

# Simetrija mišične zmogljivosti in funkcije spodnjih udov pri mladih košarkarjih

## Lower limb symmetry of muscle strength and function in young basketball players

Špela Urbančič<sup>1</sup>, Tina Tomc Žargi<sup>1</sup>

### IZVLEČEK

**Uvod:** Simetrija spodnjih udov je pomembno merilo za varno vračanje v šport. Razlika v mišični zmogljivosti med levim in desnim udom, ki presega 10 %, namreč pomeni dejavnik tveganja za poškodbe kolenskega sklepa, ki je med najpogosteje poškodovanimi sklepi pri košarkarjih. Za vrednotenje simetrije se najpogosteje uporabljajo izokinetično testiranje in funkcijski testi. **Metode:** Iskanje literature je potekalo v podatkovnih zbirkah Pubmed in Web of Science aprila 2023. Omejili smo se na raziskave, ki so vključevale košarkarje, stare od 12 do 20 let, brez akutnih poškodb. **Rezultati:** V pregled literature je bilo vključenih sedem raziskav. Za vrednotenje simetrije spodnjih udov so avtorji najpogosteje uporabili izokinetično testiranje fleksorjev in ekstenzorjev kolena pri 60 °/s, enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem, enonožni skok v daljino in test sprinta na 10 m s spremembo smeri za 180°. O asimetriji >10 % avtorji poročajo pri izokinetičnem, izometričnem testiranju in enonožnem vertikalnem skoku z nasprotnim gibanjem. **Zaključek:** Ocena simetrije spodnjih udov je odvisna od izbranega protokola testiranja, načina določitve dominancije spodnjih udov in načina izračuna indeksa asimetrije. Ker je asimetrija dejavnik tveganja za poškodbe, bi lahko s presejalnim testiranjem in zgodnjim ugotavljanjem asimetrije v trenajni proces vpeljali preventivni program.

**Ključne besede:** simetrija spodnjih udov, košarka, izokinetično testiranje, testiranje v funkciji.

### ABSTRACT

**Background:** Lower limb symmetry is one of the key elements for safe return to sport. Muscle weakness of one of the limbs presenting more than 10 % asymmetry can significantly increase the risk of knee joint injury in basketball players. There are several ways to test LS, of which isokinetic testing and several functional tests are most frequently used. **Methods:** The databases PubMed and Web of Science were reviewed in April 2023. Studies testing lower limb symmetry in basketball players aged 12-20 years with no acute injuries were included. **Results:** Seven studies were included in the review. Lower limb symmetry assessment was most frequently done by isokinetic testing of knee flexor and extensor maximal torques at 60°/s and by functional tests of countermovement jump, single leg hop test for distance and change of direction agility test. Asymmetry greater than 10 % was found in the isokinetic tests and in the height of the countermovement jump hight. **Conclusion:** Results of lower limb symmetry assessment are highly dependent on test selection, variability in limb dominance definition and differences in calculation procedures. As asymmetry is associated with a significantly increased risk of injury, screening to assess and, if necessary, adjust training protocols appears to be a rational choice in terms of injury prevention.

**Key words:** lower limb symmetry, basketball, isokinetic testing, functional testing.

---

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta, Ljubljana

**Korespondenca/Correspondence:** Špela Urbančič, dipl. fiziot.; e-pošta: spela.urbancic123@gmail.com

Prispelo: 04.03.2023

Sprejeto: 13.06.2023

## UVOD

Simetrija spodnjih udov je eno izmed najpomembnejših meril za normalizacijo funkcije in varno vračanje v šport (1). Asimetrija med spodnjima udoma je pri tudi sicer načeloma zdravih in nepoškodovanih posameznikih lahko posledica mišičnega neravnovesja, ki potencialno vpliva na zmanjšano telesno pripravljenost športnika in je povezana s povečanim tveganjem za nastanek poškodbe (2). Najpogosteje se asimetrija pojavlja pri športih, pri katerih so prisotni hitro menjavanje smeri in skoki (3). Pogosto je predmet raziskovanja funkcijska asimetrija spodnjih udov, saj nam rezultati omogočajo dober vpogled v pomen trenajnega procesa in omogočajo prilagoditve in preventivo pred poškodbami spodnjih udov (4). Simetrijo udov opredelimo z indeksom simetrije spodnjih udov (angl. Limb Symmetry Index – LSI), izraženim v odstotkih (5). Namen uporabe LSI je primerjava mišične zmogljivosti, živčno-mišičnega nadzora, sklepne gibljivosti in dinamične stabilnosti spodnjih udov (2). Vrednost indeksa simetrije 100 % pomeni, da med spodnjima udoma ni razlik pri primerjavi parametrov levega in desnega spodnjega uda. Trenutne smernice opredeljujejo 90-odstotno simetrijo kot mejo za varno izvedbo telesne dejavnosti. Raziskave namreč kažejo, da se pri vrednostih indeksa simetrije spodnjih udov med 85 % in 95 % statistično pomembno zmanjša tveganje za prvo ali ponovno poškodbo (6, 7). Več kot 10-odstotna asimetrija je pomemben dejavnik tveganja za nastanek poškodb kolenskega sklepa (8), prav tako je zmanjšana mišična zmogljivost stabilizatorjev gležnja in kolka dejavnik tveganja za poškodbo gležnja in kronično nestabilnost gležnja (9, 10).

