



Darjan Spudić,
Darjan Smajla, Matic Sašek

Merske značilnosti skrajšanega protokola meritev dinamičnega ravnotežja z napravo Y-test

Izvilleček

Namen predstavljene študije je bil preveriti znotrajobiskovno in medobiskovno zanesljivost merskih parametrov na izdelani napravi, ki smo jo poimenovali Y-test. Testni protokol Y-testa izhaja iz, v praksi pogostejše uporabljenega, »Star Excursion« testu, ki pa je za merilca težje izvedljiv in časovno potratnejši. Iz korelacij med rezultati dosegov v osmih različnih smereh je bilo namreč ugotovljeno, da z minimalno izgubo veljavnosti meritev, sposobnosti preiskovanca lahko izmerimo samo v treh dosežnih smereh, tj. anteriorni, posteromedialni in posterolateralni. V primerjavi z ostalimi študijami na tem področju smo ustvarili krajši meritveni protokol in z izbranimi koeficienti preverili njegovo zanesljivost. V študiji je sodelovalo 30 študentov Fakultete za šport. Preiskovanci so opravili prve (test) in druge (retest) meritve v razmiku treh tednov, znotraj katerih so bile izvedene 3 ponovitve testa. T-test za odvisne vzorce je pokazal značilno različne rezultate v tretjini analiziranih parametrov znotraj obiska in polovici analiziranih parametrov med obiskoma. Koeficienti medobiskovne zanesljivosti so pokazali srednje veliko do odlično zanesljivost parametrov (ICC 0,524–1,000) z izjemo rezultatov v posteromedialni smeri (največja in povprečna vrednost pri levi nogi; ICC < 0,5). Standardna napaka meritve se je med obiskoma gibala od 0,014 do 5,808 cm, najmanjša zaznana sprememba pa 0,5–16 %. Med izbranimi največjimi vrednostmi in povprečju vrednosti meritev nismo opazili razlik v vrednostih izračunanih parametrov. Prednost testa in ustvarjenega protokola meritev se je pokazala v njegovi enostavni in hitri izvedbi. Testna izvedba in izbrani parametri so uporabni v športno-diagnostične namene kot hiter način merjenja dinamičnega ravnotežja in kontralateralnih razlik v spodnjih okončinah ter nekoliko manj za klinične namene zaradi ugotovljene večje standardne napake meritev in posledično večje najmanjše zaznane spremembe. Merilec mora med izvedbo testiranja poskrbeti za doslednost pri izvedbi protokola in rezultate meritev interpretirati z ozirom na predstavljene zanesljivostne parametre.

Ključne besede: Y-test, ravnotežje, zanesljivost, ponovljivost, protokol.

The reliability of shortened testing protocol using custom-made Y-balance test device

Abstract

The aim of the study was to access intra- and inter-visit reliability of the custom-made Y-balance test device parameters. It was developed to standardise the modified »Star Excursion Balance Test«, improve its practicality, and make it commercially available. An individual's reaching distance in a given direction was found to be correlated with his or her reaching distance in the other 7 directions. This has led to the recommendation that only 3 reach directions (anterior, posteromedial, and posterolateral) should be performed. In comparison to other studies, shorter, though timesaving testing protocol was developed. Reliability was checked using intraclass correlation coefficient, standard error of measurement and smallest real difference parameters. 30 PE students volunteered to participate in the study. The study was designed in a test-retest manner. On every visit, participants executed 2 measuring sets. Paired samples t-test showed some significant differences among inter- and intra-visit results, that is in one third and one half of all parameters analysed, respectively. ICC showed fair to excellent reliability (ICC 0,524–1,000), excluding results in posteromedial direction (ICC < 0,5). Standard error of measurement values ranged 0,014–5,808 cm and values of smallest real difference ranged 0,5–16 %. We noticed no differences between using the maximal distance achieved or average value of two consecutive measures parameters. We found our testing protocol and parameters useful in sports performance, specifically in dynamic balance and contralateral lower limb differences testing. Due to a higher standard error of measurement and a relatively high smallest real difference in posteromedial distance results, we agree that clinical practice usefulness should be questioned. Consistency of the testing protocol and reliability parameters should be considered when testing and, later, interpreting testing results.

Key words: Y-test, balance, reliability, repeatability, testing.



■ Uvod

Y-test dinamičnega ravnotežja je test, ki se uporablja za oceno nevromišične kontrole, mobilnosti, moči in stabilnosti spodnjih okončin (Fratti Neves, 2017). Gre za enostavnejšo različico Star Excursion testa (SET), ki se je pokazal kot zanesljiva metoda za merjenje dinamičnega ravnotežja (Gray, 1995). SET se najpogosteje izvaja s pomočjo navadnih merilnih metrov, ki so prilepljeni na podlago v 8 različnih smereh glede na položaj stojne noge. Preiskovanec mora iz stoje na eni nogi s prosto nogo seči čim dlje v anteriorni, posteriorni, medialni, lateralni, anteromedialni, anterolateralni, posteromedialni in posterolateralni smeri (Coughlan, Fullam, Delahunt, Gissane in Caulfield, 2012). Protokoli, ki se uporabljajo pri izvedbi testa niso poenoteni (Plisky idr., 2009), najpogosteje pa med izvedbo testa roke ostajajo v bokih, z najbolj distalnim delom proste noge pa preiskovanec z lahkim dotikom nakaže svoj maksimalen doseg giba v posamezni smeri, brez da bi pri tem izgubil ravnotežje. Število dosežnih smeri, nepoenoteni protokoli poteka meritev in način odčitavanja največje dosežene razdalje predstavlja največjo omejitev tega

testa. Zaradi tega med različnimi merilci lahko prihaja do razlik v sami izvedbi in interpretaciji testnega protokola.

Z redundantno analizo je bilo ugotovljeno (Robinson in Gribble, 2008), da so za stabilne rezultate pri izvedbi SET potrebne 4 poskusne in 3 meritvene ponovitve v vsaki izmed 8 smereh (skupaj 112 dosegov) (ICC 0,84–0,92) (Munro in Herrington, 2010). Tovrstna izvedba testa je časovno potratna in s tem slabše uporabna v praksi. Dodatno se je izkazalo, da obstaja velika korelacija med rezultati SET testa v določenih smereh (Hertel, Braham, Hale in Olmsted, 2004). Faktorska analiza je kasneje pokazala tudi, da je rezultat v posteromedialni smeri odličen reprezentativni pokazatelj vseh 8 smeri pri izvedbi SET (Hertel idr., 2004). Avtorji so ugotovili tudi, da značilne razlike med okončinama najboljšje pokažejo anteromedialna, medialna in posteromedialna smer (Chomjinda idr., 2017; Hertel idr., 2004). Na podlagi ugotovitev se je za klinične namene kasneje začel uporabljati Y-test.

