58.
84. Bishop C, Read P, Bromley T, Brazier J, Jarvis P, Chavda S, et al. The Association Between Interlimb Asymmetry and Athletic Performance Tasks: A Season-Long Study in Elite Academy Soccer Players. *J strength Cond Res.* 2020;Publish Ah(1):1.
85. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Asymmetries in Isometric Force-Time Characteristics Are Not Detrimental to Change of Direction Speed. *J strength Cond Res.* 2018;32(2):520–7.
86. Thorborg K, Couppé C, Petersen J, Magnusson SP, Hölmich P. Eccentric hip adduction

- and abduction strength in elite soccer players and matched controls: a cross-sectional study. *Br J Sports Med.* 2011;45(1):10–3.
87. Yanci J, Arcos AL, Mendiguchia J, Brughelli M. Relationships between sprinting, agility, one- and two-leg vertical and horizontal jump in soccer players. *Kinesiology.* 2014;46(2):194–201.
 88. Yanci J, Camara J. Bilateral and unilateral vertical ground reaction forces and leg asymmetries in soccer players. *Biol Sport.* 2016;33(2):179–83.
 89. Schons P, Da Rosa RG, Fischer G, Berriel GP, Fritsch CG, Nakamura FY, et al. The relationship between strength asymmetries and jumping performance in professional volleyball players. *Sport Biomech.* 2019;18(5):515–26.
 90. Maly T, Zahalka F, Mala L, Cech P. The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys. *Open Med.* 2015;10(1).
 91. Rumpf MC, Cronin JB, Mohamad IN, Mohamad S, Oliver JL, Hughes MG. Kinetic asymmetries during running in male youth. *Phys Ther Sport.* 2014;15(1):53–7.
 92. Willigenburg N, Hewett TE. Performance on the Functional Movement Screen Is Related to Hop Performance But Not to Hip and Knee Strength in Collegiate Football Players. *Clin J Sport Med.* 2017;27(2):119–26.
 93. McCartney G, Hepper P. Development of lateralized behaviour in the human fetus from 12 to 27 weeks' gestation. *Dev Med Child Neurol.* 1999;41(2):83–6.
 94. Ashton GC. Handedness: an alternative hypothesis. *Behav Genet.* 1982;12(2):125–47.
 95. Hebbal G V., Mysorekar VR. Evaluation of some tasks used for specifying handedness and footedness. *Percept Mot Skills.* 2006;102(1):163–4.
 96. Steenhuis RE, Bryden MP. Different dimensions of hand preference that relate to skilled and unskilled activities. *Cortex.* 1989;25(2):289–304.
 97. Čuk T, Leben-Seljak P, Stefancic M. Lateral asymmetry of human long bones. In:

- Variability and Evolution 9. 2001. p. 19–32.
98. Lake JP, Lauder MA, Smith NA. Does side dominance affect the symmetry of barbell end kinematics during lower-body resistance exercise? *J strength Cond Res.* 2011;25(3):872–8.
 99. Gabbard C, Hart S. A question of foot dominance. *J Gen Psychol.* 1996;123(4):289–96.
 100. Jones PA, Bampouras TM. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J strength Cond Res.* 2010;24(6):1553–8.
 101. de Ruiter CJ, de Korte A, Schreven S, de Haan A. Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(2):247–55.
 102. Kong PW, Burns SF. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Phys Ther Sport.* 2010;11(1):12–7.
 103. Motta C, de Lira CAB, Vargas VZ, Vancini RL, Andrade MS. Profiling the Isokinetic Muscle Strength of Athletes Involved in Sports Characterized by Constantly Varied Functional Movements Performed at High Intensity: A Cross-Sectional Study. *PM R.* 2019;11(4):354–62.
 104. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor-extensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1224–30.
 105. Lake JP, Lauder MA, Smith NA. The effect that side dominance has on barbell power symmetry during the hang power clean. *J strength Cond Res.* 2010 Nov;24(11):3180–5.
 106. Riganas CS, Vrabas IS, Papaevangelou E, Mandroukas K. Isokinetic strength and joint mobility asymmetries in oarside experienced oarsmen. *J strength Cond Res.* 2010;24(11):3166–72.
 107. Thomas C, Dos'Santos T, Comfort P, Jones PA. Relationships between Unilateral Muscle