Testiranje simetrije spodnjih udov se sicer najpogosteje uporablja kot merilo za varno vračanje v trenajni proces po poškodbah, kot je na primer rekonstrukcija sprednje križne vezi in se pri zdravih športnikih redko uporablja v preventivne namene (11). Če ne poznamo rezultatov testiranja pri zdravem športniku, je indeks simetrije kot merilo za vračanje v šport po poškodbi nezanesljiv (11). Vodi lahko do prehitre vrnitve v trenajni proces, kar poveča tveganje za ponovno poškodbo ali pa se prevelika asimetrija interpretira napačno in je vrnitev v tekmovalni šport zakasnen (11). Raziskave (12) kažejo, da je pogostost poškodb pri srednješolcih, ki igrajo košarko, 16,9 poškodbe na

1000 ur igre, med poklicnimi košarkarji v ligi NBA pa 19,3 poškodbe na 1000 ure igre. Prevladujejo poškodbe kolen in gležnjev (19,1 % oziroma 16,9 % vseh poškodb). Zanimivo je, da je večina mišično-skeletnih poškodb spodnjih udov povezana z mišično zmogljivostjo, ki jo lahko testiramo z izokinetično dinamometrijo ali drugimi funkcijskimi testi (13, 14). Drugi intrinzični dejavniki so tudi spremembe v živčno-mišičnem nadzoru, asimetričen obseg gibljivosti gležnja in anatomske malformacije (15, 16).

Raziskovalci navajajo več protokolov testiranja simetrije spodnjih udov pri vrnitvi v šport, ni pa konsenza, kakšna je povezava med rezultati izokinetičnega testiranja enosklepnega gibanja v odprti kinetični verigi in testiranjem spodnjih udov v funkcijskih vzorcih (1, 11, 17–19), ki vključujejo zlasti gibanja v zaprti kinetični verigi, in kateri rezultati imajo pri odločitvah o vračanju v igro večjo težo. Testiranje spodnjih udov v funkciji poleg moči in jakosti mišic odraža tudi komponento senzorično-motorične kontrole, obsega gibljivosti, bolečine in samozaupanja (20).

Čeprav raziskovalci poudarjajo možnost nastanka asimetrij spodnjih udov pri športih, ki vsebujejo hitre menjave smeri (5), je bila večina raziskav narejena na nogometaših, raziskav na košarkarjih pa je malo (14). Namen pregleda literature je bilo ugotoviti, kateri protokoli testiranja so najpogostejši pri mlajših košarkarjih in kakšen je indeks simetrije spodnjih udov pri posameznih testiranjih.

## METODE

Iskanje literature je potekalo s pregledom podatkovnih zbirk PubMed in Web of science aprila 2023. Uporabljeni so bili ukazni nizi: asymmetries AND basketball AND hop tests, asymmetries AND basketball AND jump tests, asymmetries AND basketball AND balance tests, asymmetries AND basketball AND isokinetic tests, symmetry AND basketball AND hop tests, symmetry AND basketball AND jump tests, symmetry AND basketball AND balance tests, symmetry AND basketball AND isokinetic tests. Omejili smo se na raziskave, objavljene med letom 2009 in aprilom 2023. Vključitvena merila so bila: raziskave v angleškem jeziku, ki so preučevale samo simetrijo spodnjih udov, in tiste, ki so simetrijo spodnjih udov preučevale kot sekundarno spremenljivko. Vključili

smo vse raziskave, ki so vključevale moške košarkarje, stare od 12 do 20 let. Izključili smo tiste, pri katerih rezultati testiranja niso bili jasno prikazani za našo ciljno populacijo, in tiste, ki so vključevale preiskovance s poškodbo spodnjih udov.