Medtem ko s SET ocenimo sposobnost dinamičnega ravnotežja v 8 različnih smereh, se Y-test izvaja samo v 3 smereh, kar je z vidika praktičnosti meritev veliko enostavnej-

še. S pomočjo Y-testa izmerimo posameznikov maksimalen doseg proste okončine v anteriorni, posteromedialni in posterolateralni smeri. Obe posteriorni smeri sta od anteriorne odmaknjeni za 135 stopinj (Slika 1). Kasnejše analize so pokazale, da se rezultati Y-testa doseženi v posterolateralni smeri in posteromedialni smeri skladajo z rezultati SET (Coughlan idr., 2012).

Ekonomičen in po omejenem številu raziskav (Shaffer idr., 2013) sodeč dobro zanesljiv Y-test se je tako v zadnjih letih uveljavil kot metoda za ugotavljanje dinamičnega ravnotežja pri mlajših, odraslih (Linek, Sikora, Wolny in Saulicz, 2017) research concerning the protocol and reliability of the SEBT and Y-BT has been conducted only for adults. Objectives The aim of the study was to assess the protocol (the necessary number of trials to stabilize the results in starejših posameznikih (Sipe, Ramey, Plisky in Taylor, 2019), za ugotavljanje dejavnikov tveganja za nastanek poškodb zaradi nesorazmerij med nogama, za spremljanje napredka posameznikov pri vadbi ali rehabilitaciji in kot merilo za povratek v šport po poškodbah (Fratti Neves, 2017). Za zanesljive meritve avtorji priporočajo 9 ponovitev testa v vsaki smeri z vsako nogo (6 uvodnih in 3 meritvene). Kot najbolj zanesljiv rezultat pa navajajo povprečje treh meritvenih ponovitev (Linek idr., 2017) research concerning the protocol and reliability of the SEBT and Y-BT has been conducted only for adults. Objectives The aim of the study was to assess the protocol (the necessary number of trials to stabilize the results.

Parametra, ki se najpogosteje uporabljata pri merjenju, sta absolutna dosežena razdalja v določeni smeri in relativna dosežena razdalja, ki jo izrazimo kot odstotek dolžine spodnje okončine. Normalizirano vrednost izračunamo tako, da doseženo razdaljo delimo z razdaljo med medialnim maleolom in sprednjo zgornjo črevnično grčo (ASIS) ter pomnožimo s 100 (Shaffer idr., 2013). Iz relativnih vrednosti nato izračunamo asimetrijo med dominantno in nedominantno nogo. Rezultat za posamezno nogo lahko izrazimo tudi kot relativno povprečje dosežnih razdalj v vseh treh smereh za posamezno nogo (Fratti Neves, 2017).

Asimetrija med okončinama, ki je večja od 4 cm v anteriorni smeri oziroma skupni relativni rezultat, ki je manjši od 94 % dolžine spodnje okončine, je povezana z nevromišičnimi pomanjkljivostmi in večjo možnostjo za nastanek nekontaktnih poškodb spodnjih ekstremitet (Fratti Neves, 2017;

Plisky idr., 2009). Nižje vrednosti pri testu se najpogosteje pojavijo pri kronični nestabilnosti gležnja zaradi zmanjšane obsega giba v smeri dorzalne fleksije (anteriorni premik), zmanjšane nevro-mišične kontrole invertorjev gležnja (posterolateralni premik) in evertorjev gležnja (posteromedialni premik) (Fratti Neves, 2017). Izvedba testa je odvisna od mišične moči, kokontraksije, gibljivosti (mobilnosti) in stabilnosti gležnja, kolena, kolka in ledveno-križničnega predela hrbta (Fratti Neves, 2017). Anteriorni doseg je v največji meri povezan z močjo upogibalk in iztegovalk kolka ter gibljivostjo gležnja, medtem ko sta posterolateralni in posteromedialni doseg v največji povezana z močjo iztegovalk oziroma odmikalk kolka (Ambegaonkar, Mettinger, Caswell, Burt in Cortes, 2014; Hubbard, Kramer, Denegar in Hertel, 2007).

Predstavljene prednosti testa smo želeli preveriti z lastno raziskavo. Namen je bil preveriti praktično uporabnost merjenja na lastni skonstruirani in izdelani napravi za izvedbo Y-testa. Namen raziskave je bil tudi preveriti zanesljivost rezultatov meritev z različnimi uporabljenimi parametri in v različnih smereh gibanja ter ustvariti standardiziran meritveni protokol, ki bi v prihodnje v praksi omogočal hitro in zanesljivo merjenje parametrov dinamičnega ravnotežja ter s tem vrednotenje trenutnih gibalnih sposobnosti preiskovanca, spremljanje učinka vadbenega procesa ali spremljanje napredka v rehabilitacijskem procesu.

Metode

Preiskovanci

V študiji je prostovoljno sodelovalo 30 študentov Fakultete za šport, od tega 18 moških (višina $180,6 \pm 4,8$ cm; teža $77,5 \pm 4,7$

kg; starost $22,7 \pm 3,8$ let in razdalja od sprednjega zgornjega črevničnega grebena do tal, izmerjena v pokončni stoji (ASIS-maleol) $97,9 \pm 6,2$ cm) in 12 žensk (višina $166,6 \pm 4,4$ cm; teža $60,8 \pm 6,6$ kg; starost $22,2 \pm 2,1$ let; ASIS-maleol $92,4 \pm 4,7$ cm). Vse vrednosti so izražene kot aritmetična sredina $\pm$ standardni odklon. Vsi so bili zdravi in v zadnjih treh mesecih niso utrpeli poškodb ali bolezni, ki bi lahko na kakršen koli način vplivale na rezultate testa. Celoten eksperiment je bil izveden v skladu s Helsinško deklaracijo (WHO, 2013).

Postopek meritev in pripomočki

Izvedena je bila zanesljivostna test-retest študija z vmesnim 3-tedenskim premorom. Meritve so bile izvedene v Kineziološkem laboratoriju Fakultete za šport. Pred izvedbo testiranja so preiskovanci izvedli standardizirano 3-minutno ogrevanje, ki je vsebovalo stopanje na 25 cm skrinjo v tempu 120 udarcev na minuto. Po minutnem premoru je bil izveden spoznavni protokol na napravi za izvedbo Y-testa, ki je vseboval izvedbo ponovitev v anteriorni, posterolateralni in posteromedialni smeri z levo in desno nogo. Izvedba testa z desno nogo pomeni, da preiskovanec stoji na desni nogi z rokami v bokih »akimbo« in potiska merilni kvader v izbrani smeri.