- Strength Qualities and Change of Direction in Adolescent Team-Sport Athletes. *Sport (Basel, Switzerland)*. 2018;6(3):83.
108. Wyon M, Harris J, Brown D, Clark F. Bilateral differences in peak force, power, and maximum plié depth during multiple grande jetés. *Med Probl Perform Art*. 2013;28(1):28–32.
 109. Lockie RG, Schultz AB, Jeffriess MD, Callaghan SJ. The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *Isokinet Exerc Sci*. 2012;20(3):211–9.
 110. Thomas C, Comfort P, Dos'Santos T, Jones PA. Determining Bilateral Strength Imbalances in Youth Basketball Athletes. *Int J Sports Med*. 2017;38(9):683–90.
 111. Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M, Faigenbaum AD, Kang J. Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Res Sports Med*. 2007;15(2):125–32.
 112. Stephens TM, Lawson BR, DeVoe DE, Reiser RF. Gender and bilateral differences in single-leg countermovement jump performance with comparison to a double-leg jump. *J Appl Biomech*. 2007;23(3):190–202.
 113. Flanagan EP, Harrison AJ. Muscle dynamics differences between legs in healthy adults. *J strength Cond Res*. 2007;21(1):67–72.
 114. Althorpe T, Beales D, Skinner A, Caputi N, Mullings G, Stockden M, et al. Isometric hip strength and strength ratios in elite adolescent and senior Australian Rules Football players: an initial exploration using fixed-point dynamometry. *J Sci Med Sport*. 2018;21:S81.
 115. Baldon RDM, Lobato D FM, Carvalho LP, Wun P YL, Presotti CV, Serrão FV. Relationships between eccentric hip isokinetic torque and functional performance. *J Sport Rehabil*. 2012;21(1):26–33.
 116. Brophy RH, Chiaia TA, Maschi R, Dodson CC, Oh LS, Lyman S, et al. The core and hip in soccer athletes compared by gender. *Int J Sports Med*. 2009;30(9):663–7.

117. Brown SR, Brughelli M, Cross MR. Profiling Sprint Mechanics by Leg Preference and Position in Rugby Union Athletes. *Int J Sports Med.* 2016;37(11):890–7.
118. Edwards S, Steele JR, Cook JL, Purdam CR, McGhee DE. Lower limb movement symmetry cannot be assumed when investigating the stop-jump landing. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(6):1123–30.
119. Hanna CM, Fulcher ML, Elley CR, Moyes SA. Normative values of hip strength in adult male association football players assessed by handheld dynamometry. *J Sci Med Sport.* 2010;13(3):299–303.
120. Rahnema N, Lees A, Bambaecichi E. Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. *Ergonomics.* 2005;48(11–14):1568–75.
121. Rouissi M, Chtara M, Owen A, Chaalali A, Chaouachi A, Gabbett T, et al. Effect of leg dominance on change of direction ability amongst young elite soccer players. *J Sports Sci.* 2016;34(6):542–8.
122. Thorborg K, Serner A, Petersen J, Madsen TM, Magnusson P, Hölmich P. Hip adduction and abduction strength profiles in elite soccer players: implications for clinical evaluation of hip adductor muscle recovery after injury. *Am J Sports Med.* 2011;39(1):121–6.
123. Vaisman A, Guiloff R, Rojas J, Delgado I, Figueroa D, Calvo R. Lower Limb Symmetry: Comparison of Muscular Power Between Dominant and Nondominant Legs in Healthy Young Adults Associated With Single-Leg-Dominant Sports. *Orthop J Sport Med.* 2017;5(12):232596711774424.
124. Daneshjoo A, Rahnema N, Mokhtar AH, Yusof A. Bilateral and unilateral asymmetries of isokinetic strength and flexibility in male young professional soccer players. *J Hum Kinet.* 2013;36(1):45–53.
125. Vernillo G, Pisoni C, Thiebat G. Strength Asymmetry Between Front and Rear Leg in Elite Snowboard Athletes. *Clin J Sport Med.* 2016;26(1):83–5.