## REZULTATI

### Izbor raziskav

V končni izbor je bilo vključenih sedem raziskav, objavljenih med letoma 2009 (21) in 2022 (22). Na podlagi iskalnega niza je bilo najdenih 247 člankov. Po odstranitvi duplikatov (141) in grobem pregledu naslovov in izvlečkov člankov je bilo izključenih 81 člankov. Izmed člankov, pregledanih v polnem obsegu, smo izključili še 18 raziskav. V končni pregled je bilo vključenih sedem raziskav (15, 21–26).

### Značilnosti vključenih raziskav

Tri raziskave (21, 22, 24) so vključevale košarkarje različnih starosti, tri raziskave (15, 23, 26) so vključevale košarkarje kadetske oziroma mladinske selekcije pred podpisom profesionalne pogodbe, ena raziskava (25) pa je vključevala športnike v času adolescence. Skupno je bilo v raziskave vključenih 233 preiskovancev, starih od 13 (15) do 20 let (21). Vzorci so šteli od 10 (21) do 101 preiskovanca (25).

Pet raziskav je vključevalo samo zdrave preiskovance brez predhodnih poškodb kolena (24) ali spodnjega uda (15, 22) oziroma preiskovance, ki so bili trenutno brez poškodb (21, 25). Informacije o poškodbah so raziskovalci pridobili na podlagi začetne anamneze preiskovancev. V dveh raziskavah (23, 26) podatka o poškodbah niso navedli.

### Raziskovalni protokoli

Testiranja so se izvajala med tekmovalno sezono, le v eni raziskavi so bila testiranja del testiranja pripravljenosti pred sezono (15). V petih raziskavah so preiskovanci vsaj 24h pred testiranjem počivali (15, 22–24, 26), v eni raziskavi (25) so pred testiranjem počivali 48h, v eni raziskavi (21) pa tega podatka niso navedli. V vseh raziskavah so pred testiranjem izvedli ogrevanje, ki je bilo sestavljeno iz ogrevanja na cikloergometru ali športno specifičnega ogrevanja. Simetrijo spodnjih udov so raziskovalci izračunali in predstavili na različne načine. V preglednici 1 so predstavljeni načini izračunov asimetrije posameznih raziskav, načini prikaza simetrije in določitev dominance spodnjih udov.

Preglednica 1: Prikaz simetrije v posameznih raziskavah

Raziskava	Prikaz simetrije spodnjih udov	Določitev dominance spodnjih udov	Izračun simetrije spodnjih udov
Bakaraki et al., 2021 (15)	razmerje DN –NDN	stabilnost spodnjih udov	$LSI = \frac{DN - NDN}{MAX(DN, NDN)} \times 100$
Gonzalo-Skok et al., 2022 (26)	razmerje slabša – boljša noga	uspešnost na testiranjih	$LSI = \frac{\text{slabša noga}}{\text{boljša noga}} \times 100$
Hadžić et al., 2013 (24)	razmerje DN – NDN	pogostost izbire pri enonožnem poskoku	$LSI = (1 - \frac{NDN}{DN}) \times 100$
Parpa et al., 2022 (22)	razmerje desna – leva noga	/	$LSI = \frac{DN}{LN}$
Schiltz et al., 2009 (21)	razmerje DN – NDN	pogostost izbire pri enonožnem poskoku	$LSI = (1 - \frac{NDN}{DN}) \times 100$
Šarabaon et al., 2020 (25)	razmerje DN – NDN	pogostost izbire pri enonožnem poskoku	$LSI = \left( \frac{\max(DN \text{ ali } NDN) - \min(DN \text{ ali } NDN)}{\max(DN \text{ ali } NDN)} \right) \times 100$
Thomas et al., 2017 (23)	razmerje DN – NDN	mišična zmogljivost	$LSI = \frac{DN - NDN}{DN} \times 100$

DN – dominantni spodnji ud, NDN – nedominantni spodnji ud, LN – leva noga, DN – desna noga.

**Rezultati raziskav**

Za vrednotenje asimetrije spodnjih udov so raziskovalci najpogosteje uporabili izokinetično

testiranje maksimalnih navorov fleksorjev in ekstenzorjev kolena pri počasnih hitrostih (60°/s) (22–24, 26) in le v eni raziskavi (23) navajajo