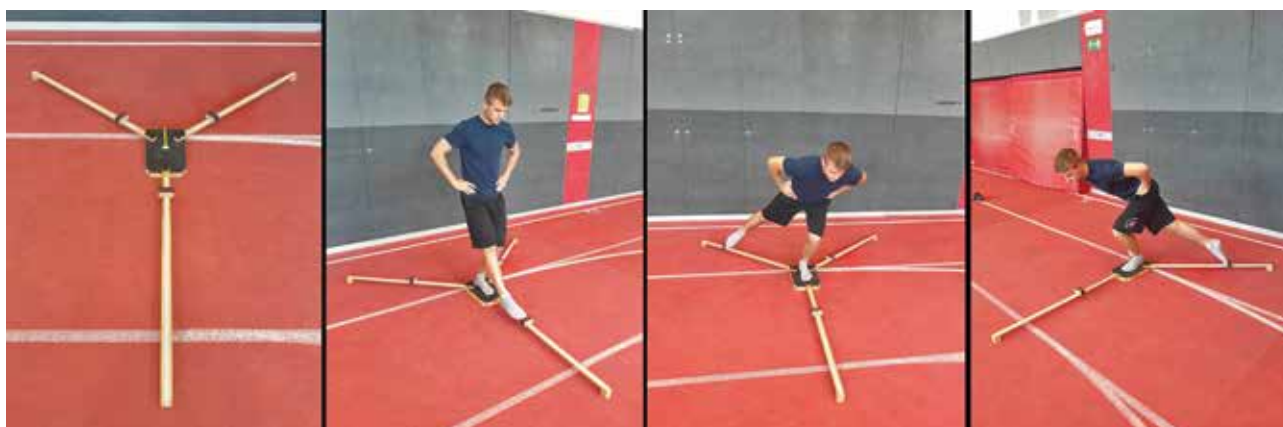
Po izvedenem spoznavnem protokolu je bila izmerjena dolžina stopala (pravokotno od skrajne posteriorne do skrajne anteriorne točke stopala v sagitalni ravnini) in razdalja od sprednjega zgornjega črevničnega grebena do najbolj distalnega dela medialnega maleola v stoji (ASIS-maleol), s čimer smo določili dolžino spodnje ekstremitete za vsakega posameznika.

Za vsakega preiskovanca je bila na stojni podlagi naprave za izvedbo Y-testa določene

na postavitev stopala, tako da je bila projekcija težišča stopala postavljena na sredino plošče, ki je bila označena z markerjem. V anteriorno-posteriorni smeri je sredino postavitev na stojni podlagi določala sredina dolžine stopala, v lateralni smeri pa je sredino stopala določala sredina petnice. Iz stoe na eni nogi so nato preiskovanci z drugo nogo s počasnim tekočim gibom potisnili merilno kocko v anteriorni, posterolateralni in posteromedialni smeri. Ponovitev je bila vrednotena kot napačna, če se je posameznik med izvedbo uprl na merilno kocko, če roke med izvedbo niso bile v začetnem položaju, če je prišlo do dviga pete od podlage in če se posameznik po doseženi največji razdalji ni varno vrnil v začetni položaj, tj. pokončno stoji na 1 nogi in nadaljeval z izvedbo testa v naslednji smeri. Izmenično sta bili izvedeni 2 ponovitvi testa z vsako nogo. Preiskovanci so imeli za izvedbo testa v posamezni smeri neomejeno časa, med ponovitvami pa so imeli preiskovanci 1 minuto odmora. Rezultat testa je bil izmerjen na 0,5 cm natančno, pri čemer je bila dosežena vrednost zaokrožena navzdol. Teste sta izvajala dva merilca (M. S. in D. S.), kar nam je omogočala ugotovljena odlična zanesljivost oziroma absolutno ujemanje v rezultatih testa, ki ga izvaja več merilcev (ICC 0,97–1,00) (Plisky idr., 2009).

Merilna naprava Y-test

Za izvedbo testiranja je bila uporabljena samostojno skonstruirana in izdelana naprava, ki smo jo poimenovali Y-test (Slika 1). Naprava je bila izdelana z namenom izboljšanja zanesljivosti rezultatov dosedanjih testiranja. Pri izvedbi testiranja dinamičnega ravnotežja, kot so »Star excursion test« in »Y-test«, se najpogosteje uporablja odčitavanje vrednosti iz linearnega merila, ki je narisano ali nalepljeno na tla. Pri ta-



Slika 1. Prikaz naprave Y-test in izvedbe giba v anteriorni, posteromedialni in posterolateralni smeri (z leve proti desni).

kšni izvedbi testiranj se v praksi soočamo z velikimi odstopanji rezultatov meritev pri istih posameznikih znotraj in med obiski, zato rezultate testiranj težje pripišemo pravim razlikam, ki bi bile lahko posledice vadbene, rehabilitacijskega ali drugega procesa. Prav tako v literaturi primanjkuje standardiziranih protokolov za izvedbo testiranj, ki bi zajemali postavitev stopala in rok ter zaporedje smeri potiskov. Stojna podlaga na izdelani napravi nam omogoča standardizirano postavitev stopala, medtem ko nam merilni kvader omogoča natančno določanje najdaljše razdalje pri potisku. S pomočjo upogljivih vodil in linearno merilno podlago, na katero so nameščeni kvadri, smo lahko imeli večji nadzor nad morebitnim prenosom teže na potisno nogo.

Metode obdelave podatkov

V statistično analizo smo vključili rezultate prvih meritev (test) in drugih meritev (retest). Pri prvih in drugih meritvah smo uporabili prvo in drugo testno meritev (pon 1 in pon 2), rezultati spoznavnega protokola niso bili vključeni v obdelavo. Za analizo znotrajobiskovne zanesljivosti (pon 1 in pon 2) smo uporabili surove vrednosti ponovitev, za analizo medobiskovne zanesljivosti (test-retest) pa smo uporabili največjo vrednost izmed dveh izvedenih ponovitev na prvih in drugih meritvah (Max) in povprečno vrednost dveh izvedenih ponovitev na prvih in drugih meritvah (Ave). Parametra sta bila izbrana z namenom ugotoviti morebitne razlike v zanesljivosti rezultatov testa, ki jih lahko dobimo s povprečjem večjega števila ponovitev testa v določeni smeri.