126. Oldfield RC. Handedness in musicians. *Br J Psychol.* 1969;60(1):91–9.
127. Benjanuvatra N, Lay BS, Alderson JA, Blanksby BA. Comparison of ground reaction force asymmetry in one- and two-legged countermovement jumps. *J strength Cond Res.* 2013;27(10):2700–7.
128. Maloney SJ, Fletcher IM, Richards J. A comparison of methods to determine bilateral asymmetries in vertical leg stiffness. *J Sports Sci.* 2016;34(9):829–35.
129. Simon AM, Ferris DP. Lower limb force production and bilateral force asymmetries are based on sense of effort. *Exp brain Res.* 2008;187(1):129–38.
130. Loffing F, Sölter F, Hagemann N. Left preference for sport tasks does not necessarily indicate left-handedness: sport-specific lateral preferences, relationship with handedness and implications for laterality research in behavioural sciences. *PLoS One.* 2014;9(8):e105800.
131. Thomeé R, Kaplan Y, Kvist J, Myklebust G, Risberg MA, Theisen D, et al. Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011 Nov;19(11):1798–805.
132. Eastlack ME, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Laxity, instability, and functional outcome after ACL injury: copers versus noncopers. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(2):210–5.
133. Holsgaard-Larsen A, Jensen C, Mortensen NHM, Aagaard P. Concurrent assessments of lower limb loading patterns, mechanical muscle strength and functional performance in ACL-patients--a cross-sectional study. *Knee.* 2014 Jan;21(1):66–73.
134. Thomeé R, Neeter C, Gustavsson A, Thomeé P, Augustsson J, Eriksson B, et al. Variability in leg muscle power and hop performance after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Jun;20(6):1143–51.
135. McGrath TM, Waddington G, Scarvell JM, Ball NB, Creer R, Woods K, et al. The effect of limb dominance on lower limb functional performance--a systematic review. *J Sports Sci.* 2016;34(4):289–302.

136. Delextrat A, Cohen D. Strength, power, speed, and agility of women basketball players according to playing position. *J strength Cond Res.* 2009;23(7):1974–81.
137. Jones P, Bampouras TM, Marrin K. An investigation into the physical determinants of change of direction speed. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49(1):97–104.
138. Brughelli M, Cronin J, Levin G, Chaouachi A. Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Med.* 2008;38(12):1045–63.
139. Sheppard JM, Young WB. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci.* 2006;24(9):919–32.
140. Young WB, James R, Montgomery I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness.* 2002;42(3):282–8.
141. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Mechanical Determinants of Faster Change of Direction Speed Performance in Male Athletes. *J strength Cond Res.* 2017;31(3):696–705.
142. Spiteri T, Cochrane JL, Hart NH, Haff GG, Nimphius S. Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(6):646–52.
143. Spiteri T, Newton RU, Binetti M, Hart NH, Sheppard JM, Nimphius S. Mechanical Determinants of Faster Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *J strength Cond Res.* 2015;29(8):2205–14.
144. Spiteri T, Nimphius S, Hart NH, Specos C, Sheppard JM, Newton RU. Contribution of Strength Characteristics to Change of Direction and Agility Performance in Female Basketball Athletes. *J Strength Cond Res.* 2014 Sep;28(9):2415–23.
145. Thomas C, Comfort P, Chiang C-Y, A. Jones P. Relationship between isometric mid-thigh pull variables and sprint and change of direction performance in collegiate athletes. *J Trainology.* 2015;4(1):6–10.

146. Conlon J, Haff GG, Nimphius S, Tran T, Newton RU. Vertical jump velocity as a determinant of speed and agility performance. In: *Journal of Australian Strength and Conditioning*. Australian Strength and Conditioning Association; 2013. p. 88–90.
147. Lehance C, Binet J, Bury T, Croisier JL. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(2):243–51.
148. Rand MK, Ohtsuki T. EMG analysis of lower limb muscles in humans during quick change in running directions. *Gait Posture*. 2000;12(2):169–83.
149. Sigward SM, Powers CM. The influence of gender on knee kinematics, kinetics and muscle activation patterns during side-step cutting. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006;21(1):41–8.
150. Simonsen EB, Magnusson SP, Bencke J, Næsborg H, Havkrog M, Ebstrup JF, et al. Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver? *Scand J Med Sci Sport*. 2000;
151. Havens KL, Sigward SM. Joint and segmental mechanics differ between cutting maneuvers in skilled athletes. *Gait Posture*. 2015;41(1):33–8.
152. Suzuki Y, Ae M, Takenaka S, Fujii N. Comparison of support leg kinetics between side-step and cross-step cutting techniques. *Sport Biomech*. 2014;13(2):144–53.
153. NEPTUNE RR, WRIGHT IC, VAN DEN BOGERT AJ. Muscle coordination and function during cutting movements. *Med Sci Sport Exerc [Internet]*. 1999 Feb;31(2):294–302. Available from: <http://journals.lww.com/00005768-199902000-00014>
154. Hewit JK, Cronin JB, Hume PA. Kinematic factors affecting fast and slow straight and change-of-direction acceleration times. *J strength Cond Res*. 2013;27(1):69–75.
155. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1989;230(10):1–54.

156. McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29(1):26–31.
157. McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):353–9.
158. McGill SM, McDermott A, Fenwick CM. Comparison of different strongman events: trunk muscle activation and lumbar spine motion, load, and stiffness. *J strength Cond Res.* 2009;23(4):1148–61.
159. Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Sakurai T, Fukubayashi T. The Relationship between Performance and Trunk Movement During Change of Direction. *J Sports Sci Med.* 2011;10(1):112–8.
160. Marshall BM, Franklyn-Miller AD, King EA, Moran KA, Strike SC, Falvey ÉC. Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver. *J strength Cond Res.* 2014;28(10):2845–51.
161. Shimokochi Y, Ide D, Kokubu M, Nakaoji T. Relationships among performance of lateral cutting maneuver from lateral sliding and hip extension and abduction motions, ground reaction force, and body center of mass height. *J strength Cond Res.* 2013;27(7):1851–60.
162. Delaney JA, Scott TJ, Ballard DA, Duthie GM, Hickmans JA, Lockie RG, et al. Contributing Factors to Change-of-Direction Ability in Professional Rugby League Players. *J strength Cond Res.* 2015;29(10):2688–96.
163. Nikolenko M, Brown LE, Jared WC, Barry AS, Tai TT. Relationship between core power and measures of sport performance. *Kinesiology.* 2011;43(2):163–8.
164. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J strength Cond Res.* 2012;26(2):373–80.
165. Edwards S, Austin AP, Bird SP. The Role of the Trunk Control in Athletic Performance of a Reactive Change-of-Direction Task. *J strength Cond Res.* 2017;31(1):126–39.

166. Manning JT, Pickup LJ. Symmetry and performance in middle distance runners. *Int J Sports Med.* 1998;19(3):205–9.
167. Longman D, Stock JT, Wells JCK. Fluctuating asymmetry as a predictor for rowing ergometer performance. *Int J Sports Med.* 2011;32(8):606–10.
168. Tomkinson GR, Olds TS. Physiological correlates of bilateral symmetry in humans. *Int J Sports Med.* 2000 Nov;21(8):545–50.
169. Tomkinson GR, Popović N, Martin M. Bilateral symmetry and the competitive standard attained in elite and sub-elite sport. *J Sports Sci.* 2003;21(3):201–11.
170. Trivers R, Fink B, Russell M, McCarty K, James B, Palestis BG. Lower body symmetry and running performance in elite Jamaican track and field athletes. *PLoS One.* 2014;9(11):e113106.
171. Idoate F, Calbet JAL, Izquierdo M, Sanchis-Moysi J. Soccer attenuates the asymmetry of rectus abdominis muscle observed in non-athletes. *PLoS One.* 2011;6(4):e19022.
172. Oliveira ASC, Barbieri FA, Gonçalves M. Flexibility, torque and kick performance in soccer: Effect of dominance. *Sci Sports.* 2013;28(3):e67–70.
173. Sugiura Y, Saito T, Sakuraba K, Sakuma K, Suzuki E. Strength deficits identified with concentric action of the hip extensors and eccentric action of the hamstrings predispose to hamstring injury in elite sprinters. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(8):457–64.
174. Hides JA, Oostenbroek T, Franettovich Smith MM, Mendis MD. The effect of low back pain on trunk muscle size/function and hip strength in elite football (soccer) players. *J Sports Sci.* 2016;34(24):2303–11.
175. Belhaj K, Meftah S, Mahir L, Lmidmani F, Elfatimi A. Isokinetic imbalance of adductor-abductor hip muscles in professional soccer players with chronic adductor-related groin pain. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(8):1226–31.
176. Mohammad WS, Abdelraouf OR, Elhafez SM, Abdel-Aziem AA, Nassif NS. Isokinetic