*Preglednica 2: Pregled rezultatov meritev vključenih raziskav*

Raziskava	Oblika prikaza rezultatov	Protokol	Rezultati
Bakaraki et al., 2021 (15)	delež preiskovancev, ki ima indeks asimetrije >10%	THM	51,9 %
		THA	66,7 %
		THL	48,1 %
	delež preiskovancev, ki ima indeks asimetrije > 4cm	YBT A	33,3 %
		YBT PM	29,6 %
		YBT PL	37 %
Gonzalo-Skok et. al., 2022 (26)	indeks simetrije spodnjih udov (%)	SCMJ (višina skoka)	Skupina A; Skupina B* 88,8 ± 9,3; 91,1 ± 6,9
		SLH	94,7 ± 4,5; 94,0 ± 4,1
		SLHL	92,5 ± 5,4; 92,5 ± 5,9
		COD (180°)	98,1 ± 1,2; 97,1 ± 2,5
Hadžić et. al., 2013 (24)	indeks asimetrije spodnjih udov (%)	izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon/Qecc/Hcon/Hecc)	1,43 / 1,31 / 1,31 / 6,88 / 0,00
		izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon/Qecc/Hcon/Hecc)	11,98 ± 11,18 / 7,00 ± 7,21 / 13,11 ± 10,10 / 10,54 ± 7,91
Thomas et. al., 2017 (23)	indeks asimetrije spodnjih udov (%)	SLH	4,97 ± 6,81
		SCMJ (višina skoka/sila odriva)	12,26 ± 9,99 / 4,98 ± 3,32
Parpa et. al., 2022 (22)	indeks asimetrije spodnjih udov (%)	IMTP	4,80 ± 3,63
		izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon/Hcon)	9,67 ± 6,90 / 7,60 ± 5,42
Schiltz et. al., 2009 (21)	indeks asimetrije spodnjih udov (%)	izokinetično testiranje 60 °/s (Qcon /Hcon)	3,6 ± 8,8 / 7,4 ± 9,3
		izokinetično testiranje 240 °/s (Qcon /Hcon)	-5,3 ± 11,0 / 5,6 ± 10,0
		izokinetično testiranje 30 °/s (Hecc)	-4,3 ± 12,0
		izokinetično testiranje 120 °/s (Hecc)	-1,3 ± 12,3
Šarabon et. al., 2020 (25)	indeks asimetrije spodnjih udov (%)	CMJ (sila odriva)	5,4 ± 4,2
		SCMJ (višina skoka/povprečna moč/sila odriva)	8,5 ± 6,5 / 6,2 ± 4,8 / 5,0 ± 3,7
		MVIC ekstenzorji (maks. navor/hitrost razvoja maks. navora)	11,5 ± 8,4 / 19,5 ± 14,4
		MVIC fleksorji (maks. navor/hitrost razvoja maks. navora)	10,4 ± 7,9 / 15,7 ± 10,6
		COD (90°/180°)	2,6 ± 2,4 / 2,3 ± 2,3

*Qcon* – koncentrična mišična moč *m. Quadriceps*, *Qecc* – ekscentrična mišična moč *m. Quadriceps*, *Hcon* – koncentrična mišična moč zadnjih mišic stegna, *Hecc* – ekscentrična mišična moč zadnjih mišic stegna, *THM* (angl. Triple hop, medial direction) – trojni skok v daljino medialno, *THA* (angl. Triple hop, anterior direction) – trojni skok v daljino anteriorno, *THL* (angl. Triple hop, lateral direction) – trojni skok v daljino lateralno, *YBT A* (angl. Y-balance test, anterior direction) – Y-test ravnotežja anteriorno, *YBT PM* (angl. Y-balance test, posteromedial direction) – Y-test ravnotežja posteromedialno, *YBT PL* (angl. Y-balance test, posterolateral direction) – Y-test ravnotežja posterolateralno; *CMJ* (angl. Countermovement jump test) – sonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem, *SCMJ* (angl. Single leg countermovement jump test) – enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem, *SLH* (angl. Single leg hop test) – enonožni skok v daljino, *SLHL* (angl. Single leg hop test, lateral direction) – enonožni skok v daljino lateralno, *COD* (angl. 10m sprint test with change of direction) – test hitrosti spremembe smeri, *IMTP* (angl. Isometric mid-thigh pull) – izometrična moč vleka s sredine stegen, *MVIC* (angl. Maximum voluntary isometric contraction) – maksimalna izometrična moč ekstenzorjev/fleksorjev kolena, *COD (90°/180°)* (angl. 10 m sprint test with change of direction) – test sprinta na 10 m s spremembo smeri.

\* Raziskovalci so preučevali vpliv dveh vadbenih programov na simetrijo, zato so preiskovance razdelili v dve skupini, v naši raziskavi smo upoštevali rezultate meritev pred začetkom vadbenega programa.

asimetrijo >10 %. Klinično pomembno odstopanje navajajo tudi Šarabon in sodelavci (25), ki so mišično jakost fleksorjev in ekstenzorjev kolena merili z izometričnim testiranjem pri 60° fleksije kolena. Med funkcijskimi testi je bil najpogosteje uporabljen enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem (angl. Single leg countermovement jump – SCMJ) (23, 25, 26). Rezultati SCMJ so si nasprotujoči, pri dveh skupinah preiskovancev (23, 26) raziskovalci navajajo razliko v višini skoka >10 %, pri dveh skupinah pa je razlika klinično nepomembna (25, 26). Ključni rezultati raziskav so predstavljeni v preglednici 2.