Za vse spremenljivke je bila najprej izračunana opisna statistika. Vse vrednosti so izražene kot aritmetična sredina $\pm$ standardni odklon. Vse spremenljivke, pred in po, so

bile normalno porazdeljene (Shapiro-Wilk; $p > 0,05$). Za izračun statistično značilnih razlik med prvo in drugo ponovitvijo izvedbe testa (znotrajobiskovna zanesljivost) in razlik med rezultati testa med prvim in drugim obiskom (medobiskovna zanesljivost) je bil uporabljen t-test za odvisne vzorce. Vse razlike so bile izračunane kot razlika med drugimi in prvimi meritvami (retest-test) oziroma razlika rezultata med drugo in prvo ponovitvijo (znotraj obiska). Homoskedastičnost razlik meritev je bila grafično preverjena z Blant-Altmanovimi grafi (Sliki 2 in 3). Na grafikonih je na ordinatni osi prikazana razlika med meritvama (test-retest), medtem ko je na abscisni osi prikazano povprečje obeh meritev $((test1+test2)/2)$. Na grafu polna horizontalna črta prikazuje povprečje razlik med meritvama, dve črtkani horizontalni črti pa predstavljata 95 % interval zaupanja za povprečje razlik obeh meritev (Hadžić, Uršej, Kalc in Deržević, 2012). Za ugotavljanje zanesljivosti ponovitev smo uporabili intraklasni korelacijski koeficient tipa 3.1 ($ICC_{3,1}$) na podlagi 95 % intervala zaupanja za ICC. Vrednosti, manjše od 0,5, pomenijo slabo zanesljivost, vrednosti 0,5–0,75 srednje veliko zanesljivost, 0,75–0,9 dobro zanesljivost in večje od 0,9 odlično zanesljivost meritev (Koo in Li, 2016). S koeficientom variance ($CV = SEM/M_{\text{obeh meritev}}$) smo relativno izrazili standardno napako meritve ($SEM = SD_{\text{razlik}} \cdot \sqrt{1-ICC}$), ki predstavlja enega izmed kazalnikov absolutne ponovljivosti, kar pomeni, da se dobra zanesljivost meritve kaže z majhno standardno napako meritve. Sprejemljive vrednosti zanesljivostnih koeficientov se med različnimi testi razlikujejo. Za uporabo testa v športno-diagnostičnih postopkih pa načeloma zadostujejo vrednosti $ICC > 0,70$ in $CV < 15\%$ (Haff, Ruben, Lider, Twine in Cormie, 2015). Dodatno smo izračunali tudi najmanjšo relativno zaznano spremembo (SRD), ki jo lahko interpretiramo

kot stopnjo spremembe, znotraj katere je več kot 95 odstotkov možnosti, da se niso pojavile nobene prave razlike, ki bi bile lahko posledica vadbe (Lexell, 2005). Razlika med obema meritvama torej mora biti velika najmanj za vrednost najmanjše zaznane spremembe, da lahko s 95-odstotno zanesljivostjo trdimo, da so rezultati testa posledica pravih razlik, tj. razlik, ki so nastale zaradi vadbe ali druge intervencije (Dvir, 2015). Podatki so bili obdelani s programsko opremo IBM SPSS Statistics 25 (IBM Corporation, New York, ZDA) in Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft, Washington, ZDA). Statistična značilnost je bila sprejeta z dvostransko 5 % napako alfa.

Rezultati

V Tabeli 1 so prikazani rezultati testiranj, ki so jih opravili preiskovanci pri prvem obisku (test). Rezultati t-testa kažejo na statistično značilne razlike v doseženi razdalji z levo nogo v anteriorni (1,1 cm ali 1,4 %) in posteromedialni smeri (2,4 cm ali 2,5 %) med prvo in drugo ponovitvijo testa. ICC parameter kaže na najslabšo znotrajobiskovno zanesljivost testa v anteriorni smeri (0,432 za desno in 0,528 za levo nogo). Zanesljivost testa v posteromedialni smeri je srednje velika (desna noga) in odlična (leva noga); zanesljivost v posterolateralni smeri pa se izkaže za odlično (desna noga) in dobro (leva noga). Vrednosti koeficienta variance znašajo od 2,06 do 4,11. Najmanjša zaznana sprememba pa sorazmerno sledi zanesljivosti rezultatov testa v določenih smereh, torej je najvišja pri anteriorni smeri (15 % leva noga in 13 % desna noga).

V Tabeli 2 so prikazani rezultati testiranj, ki so jih opravili preiskovanci pri drugem obisku (retest). Rezultati t-testa so zelo podobni rezultatom s prvega obiska (Tabela 1) in kažejo na statistično značilne razlike v do-

Tabela 1
Znotrajobiskovna zanesljivost rezultatov testiranj Y-testa za prve meritve (test)

n	parameter	pon 1	pon 2	p	SEM	CV	ICC (95 % CI)	SRD (95 % CI)	SRD %
	Ant	80,7 $\pm$ 5,9	81,7 $\pm$ 6,2	0,186	4,290	4,11	0,432 (-53,364, 0,892)	11,89 (-10,92, 12,86)	15
D	Post_med	100,9 $\pm$ 7,5	102,8 $\pm$ 7,6	0,099	4,188	3,27	0,638 (-50,584, 0,931)	11,61 (-9,82, 13,40)	11
	Post_lat	96,5 $\pm$ 10,3	99,1 $\pm$ 8,5	0,064	0,860	2,89	0,990 (-7,644, 0,998)	2,38 (0,28, 5,04)	2
	Ant	79,8 $\pm$ 5,6	80,9 $\pm$ 6,0	0,030*	3,672	2,59	0,528 (-52,339, 0,910)	10,18 (-8,30, 12,05)	13
L	Post_med	98,5 $\pm$ 9,0	100,9 $\pm$ 8,0	0,011*	1,920	2,06	0,945 (-27,855, 0,990)	5,32 (-2,89, 7,75)	5
	Post_lat	97,4 $\pm$ 8,5	97,6 $\pm$ 8,1	0,864	2,437	2,45	0,811 (-44,671, 0,964)	6,76 (-5,64, 7,87)	8

Legenda. N – noga; D – desna, L – leva, Ant – rezultat v anteriorni smeri; Post_med – rezultat v posteromedialni smeri; Post_lat – rezultat v posterolateralni smeri; pon – ponovitev, p – testna statistika t-testa za odvisne vzorce; SEM – standardna napaka meritve; CV – koeficient variance; ICC – intraklasni korelacijski koeficient tipa 3.1; CI – interval zaupanja; SRD – najmanjša zaznana sprememba.