- imbalance of hip muscles in soccer players with osteitis pubis. *J Sports Sci.* 2014;32(10):934–9.
177. Plastaras C, McCormick Z, Nguyen C, Rho M, Nack SH, Roth D, et al. Is Hip Abduction Strength Asymmetry Present in Female Runners in the Early Stages of Patellofemoral Pain Syndrome? *Am J Sports Med.* 2016;44(1):105–12.
 178. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R.* 2011;3(5):472–9.
 179. Pontaga I. Muscle strength imbalance in the hip joint caused by fast movements. *Mech Compos Mater.* 2003;39(4):365–8.
 180. McIntire K, Asher M, Burton D, Liu H, Liu W. Development of a protocol for isometric trunk rotational strength testing and strength asymmetry assessment. *Isokinet Exerc Sci.* 2007;15(3):183–94.
 181. Lee JH, Hoshino Y, Nakamura K, Kariya Y, Saita K, Ito K. Trunk muscle weakness as a risk factor for low back pain. A 5-year prospective study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(1):54–7.
 182. Lindsay DM, Horton JF. Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006;1(2):80–9.
 183. Miltner O, Tschaepe R, Weihe W, Heinzinger A, Kieffer O. Rumpfmuskelkraft bei Profivolleyballspielern. *Sport Orthop Traumatol.* 2008;24(4):243–8.
 184. Ellenbecker TS, Roetert EP. An isokinetic profile of trunk rotation strength in elite tennis players. *Med Sci Sports Exerc.* 2004 Nov;36(11):1959–63.
 185. Hildebrandt C, Müller L, Heisse C, Raschner C. Trunk Strength Characteristics of Elite Alpine Skiers - a Comparison with Physically Active Controls. *J Hum Kinet.* 2017;57(1):51–9.

186. Zouita Ben Moussa A. Isokinetic strength trunk assessment of athletes. *Ann Phys Rehabil Med.* 2016;59:e155.
187. Sayed Mohammad W, Ragaa Abdelraouf O, Abdel-aziem AA. Concentric and eccentric strength of trunk muscles in osteitis pubis soccer players. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2014;27(2):147–52.
188. Meylan C, McMaster T, Cronin J, Mohammad NI, Rogers C, Deklerk M. Single-leg lateral, horizontal, and vertical jump assessment: reliability, interrelationships, and ability to predict sprint and change-of-direction performance. *J strength Cond Res.* 2009;23(4):1140–7.
189. Hopper DM, Goh SC, Wentworth LA, Chan DYK, Chau JHW, Wootton GJ, et al. Test–retest reliability of knee rating scales and functional hop tests one year following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther Sport.* 2002;3(1):10–8.
190. Hoog P, Warren M, Smith CA, Chimera NJ. Functional hop tests and tuck jump assessment scores between female division i collegiate athletes participating in high versus low acl injury prone sports: a cross sectional analysis. *Int J Sports Phys Ther.* 2016;11(6):945–53.
191. Thomas C, Dos’Santos T, Comfort P, A. Jones P. Relationship between Isometric Strength, Sprint, and Change of Direction Speed in Male Academy Cricketers. *J Trainology.* 2016;5(2):18–23.
192. Castillo-Rodríguez A, Fernández-García JC, Chinchilla-Minguet JL, Carnero EÁ. Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *J strength Cond Res.* 2012;26(3):725–32.
193. Stiffler MR, Bell DR, Sanfilippo JL, Hetzel SJ, Pickett KA, Heiderscheid BC. Star Excursion Balance Test Anterior Asymmetry Is Associated With Injury Status in Division I Collegiate Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(5):339–46.
194. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci.* 2018 May;36(10):1135–44.