## RAZPRAVA

Mišično zmogljivost ekstenzorjev in fleksorjev kolena so raziskovalci merili z oceno maksimalnih hotenih izometričnih kontrakcij pri 60° fleksije kolena (25) in z izokinetičnim testiranjem v obsegu 0°–90° fleksije kolena (21–24). Pri izometričnih meritvah jakosti ekstenzorjev in fleksorjev kolena so raziskovalci poročali o večjih asimetrijah (11,5 % oz. 10,4 %) kot pri izokinetičnem testiranju, ki je le v raziskavi Thomasa in sodelavcev (23) pokazalo asimetrijo >10 % pri koncentrični jakosti ekstenzorjev kolena in koncentrični ter ekscentrični jakosti fleksorjev kolena. Izokinetično testiranje so v vseh raziskavah izvajali pri nižjih hitrostih (30–60 °/s), le v eni raziskavi (21) pa tudi pri višjih hitrostih (120 °/s za ekscentrično in 240 °/s za koncentrično jakost) (25). Preiskovanci lahko večjo mišično silo razvijejo pri izokinetičnem testiranju z nižjimi kotnimi hitrostmi, pri večjih kotnih hitrostih (>180°/s) pa lahko dosežejo maksimalno moč (27). Čeprav so testiranja pri nižjih hitrostih bolj zanesljiva (11, 17, 19), je testiranje športnikov smiselno izvesti tudi pri višjih hitrostih, saj so te bolj značilne za šport (28). Absolutne vrednosti maksimalnih navorov so pri višjih hitrostih testiranja sicer manjše, kljub temu pa hitrost gibanja sklepa ne vpliva na simetrijo spodnjih udov (21, 28). Čeprav rezultati raziskav kažejo na sprejemljivo asimetrijo spodnjih udov pri mlajših košarkarjih, pa raziskave na poklicnih košarkarjih kažejo na poznejšo povečano pojavnost asimetrije spodnjih udov >10 % (21, 24). Hadžić in sodelavci (24) menijo, da je trenajni proces v mlajših selekcijah usmerjen predvsem v tehniko igre in pridobivanje spretnosti, kar bi lahko bil vzrok, da do večjih asimetrij spodnjih udov pride šele pozneje, v starejših selekcijah, ko je trenajni proces usmerjen

bolj v pridobivanje in izkoriščanje mišične moči za višino enonožnih skokov.

Rezultati višine SCMJ so pokazali od 8,5 do 12,3-odstotno asimetrijo spodnjih udov. Thomas in sodelavci (23) prikazano asimetrijo povezujejo z različno interpretacijo dominancie spodnjih udov. V tej raziskavi je bila dominantna noga opredeljena kot tista, ki je bila na testiranju močnejša, medtem ko so v raziskavi Gonzalo-Skok in sodelavci (26) ter Šarabon in sodelavci (25) za dominantno določili tisto, s katere se je igralec pri enonožnem skoku večkrat odrinil. Raziskovalci so za določanje dominancie spodnjih udov uporabljali tudi vprašalnike (npr. Waterloo Footedness Questionnaire), ki določijo dominantni spodnji ud glede na stabilnost spodnjih udov (15). Dominanti spodnji ud pa ni nujno vedno tudi močnejši spodnji ud, saj raziskave kažejo, da je dominanca lahko odvisna od narave športa (29). Za dobro primerljivost rezultatov raziskav bi bilo poenotenje načina določanja dominancie spodnjega uda ključnega pomena. Literatura (21, 29, 30) navaja, da je koncentrična jakost ekstenzorjev kolka in kolena močno povezana z višino vertikalnega skoka, ki je eden izmed osnovnih elementov košarke. Nasprotno pa rezultati raziskave na skupini zdravih rekreativnih športnikov in zdravih poklicnih odbojkaric ne potrjujejo povezanosti med mišično zmogljivostjo in višino skoka (31). Izboljšanje mišične zmogljivosti torej ne pomeni nujno višjih skokov, kar lahko nakazuje na športno specifičnost. Buckthorpe in Roi (32) kot pomemben dejavnik za izboljšanje funkcije poudarjata tudi pomen hitrega generiranja sile, katerega stopnja ni nujno povezana z maksimalno zmogljivostjo QF. Angelozzi in sodelavci (33) namreč pri pacientih po rekonstrukciji sprednje križne vezi poročajo, da ob 97-odstotni povrnitvi maksimalne zmogljivosti QF hitro generiranje sile ostaja še vedno le na 63 % predoperativnih vrednosti. Ker je hitra stabilizacija sklepa po nepredvideni izgubi ravnotežja, za katero je potrebna hitra odzivnost mišice, ključnega pomena za preprečevanje poškodb (34), se zdi smiselno, da bi pri oceni asimetrije spodnjih udov upoštevali tudi ta vidik.