Tabela 2

Znotrajobiskovna zanesljivost rezultatov testiranja Y-testa za druge meritve (retest)

n	parameter	pon 1	pon 2	p	SEM	CV	ICC (95 % CI)	SRD (95 % CI)	SRD %
D	Ant	81,5±5,6	82,0±5,4	0,293	1,440	5,20	0,926 (-32,295, 0,986)	3,99 (-3,44, 4,54)	5
	Post_med	103,3±8,4	104,5±7,4	0,074	0,478	3,01	0,996 (-2,655, 0,999)	1,33 (-0,14, 2,51)	1
	Post_lat	100,2±7,5	100,2±7,8	0,977	5,220	9,20	0,470 (-53,003, 0,899)	14,47 (-14,44, 14,50)	14
L	Ant	80,7±6,0	82,4±6,6	0,032*	3,334	2,48	0,683 (-49,579, 0,940)	9,24 (-7,58, 10,90)	11
	Post_med	102,3±7,9	103,9±7,2	0,015*	2,938	2,15	0,842 (-42,669, 0,970)	8,14 (-6,57, 9,72)	8
	Post_lat	100,4±8,3	99,9±9,0	0,578	3,875	-9,89	0,783 (-46,150, 0,959)	10,74 (-11,24, 10,24)	11

Legenda. *N* – noga; *D* – desna, *L* – leva, *Ant* – rezultat v anteriorni smeri; *Post_med* – rezultat v posteromedialni smeri; *Post_lat* – rezultat v posterolateralni smeri; *pon* – ponovitev, *p* – testna statistika t-testa za odvisne vzorce; *SEM* – standardna napaka meritve; *CV* – koeficient variance; *ICC* – intraklasni korelacijski koeficient tipa 3.1; *CI* – interval zaupanja; *SRD* – najmanjša zaznana sprememba.

seženi razdalji z levo nogo v anteriorni (1,7 cm ali 2,1 %) in posteromedialni smeri (1,6 cm ali 1,7 %) med prvo in drugo ponovitvijo testa. Rezultati testa so pri obeh nogah boljši, ko so preiskovanci test izvedli drugič z izjemo posterolateralne smeri pri levi nogi. V tem primeru je bil test pri drugi ponovitvi vaje izveden slabše. ICC parameter kaže na najslabšo znotrajobiskovno zanesljivost testa v posterolateralni smeri (0,470 za desno in 0,783 za levo nogo) in anteriorni smeri pri levi nogi (0,683). Zanesljivost testa v posteromedialni smeri je odlična (desna noga) in dobra (leva noga); zanesljivost v posterolateralni smeri se izkaže za slabo (desna noga) in dobro (leva noga); v anteriorni smeri se izkaže za odlično (desna noga) in dobro (leva noga). Vrednosti koeficienta variance znašajo od -9,89 do 9,20. Najmanjša zaznana razlika sorazmerno sledi zanesljivosti rezultatov testa v določenih

smereh, torej je najvišja pri posterolateralni smeri (14 % leva noga in 14 % desna noga) ter najmanjša pri posteromedialni smeri (1 % za desno nogo).

V Tabeli 3 so prikazani rezultati prvih in drugih testiranj (test-retest) ter zanesljivostni koeficienti za izbran parameter najboljšje ponovitve znotraj obiska (max) in povprečne vrednosti znotraj obiska (ave).

Rezultati t-testa pri analiziranih najboljših vrednostih kažejo na statistično značilno boljšo izvedbo pri drugem obisku v posteromedialni in posterolateralni smeri pri levi nogi (2,6 % oziroma 2,4 %). Rezultati t-testa pri analiziranih povprečnih vrednostih pa poleg posteromedialne in posterolateralne smeri pri levi nogi (2,1 % oziroma 2,6 %) kažejo na sistematično boljšo izvedbo pri drugem obisku v posteromedialni in posterolateralni smeri v primeru izvedbe

testa z desno nogo (3,5 % oziroma 2,8 %). Standardna napaka meritve (SEM) se giblje od 0,014 cm (posterolateralno desna noga) do 5,808 cm (posteromedialno leva noga). Koeficient variance se nahaja znotraj priporočenih vrednosti (15 %) (Haff idr., 2015). Standardni odklon napak meritev je za od 1,4 (posteromedialno desna noga) do 6,34-kratnik (anteriorno desna noga) večji od povprečja razlik med obiskoma (test-retest). ICC parameter kaže na odlično medobiskovno zanesljivost testa v posterolateralni smeri (najboljša vrednost 1,000 in povprečna vrednost 0,999 za desno nogo) in povprečna vrednost za levo nogo (0,901). Razultati kažejo na dobro zanesljivost pri povprečnem rezultatu v anteriorni smeri pri desni nogi (0,866). Pri najboljšem rezultatu se je dobra zanesljivost izkazala v posteromedialni smeri za desno nogo (0,828) in posterolateralni smeri za levo

Tabela 3

Medobiskovna zanesljivost rezultatov testiranja Y-testa (test-retest)

n	parameter	vrsta	test	retest	p	SEM	CV	ICC (95 % CI)	SRD (95 % CI)	SRD %
D	Ant	Max	82,7±6,2	82,8±5,4	0,887	2,845	3,80	0,727 (-48,305; 0,948)	7,89 (-7,78; 7,99)	10
	Post_med	Max	103,9±7,0	105,1±7,6	0,176	2,850	4,02	0,828 (-43,602; 0,967)	7,90 (-6,70; 9,10)	8
	Post_lat	Max	100,5±8,2	102,1±7,3	0,098	0,014	3,26	1,000 (0,996; 1,000)	0,04 (1,58; 1,66)	0,5
L	Ant	Max	81,6±5,6	83,0±6,3	0,061	4,377	1,92	0,669 (-49,902; 0,937)	12,13 (-9,76; 14,50)	12
	Post_med	Max	101,9±7,7	104,5±6,9	0,003*	5,801	1,76	0,301 (-54,346; 0,867)	16,08 (-13,50; 18,66)	16
	Post_lat	Max	99,8±8,0	102,2±7,8	0,007*	1,898	2,86	0,887 (-38,396; 0,979)	5,26 (-3,85; 6,67)	6
D	Ant	Ave	81,5±5,6	82,0±5,2	0,387	1,908	6,34	0,866 (-40,620; 0,975)	5,29 (-4,73; 5,85)	6
	Post_med	Ave	101,8±7,1	103,9±7,8	0,028*	4,789	2,42	0,524 (-52,383; 0,910)	13,27 (-11,30; 15,25)	13
	Post_lat	Ave	97,8±8,8	100,3±7,3	0,034*	0,232	2,51	0,999 (0,005; 1,000)	0,64 (1,71; 3,00)	1
L	Ant	Ave	80,7±5,4	81,9±5,7	0,071	2,889	2,98	0,724 (-48,418; 0,948)	8,01 (-6,84; 9,18)	10
	Post_med	Ave	99,8±8,3	103,3±7,4	0,000*	5,808	1,40	0,389 (-53,729; 0,884)	16,10 (-12,75; 19,45)	16
	Post_lat	Ave	97,5±7,9	100,3±8,4	0,005*	2,414	1,83	0,901 (-36,582; 0,981)	6,69 (-3,98; 9,40)	7