195. Semenick D. The T-test. *NSCA J.* 1990;(12):36–7.
196. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(1):3–13.
197. Bishop C, Berney J, Lake J, Loturco I, Blagrove R, Turner A, et al. Bilateral Deficit During Jumping Tasks: Relationship With Speed and Change of Direction Speed Performance. *J strength Cond Res.* 2019;Publish Ah:1.
198. Ben Abdelkrim N, Castagna C, Jabri I, Battikh T, El Fazaa S, El Ati J. Activity profile and physiological requirements of junior elite basketball players in relation to aerobic-anaerobic fitness. *J strength Cond Res.* 2010;24(9):2330–42.
199. Miltner O, Siebert C, Tschaepe R, Maus U, Kieffer O. Volleyspezifische Rumpfmuskelkraft bei professionellen und nicht professionellen Volleyballspielern. *Z Orthop Unfall.* 2009;148(02):204–9.
200. Knutson GA. Anatomic and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part I, anatomic leg-length inequality: prevalence, magnitude, effects and clinical significance. *Chiropr Osteopat.* 2005;13:11.
201. Madruga-Parera M, Bishop C, Fort-Vanmeerhaeghe A, Beltran-Valls MR, Skok OG, Romero-Rodríguez D. Interlimb Asymmetries in Youth Tennis Players: Relationships With Performance. *J Strength Cond Res [Internet].* 2020 Oct;34(10):2815–23. Available from: <https://journals.lww.com/10.1519/JSC.00000000000003152>
202. Calmels P, Minaire P. A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disabil Rehabil.* 1995;17(6):265–76.
203. Ben Moussa Zouita A, Ben Salah FZ, Dziri C, Beardsley C. Comparison of isokinetic trunk flexion and extension torques and powers between athletes and nonathletes. *J Exerc Rehabil.* 2018;14(1):72–7.
204. Bishop C, Lake J, Loturco I, Papadopoulos K, Turner A, Read P. Interlimb Asymmetries The Need for an Individual Approach to Data Analysis. *J Strength Cond Res.*

2018;Publish Ah:1.

205. Heinert BL, Kernozek TW, Greany JF, Fater DC. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. *J Sport Rehabil.* 2008;17(3):243–56.
206. Cronin B, Johnson ST, Chang E, Pollard CD, Norcross MF. Greater Hip Extension but Not Hip Abduction Explosive Strength Is Associated With Lesser Hip Adduction and Knee Valgus Motion During a Single-Leg Jump-Cut. *Orthop J Sport Med.* 2016;4(4):2325967116639578.
207. Hollman JH, Hohl JM, Kraft JL, Strauss JD, Traver KJ. Modulation of frontal-plane knee kinematics by hip-extensor strength and gluteus maximus recruitment during a jump-landing task in healthy women. *J Sport Rehabil.* 2013;22(3):184–90.
208. Willy RW, Davis IS. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(9):625–32.
209. Sigward SM, Cesar GM, Havens KL. Predictors of Frontal Plane Knee Moments During Side-Step Cutting to 45 and 110 Degrees in Men and Women: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Clin J Sport Med.* 2015;25(6):529–34.

10. PRILOZI

Prilog 1. Suglasnost za sudjelovanje u mjerenju

Informirani pristanak za sudjelovanje u mjerenjima

Projekt:

" Asimetrije tijela kao faktor rizika za ozljede mišićno-koštanog sustava: proučavanje mehanizama razvoja i razvoj korektivnih mjera za njihovo uklanjanje s ciljem primarne i tercijarne prevencije "

1. Ime i prezime ispitanika _____

Datum rođenja: _____ Visina (cm): _____ Težina (kg): _____

2. Adresa istraživačke institucije: Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravlju i Fakultet za šport, Univerze v Ljubljani

3. Izjava sudionika:

Dolje potpisujem da sam kao sudionik razumio metodu istraživanja. Da sam upoznat s neugodnostima i benefitima mjerenja. Moje sudjelovanje u istraživanju je dobrovoljno i bilo kada ga mogu napustiti. Obaviješten sam da će rezultati ovog istraživanja služiti za napredak medicinskog i kineziološkog znanja. Znam da je metodologija ovog istraživanja u skladu s etičkim zahtjevima istraživanja kako ih je definiralo Povjerenstvo za medicinsku etiku Republike Slovenije. Dobrobit, rizike i neugodnosti sveobuhvatno mi je objasnio prof. dr. Nejc Šarabon, koji je odgovoran za moju sigurnost tijekom istraživanja. Također sam obaviješten kome bih se trebao obratiti u slučaju nekih neugodnosti. Stoga dobrovoljno i slobodno pristajem sudjelovati u ovom istraživanju.

Datum: _____ Potpis ispitanika: _____

Izjava ispitivača: Sudioniku sam objasnio dobrobit, rizike i neugodnosti sudjelovanja u istraživanju

Datum: _____; Potpis ispitivača: _____;

Prilog 2. Etičko odobrenje



Sveučilište u Zagrebu
Kineziološki fakultet



Broj: 71/2020.
Zagreb, 3. ožujka 2020.