Rezultati raziskav (23, 26) kažejo na <10-odstotno asimetrijo spodnjih udov pri testiranju dolžin enonožnega skoka v daljino (angl. Single leg hop test – SLH), pa tudi enonožnega skoka v daljino

lateralno (26), rezultati testa SCMJ (višina skoka) pa kažejo na asimetrijo  $>10\%$  (12–9 %), kar bi lahko pojasnili z asimetrijo, ki se razvije zaradi specifične posameznega športa (35). V košarki je skok v višino iz počepa pomemben element igre, in ker igralci med treningom več uporabljajo odzivno dominantno nogo, bi to lahko bil vzrok ugotovljene asimetrije.

Pri testiranju trojnega skoka v daljino (angl. Triple hop – TH) so statistično pomembno odstopanje med dominantnim in nedominantnim spodnjim udom raziskovalci (15) zaznali samo v medialni smeri, kjer je 52 % preiskovancev imelo asimetrijo spodnjih udov  $>10\%$ , pri čemer so igralci statistično pomembno boljše rezultate dosegali pri poskokih na nedominantni nogi. Iz literature izhaja, da je test TH medialno z vidika izvedbe zahtevnejša naloga kot TH anteriorno, saj so za izvedbo potrebni kompleksnejši živčno-mišični nadzor, večja stabilnost sklepa (15), boljše dinamično ravnotežje in koordinacija ter boljši nadzor ekscentrične aktivnosti abduktorjev in zunanjih rotatorjev kolka (36, 37). Ker je bila dominanca uda v tej raziskavi določena glede na njegovo stabilnost, avtorji predpostavljajo, da je bil nedominantni ud pri odzivu pravzaprav zmogljivejši (15). Dodajajo še, da naj bi se mlajši in šibkejši igralci pri novih in kompleksnih nalogah verjetneje zanašali na močnejšo nogo, kar bi lahko pojasnilo pomembne razlike v rezultatih (15). Pri drugih funkcijskih testih raziskovalci niso ugotovili klinično pomembnih asimetrij.

Rezultati simetrije spodnjih udov pri testu sprinta na 10 m s spremembo smeri za  $180^\circ$  (angl. 10m sprint test with change of direction – COD $180^\circ$ ) kažejo na zelo dobro simetrijo (97,1 oz. 98,1 %) (26) oziroma zelo majhno asimetrijo (2,3 %) (25), kar potrjuje izsledke drugih raziskovalcev, da je simetrija pri testih COD boljša pri športih, za katere je to gibanje specifično (26, 37). Kljub temu pa Šarabon in sodelavci (25) navajajo, da so imeli košarkarji statistično pomembno slabši indeks asimetrije spodnjih udov tako pri testu COD $180^\circ$  kot tudi COD $90^\circ$ , kot enako stari nogometaši in tenisači. Najmanjše asimetrije so zaznali v skupini tenisačev, kar je verjetno posledica specifik posameznega športa. Avtorji še navajajo, da se lahko uporablja tudi testiranje pri manjšem kotu ( $90^\circ$ ) spremembe smeri, a je testiranje COD pri večjem kotu ( $180^\circ$ )

natančnejše za odkrivanje asimetrije spodnjih udov (25).

Glede na ugotovljene razlike v zmogljivosti in funkciji levega in desnega spodnjega uda pri mladih košarkarjih je treba poudariti, da so asimetrije, ki presegajo mejo 10 %, vzrok za povečano tveganje za razvoj poškodb kolenskega sklepa (8), gležnja in kronično nestabilnost gležnja (9, 10). Williams in sodelavci (38) ob  $>10\%$ -odstotni asimetriji zmogljivosti QF poročajo tudi o spremenjeni kinetiki in kinematiki hoje, kar zaradi posledično povečanih dinamičnih obremenitev pomeni povečano tveganje za razvoj zgodnje osteoartroze (39). Tako se iz zdravstvenega vidika zdi smiselno, da bi ob rednem izvajanju presejalnih testiranj ob ugotovljeni klinično pomembni asimetriji v trenažni proces pri ogroženih posameznikih vključili program vadbe, preventivno usmerjen v odpravo tega dejavnika tveganja.