Legenda. *N* – noga; *D* – desna, *L* – leva, *Ant* – rezultat v anteriorni smeri; *Post_med* – rezultat v posteromedialni smeri; *Post_lat* – rezultat v posterolateralni smeri; *Max* – višja vrednost izmed dveh ponovitev; *Ave* – povprečna vrednost dveh ponovitev; *test* – prve meritve, *retest* – druge meritve; *p* – testna statistika t-testa za odvisne vzorce; *SEM* – standardna napaka meritve; *CV* – koeficient variance; *ICC* – intraklasni korelacijski koeficient tipa 3.1; *CI* – interval zaupanja; *SRD* – najmanjša zaznana sprememba.

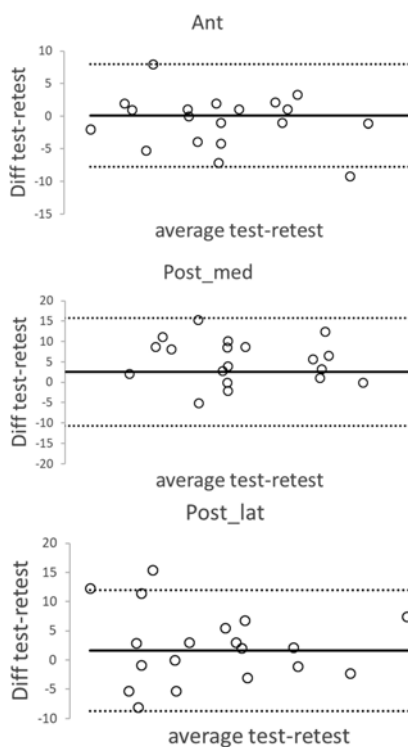
nogo (0,887). Srednjo veliko zanesljivost smo ugotovili pri povprečnem rezultatu v anteriorni smeri pri levi nogi (0,724) in posteromedialni smeri pri desni nogi (0,525). Pri najboljšem rezultatu pa smo ugotovili srednje veliko zanesljivost v anteriorni smeri (0,727 za desno nogo in 0,660 za levo nogo). Slaba zanesljivost je bila ugotovljena za povprečno in najboljšo vrednost pri levi nogi v posteromedialni smeri (0,389 oziroma 0,301). Najmanjša zaznana sprememba sorazmerno sledi zanesljivosti rezultatov testa v določenih smereh. Pri največjih vrednostih (8 % desna noga, 16 % desna noga) in pri povprečnih vrednostih (13 % desna noga, 16 % leva noga) je največja v posteromedialni smeri ter najmanjša v posterolateralni smeri (največje vrednosti: 0,5 % desna noga, 6 % leva noga; povprečne vrednosti: 1 % desna noga, 7 % leva noga).

Blant-Altmanovi grafi (Sliki 2 in 3) prikazujejo absolutne razlike med meritvama (test-retest; ordinatna os) pri povprečni vrednosti rezultatov dveh meritev (test-retest; abscisna os). V primeru, da povprečje meritev (polna horizontalna črta) odstopa od vrednosti 0, to prikazuje sistematično razliko v rezultatih prvega in drugega testa. Obe črtkani črti nam prikazujeta spodnjo in zgornjo mejo 95 % intervala zaupanja za razliko med meritvama. Širši kot je interval zaupanja, večja je razlika v rezultatih testa med meritvama za posameznega merjenca. Na podlagi analize grafov opazimo, da so bile izmerjene vrednosti rezultatov testov večje pri drugih meritvah, kar pomeni, da so preiskovanci ob drugem obisku dosegali višje vrednosti. 95 % interval zaupanja za razlike je najožji v primeru meritev v anteriorni smeri (leva in desna noga), rezultati se le v manjši meri razlikujejo med največjo vrednostjo in povprečno vrednostjo dveh meritev testa.

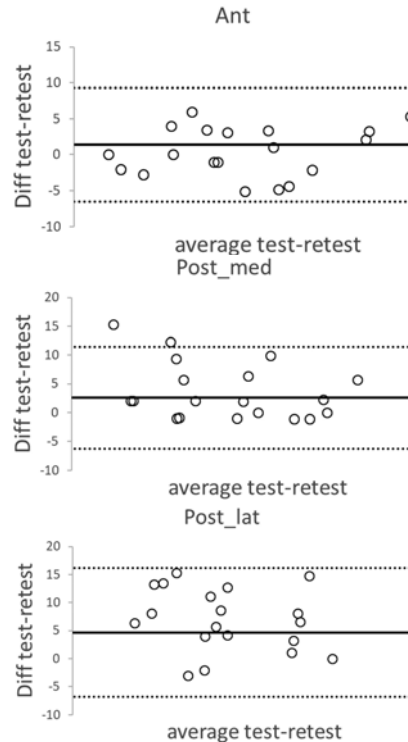
Razprava

Namen raziskave je bil preveriti praktično uporabnost merjenja na lastni skonstruirani in izdelani napravi za izvedbo Y-testa ter preveriti zanesljivost rezultatov meritev z različnimi uporabljenimi parametri v različnih smereh gibanja. Na ta način smo poskušali ustvariti standardiziran meritveni protokol, ki bi v prihodnje v praksi omogočal hitro in zanesljivo merjenje parametrov dinamičnega ravnotežja ter s tem vrednotenje trenutnih gibalnih sposobnosti preiskovanca, spremljanje učinka vadbenega procesa ali spremljanje napredka v rehabilitacijskem procesu.