Povjerenstvo za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, povodom zamolbe Filipa Ujakovića, prof., za odobrenje znanstvenog istraživanja na sjednici održanoj dana 3. ožujka 2020. godine, donijelo je slijedeće

MIŠLJENJE

Temeljem uvida u dostavljene materijale – problem, ciljeve, hipoteze i način provođenja eksperimenta vezanih uz predloženo istraživanje **Filipa Ujakovića, prof.**, pod nazivom „*Povezanost lokalnih asimetrija jakosti i opsega pokreta kuka i trupa s globalnim asimetrijama snage te njihov utjecaj na asimetrije i izvedbu brze promjene smjera kretanja*“ Povjerenstvo je zaključilo da se u predloženom znanstvenom istraživanju poštuju i primjenjuju etička i profesionalna načela te se *daje suglasnost za njegovo izvođenje.*

Predsjednica Povjerenstva
za znanstveni rad i etiku


doc. dr. sc. Sanja Šalaj


Kineziološki fakultet, Horvaćanski zavoj 15, 1118 – 10000 Zagreb
tel.: +385 (0) 1 3658 666, faks: +385 (0) 1 3634 146
OIB: 25329931628, e – mail: dekanat@kif.hr, url: www.kif.unizg.hr



11. ŽIVOTOPIS

Filip Ujaković rođen je 1984. godine u Zagrebu. Po završetku srednje škole 2003. godine upisuje Kineziološki fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, gdje je diplomirao 2010. godine obranivši temu diplomskog rada „Razlike u pokazateljima aerobnih sposobnosti između kandidata za U18 i seniorsku ragbi reprezentaciju hrvatske“ pod mentorstvom prof. dr. sc. Dragana Milanovića. Isti rad je te godine predstavljen na 20. Ljetnoj školi kineziologa na kojoj dobiva nagradu za najbolji rad u području športa. Srednje školsko i fakultetsko doba mu je obilježeno treniranjem i igranjem ragbija, sport u kojem je dugogodišnji član Hrvatske seniorske reprezentacije s kojom nastupa na međunarodnim natjecanjima. Nakon diplomskog studija upisuje poslijediplomski doktorski studij na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. U sklopu istoga, odrađuje znanstvenu praksu na Sveučilištu KU Leuven, Belgija pod mentoricom dr.sc. Benedicte Vanwaseele u kojoj se najviše bavi istraživanjima u području biomehanike. Nakon povratka iz Belgije postaje stalni član laboratorija za biomehnička mjerenja pod vodstvom prof. dr. sc. Vladimira Medveda. Sadašnji znanstveni rad mu je vezan za međunarodni projekt TELASI – PREVENT, pod vodstvom prof. dr. sc. Nejca Šarabona. U dugogodišnjoj karijeri kondicijskog trenera u košarci trenirao je vrhunske momčadi poput Hrvatske košarkaške reprezentacije, KK Cibona, KK Primorska te je sada glavni kondicijski trener KK Cedevita Olimpija Ljubljana, Slovenija.

Popis objavljenih dijela:

1. Ujaković F, Vucic D, Cavar I, Miškulin M, Mudronja L. Immediate Effects of Maximal Strength Training on Static Balance. *Acta Kinesiol.* 2014;8(1):68–72.
2. Mahni M, Ujaković F, Janji S, Medved V. Comparative Analysis and Adjustments of Anthropometric Parameters on System for Kinematic Movement Analysis and 3d Body Scanner. *Kinesiol Sport.* 2014;7250:1–7.
3. Kiseljak D, Bolčević F, Čurko D, Pažin K, Ujaković F, Gruić I, et al. The Modified Thomas Test Realised by Optoelectronic Kinematic Measurement. *Funct Neurol Rehabil Ergon.* 2017;7(3):39–44.
4. Ujaković F, Šarabon N. Change of Direction Performance Is Influenced by Asymmetries in Jumping Ability and Hip and Trunk Strength in Elite Basketball Players. *Appl Sci.* 2020;10(19):6984.
5. Ujaković F, Šarabon N. Kvantifikacija, interpretacija i praćenje asimetrija u sportu. In: *Kondicijska priprema sportaša 19.*, Zagreb, 2021. p. 17–22.