V našem pregledu literature ugotovljamo, da je indeks simetrije spodnjih udov pri košarkarjih močno odvisen od načina merjenja. Čeprav je izokinetično testiranje pri nižjih hitrostih zlati standard ocene simetrije koncentrične mišične jakosti, je treba poudariti pomen funkcijskega testiranja. Z izokinetičnim testiranjem lahko pridobimo informacije o asimetriji izolirane mišične skupine, funkcijski testi pa so boljši pokazatelj športne zmogljivosti, saj vključujejo tudi druge komponente, kot so ravnotežje, senzomotorični nadzor, bolečina in samozaupanje. Najbolj športno specifični so testi SCMJ, za katere je večina raziskav ugotovila asimetrijo  $>10\%$ . Nasprotno pa COD, ki je prav tako športno specifičen za košarkarje, ni pokazal asimetrij  $>10\%$ . Potrebne so nadaljnje raziskave, da bi preverili asimetrijo dinamičnega ravnotežja spodnjih udov pri populaciji mlajših košarkarjev. Glede na specifiko športa se zdi smiselno, da bi v okviru preventivnega testiranja asimetrije pri mlajših košarkarjih uporabili izokinetične teste pri višjih in nižjih hitrostih gibanja sklepa in SCMJ.

## ZAKLJUČKI

Na podlagi rezultatov pregleda literature lahko zaključimo, da so rezultati simetrije spodnjih udov odvisni od protokola testiranja, načina določitve dominancie spodnjih udov in metode izračuna indeksa simetrije spodnjih udov. Največkrat se pri

testiranju košarkarjev mlajših selekcij uporabljajo izokinetične meritve fleksorjev in ekstenzorjev kolena ter funkcijski testi skokov. Izmed teh se najpogosteje uporabljata sonožni in enonožni vertikalni skok z nasprotnim gibanjem in enonožni enojni skok v daljino. Raziskovalci so si enotni, da bi bilo smiselno meritve asimetrije izvajati kot del meritev pripravljenosti košarkarjev in na podlagi ugotovljenih klinično pomembnih asimetrij v trenažni proces vključiti preventivni program za zmanjševanje tveganja za poškodbe med igralci. Izbor testov naj bo prilagojen specifikam posameznega športa.

## LITERATURA

1. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, Arrigo CA, Andrews JR (1994). The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 20(2): 60–73.
2. Leister I, Mattiassich G, Kindermann H, Ortmaier R, Barthofer J, Vasvary I, Katzensteiner K, Stelzhammer C, Kulnik ST (2018). Reference values for fatigued versus non-fatigued limb symmetry index measured by a newly designed single-leg hop test battery in healthy subjects: a pilot study. *Sport Sci Health* 14(1): 105–13.
3. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achten A (2018). Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg* 138(1): 51–61.
4. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *J Sports Sci Med* 9(3): 364–73.
5. Bishop C, Turner A, Read P (2018). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci* 36(10): 1135–44.
6. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L (2000). A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc: Official Journal of the ESSKA*, 8(2): 76–82.
7. Kyritsis P, Bahr R, Landreau P, Miladi R, Witvrouw E (2016). Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *Br J Sports Med* 50(15): 946–51.
8. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med* 46(10): 1419–49.
9. Britta K, Heijne A (2015). Hop performance and leg muscle power in athletes: Reliability of a test battery. *Physical Therapy in Sport* 16(3): 222–7.
10. Delahunt E, Remus A (2019). Risk factors for lateral ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train* 54(6): 611–16.
11. Lambert C, Pfeiffer T, Lambert M, Brozat B, Lachmann D, Shafizadeh S, Akoto R (2020). Side differences regarding the limb symmetry index in healthy professional athletes. *Int J Sports Med* 41(11): 729–35.
12. Messina DF, Farney WC, DeLee JC (1999). The incidence of injury in Texas high school basketball. *Am J Sports Med* 27(3): 294–9.
13. Deitch J, Starkey C, Walters S, Moseley J (2006). Injury risk in professional basketball players: a comparison of women's national basketball association and national basketball association athletes. *Am J Sports Med* 34(7): 1077–83.
14. Ujaković F, Šarabon N (2021). Relationship between asymmetries measured on different levels in elite basketball players. *Symmetry* 13(8): 1436.
15. Bakaraki A, Nastou E, Gkrilias P, Fousekis K, Xergia S, Matzaroglou C, Tsepis E (2021). Preseason functional testing in young basketball players: asymmetries and intercorrelations. *J Phys Ther Sci* 33(4): 369–74.
16. Nagai T, Schilaty ND, Laskowski ER, Hewett TE (2020). Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 28(3): 816–22.
17. Jones PA, Bampouras, TM (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J Strength Cond Res* 24(6): 1553–8.
18. Undheim MB, Cosgrave C, King E, Strike S, Marshall B, Falvey É, et al. (2015). Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *Br J Sports Med* 49(20): 1305–10.
19. Drouin, JM & Riemann B (2004). Lower extremity functional-performance testing, Part I. *Athletic Therapy Today* 9: 46–9.
20. Ebert JR, Du Preez L, Furzer B, Edwards P, Joss B (2021). Which hop tests can best identify functional limb asymmetry in patients 9-12 months after anterior cruciate ligament reconstruction employing a hamstrings tendon autograft?. *Int J Sports Phys Ther* 16(2): 393–403.
21. Schiltz M, dric Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard JM, Croisier JL (2009). Explosive