Desna noga (največja vrednost)

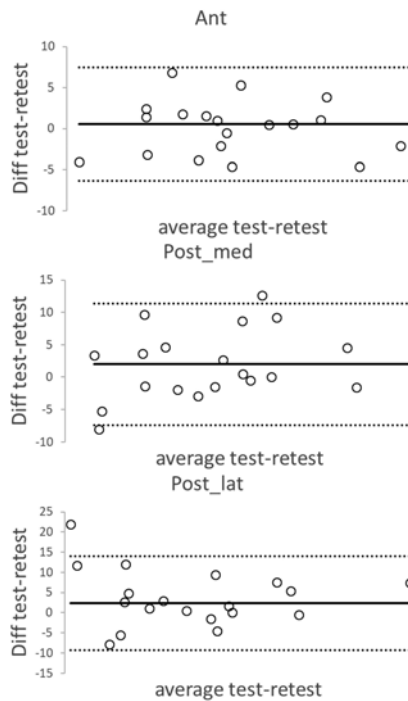


Leva noga (največja vrednost)

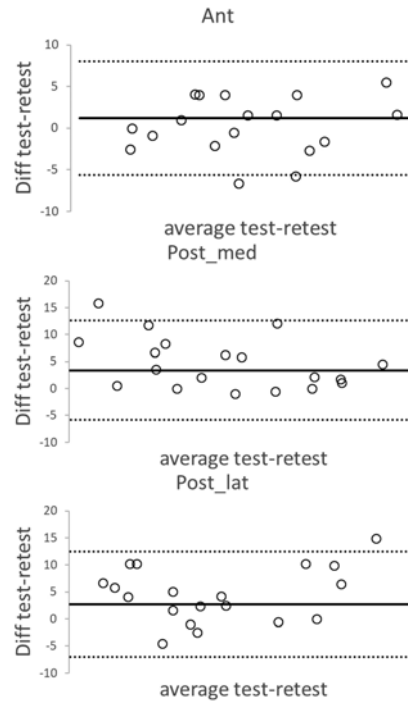


Slika 2. Blant-Altmanovi grafi razlik med meritvama (test-retest) za največjo vrednost rezultatov testa.

Desna noga (povprečje)



Leva noga (povprečje)



Slika 3. Blant-Altmanovi grafi razlik med meritvama (test-retest) za povprečno vrednost rezultatov testa.

Lastna skonstruirana naprava in ustvarjen protokol meritve sta se izkazala kot uporabna in časovno učinkovita. Glavne ugotovitve študije so, da so preiskovanci ob drugi ponovitvi izvedbe testa ob prvem in drugem obisku dosegli boljše rezultate, le-te so dosegli statistično značilnost v tretjini analiziranih parametrov. Koeficienti znotrajobiskovne zanesljivosti so pokazali srednje veliko do odlično zanesljivost parametrov (ICC 0,528–1,000) z izjemo rezultatov v anteriorni smeri (prvi obisk) in posterolateralni smeri (drugi obisk) pri desni nogi (ICC < 0,5). Preiskovanci so teste boljše izvedli ob drugem obisku. V primeru medobiskovne zanesljivosti je polovica izbranih parametrov dosegla statistično značilnost. Koeficienti medobiskovne zanesljivosti so pokazali srednje veliko do odlično zanesljivost parametrov (ICC 0,524–1,000) z izjemo rezultatov v posteromedialni smeri (največja in povprečna vrednost pri levi nogi; ICC < 0,5). Koeficient variance se nahaja znotraj priporočenih vrednosti (15 %) (Haff idr., 2015). Standardna napaka meritve se med obiskoma giba od 0,014 do 5,808 cm, čemur sledi tudi najmanjša zaznana sprememba (0,5–16 %).

Med ponovljivostnimi koeficienti povprečnih vrednosti dveh ponovitev in najboljših ponovitev ne opazimo trenda, ki bi nakazoval na dominantnost ene izmed obeh metod. Vsi parametri (CV, ICC, SRD) so naključno in nepojasnjeno boljši/slabši glede izbrano smer giba in glede na izvedbeno nogo. Izkaže se, da so meritve najbolj zanesljive v posterolateralni smeri tako pri levi kot pri desni nogi. Če za meritve uporabimo največjo vrednost, je povprečna napaka meritve, ki jo moramo upoštevati pri interpretaciji rezultatov z desno nogo 0,014 cm in z levo nogo 1,9 cm (Tabela 3, vrstica 4 in 7).

Za vrednotenje in spremljanje učinka vadbene procesa ali spremljanje napredka v rehabilitacijskem procesu je pomembno, da izveden test nudi zanesljive rezultate, kar med drugim pomeni, da ugotovljeno razliko med meritvama lahko pripišemo dejanskim spremembam, ki so nastale zaradi sprememb v živčno-mišičnem sistemu kot prilagoditev na vadbo ali na rehabilitacijski proces. Ker je v literaturi anteriorni doseg v največji meri povezan z zmanjšanim obsegom giba v smeri dorzalne fleksije in nanj v manjši meri vplivajo ostale gibalne sposobnosti (Fratti Neves, 2017), smo pričakovali največjo zanesljivost rezultatov meritev. Nasprotno se je za najbolj zanesljiv

parameter med obiskoma v naši raziskavi presenetljivo pokazal doseg v posterolateralni smeri, ki ga nekateri avtorji pripisujejo predvsem moči upogibalk, iztegova in primikalk kolka (Ambegaonkar idr., 2014) ter nevromišični kontroli invertorjev gležnja (Fratti Neves, 2017). Za najmanj zanesljiv parameter je se izkazal doseg v posteromedialni smeri, ki se ga v literaturi povezuje z zmanjšano nevromišično kontrolo invertorjev gležnja. Slabša zanesljivost testa v posteromedialni smeri je najverjetneje posledica učenja. Ugotovljeno je bilo, da je posteromedialna smer najbolj reprezentativen pokazatelj vseh smeri, kar pomeni, da se izboljšanje preiskovančevih sposobnosti v največji meri pokaže v omenjeni smeri. Pomembno je, da merilec ob izvedbi testa upošteva standardiziran protokol meritev in s tem zmanjša možnost za slučajno napako meritve. Merilec tudi mora biti seznanjen z zanesljivostjo določenih parametrov testa in pri interpretaciji meritev in podajanju priporočil upoštevati standardne napake meritev in najmanjšo zaznano razliko. Merilcu je lahko ob upoštevanju opisanega protokola pri izvedbi Y-testa v pomoč Tabela 3.