- Strength Imbalances in Professional Basketball Players. *J Athl Train* 44(1): 39–47.
22. Parpa K, Michaelides M (2022). Anterior-posterior and inter-limb lower body strength asymmetry in soccer, basketball, futsal, and volleyball players. *Medicina (Kaunas)* 58(8): 1080.
  23. Thomas C, Comfort P, Dos'Santos T, Jones PA (2017). Determining bilateral strength imbalances in youth basketball athletes. *Int J Sports Med* 38(9): 683–90.
  24. Hadžić V, Erculj F, Bracic M, Dervisević, E (2013). Bilateral concentric and eccentric isokinetic strength evaluation of quadriceps and hamstrings in basketball players. *Coll Antrop* 37(3): 859–65.
  25. Šarabon N, Smajla D, Maffioletti NA, Bishop C (2020). Strength, jumping and change of direction speed asymmetries in soccer, basketball and tennis players. *Symmetry* 12(10).
  26. Gonzalo-Skok O, Sánchez-Sabaté J, Tous-Fajardo J, Mendez-Villanueva A, Bishop C, Piedrafita E (2022). Effects of direction-specific training interventions on physical performance and inter-limb asymmetries. *Int J Environ Res Public Health* 19(3): 1029.
  27. Raj IS, Bird SR, Shield AJ (2010). Aging and the force–velocity relationship of muscles. *Exp Gerontol* 45(2): 81–90.
  28. Viçosa Bonetti L, Piazza F, Marini C, Zardo B, Tadiello G (2017). Isokinetic performance of knee extensors and flexor muscles in adolescent basketball players. *Arch Med Deporte* 34(4): 191–5.
  29. Ruiter C, Korte A, Schreven S, Haan A (2010). Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *Eur J Appl Physiol* 108(2): 247–55.
  30. Ford KR, Myer GD, Brent JL, Hewett TE (2009). Hip and knee extensor moments predict vertical jump height in adolescent girls. *J Strength Cond Res* 23(4): 1327–31.
  31. Bobbert MF, Van Soest AJ (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Med Sci Sports Exerc* 26(8): 1012–20.
  32. Buckthorpe M in Roi GS (2017). The time has come to incorporate a greater focus on rate of force development training in the sports injury rehabilitation process. *Muscles Ligaments Tendons J* 7(3): 435–41.
  33. Angelozzi M, Madama M, Corsica C, Calvisi V, Properzi G, McCaw ST, Cacchio A (2012). Rate of force development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport decisions after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Ortho Sports Phys Ther* 42(9): 772–80.
  34. Rodriguez-Rosell D, Pareja-Blanco F, Aagaard P, González-Badillo JJ (2018). Physiological and methodological aspects of rate of force development assessment in human skeletal muscle. *Clin Physiol Funct Imaging* 38(5): 743–62.
  35. Myers BA, Jenkins WL, Killian C, Rundquist P (2014). Normative data for hop tests in high school and collegiate basketball and soccer players. *Int J Sports Phys Ther*, 9(5), 596–603.
  36. Kea J, Kramer J, Forwell L, Birmingham T (2001). Hip abduction-adduction strength and one-leg hop tests: test-retest reliability and relationship to function in elite ice hockey players. *J Orthop Sports Phys Ther* 31(8): 446–55.
  37. Kivlan BR, Carci CR, Clemente FR, Phelps AL, Martin RL (2013). Reliability and validity of functional performance tests in dancers with hip dysfunction. *Int J Sports Phys Ther* 8(4): 360–9.
  38. Williams GN, Snyder-Mackler L, Barrance PJ, Buchanan TS (2005). Quadriceps femoris muscle morphology and function after ACL injury: a differential response in copers versus non-copers. *J Biomech* 38(4): 685–93.
  39. Palmieri-Smith RM, Thomas AC (2009). A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with ACL injury. *Exerc Sport Sci Rev* 37(3): 147–53.