V primerjavi z ostalimi študijami je naša študija zajemala skrajšan protokol meritev, saj je bil namen preveriti zanesljivost merjenih parametrov s še najmanjšim smiselnim in časovno sprejemljivim številom ponovitev testa (poskusna serija in 2 meritveni seriji). Izbran protokol meritev se kljub redukciji števila ponovitev po medobiskovni zanesljivosti lahko primerja z rezultati študije Lineka in sodelavcev (2017) research concerning the protocol and reliability of the SEBT and Y-BT has been conducted only for adults. Objectives The aim of the study was to assess the protocol (the necessary number of trials to stabilize the results, kjer so ugotovili ICC 0,57–0,82, SEM do 6 % in SRD 7,68–13,7 %, Smitha in sodelavcev (2018) and moderate reliability with 0.76 for posterolateral (PL, kjer so ugotovili ICC 0,63–0,89 in SRD 6–13 %, Pliskyja in sodelavcev (2009), kjer so ugotovili ICC 0,85–0,89 in SEM 2,01–5,84 cm, medtem ko so rezultati v študiji Greenberga in sodelavcev (2019) an immature neuromuscular system, and deficits in muscle strength and recruitment patterns. Reliable tests of dynamic stability can help identify athletes with balance deficits and assess changes in limb function after injury. Sophisticated measures of dynamic postural control, such as stabilometry, are able to detect subtle deficits in young athletes, but are expensive

and may not be readily available in a clinical setting. The Y Balance Test (YBT) boljši, in sicer je bil ugotovljen ICC 0,681–0,911 in SRD 2,02–3,63 %.

V študiji (Smith idr., 2018) and moderate reliability with 0.76 for posterolateral (PL, ki je zajemala 51 moških in 59 ženskih študentov so ugotovili asimetrije v posteromedialni smeri (> 4 cm) pri 54,9 % moških in 50,8 % žensk. Zaradi večje standardne napake meritve (4,19 cm v posterolateralni in 4,17 v posteromedialni smeri) in SRD (13 % v obeh smereh) v teh smereh bi bilo smiselno asimetrije med nogama potrebno v prihodnje ponovno eksperimentalno določiti in rezultate testiranj interpretirati z ozirom na izračunane zanesljivostne parametre.

Prednost izvedenega protokola meritev na poceni, prenosljivi in enostavno uporabni napravi za izvedbo Y-testa je kratek čas izvedbe. Za izvedbo je merilec potreboval okrog 5 minut na preiskovanca, medtem ko v nekaterih študijah poročajo o 20-minutni izvedbi testa (Plisky idr., 2009). Hitra izvedba testiranja pa je lahko tudi ena izmed pomanjkljivosti študije, saj je odnos med hitrostjo izvedbe in natančnostjo meritev v praksi velikokrat premo sorazmeren, čemur tudi lahko pripišemo manjšo zanesljivost testa v posteromedialni smeri. Omejitveni dejavnik študije je lahko tudi daljši med obema obiskoma (3 tedne). V tem času tudi (test-retest) nismo imeli nadzora nad vadbene obremenitvami preiskovancev. Ker je bil vzorec izbran med študenti Fakultete za šport, lahko pričakujemo, da so bili le-te vključeni v razne trenajzne procese, kar bi prav tako lahko vplivalo na izboljšanje rezultata testov drugih meritev (Hale, Hertel in Olmsted-Kramer, 2007).

■ Zaključek

Zaključimo lahko, da se je izdelana naprava za izvedbo Y-testa v praksi izkazala za praktično uporabno. Dodatno, izračunani zanesljivostni parametri kažejo na dobro do odlično znotrajobiskovno in medobiskovno zanesljivost testa, z izjemo posteromedialne smeri. Prednost našega testa in ustvarjenega kratkega protokola meritev se je pokazala v njegovi enostavni in hitri izvedbi. Testna izvedba in izbrani parametri so uporabni v športno-diagnostične namene kot hiter način merjenja dinamičnega ravnotežja in kontralateralnih razlik v spodnjih okončinah in nekoliko manj za klinične namene zaradi ugotovljene večje standardne napake meritev in posledično

najmanjše zaznane spremembe. Za neposredno povratno informacijo preiskovancu bi bilo v prihodnje smiselno s sistematičnimi meritvami ustvariti referenčne vrednosti v anteriorni, posteromedialni in posterolateralni smeri. Merilec mora med izvedbo testiranj poskrbeti za doslednost pri izvedbi protokola in rezultate meritev interpretirati z ozirom na predstavljene zanesljivostne parametre.

■ Literatura

1. Ambegaonkar, J. P., Mettinger, L. M., Caswell, S. V., Burt, A. in Cortes, N. (2014). Relationships between core endurance, hip strength, and balance in collegiate female athletes. *International journal of sports physical therapy*, 9(5), 604–616. Pridobljeno od <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25328823>0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4196325
2. Chomjinda, K., Udompanich, P., Nontawit, P., Motantasut, P., Mato, L. in Hunsawong, T. (2017). Correlations between reaching distance among directions of the modified star excursion balance test in amateur athletes after lateral ankle sprain. *JOURNAL OF MEDICAL TECHNOLOGY AND PHYSICAL THERAPY*, 29(2), 151–165.
3. Coughlan, G. F., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C. in Caulfield, B. M. (2012). A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance test and the Y balance test. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 366–371. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.03>
4. Dvir, Z. (2015). Difference, significant difference and clinically meaningful difference: The meaning of change in rehabilitation. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 11(2), 67–73. <https://doi.org/10.12965/jer.150199>
5. Fratti Neves, L. (2017). The Y Balance Test – How and Why to Do it? *International Physical Medicine in Rehabilitation Journal*, 2(4), 10–12. <https://doi.org/10.15406/ipmrj.2017.02.00058>
6. Gray, G. (1995). *Lower Extremity Functional Profile*. MI: Wynn Marketing, Inc.
7. Greenberg, E. T., Barle, M., Glassmann, E. in Jung, M.-K. (2019). Interrater and Test-Retest Reliability of the Y Balance Test in Healthy, Early Adolescent Female Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(2), 204–213. <https://doi.org/10.26603/ijsppt20190204>
8. Hadžić, V., Uršej, E., Kalc, M. in Dervišević, E. (2012). Reproducibility of shoulder short range of motion isokinetic and isometric strength testing. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 10(2), 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2012.10.005>
9. Haff, G., Ruben, P. R., Lider, J., Twine, C. in Cormie, P. (2015). A COMPARISON OF METHODS FOR DETERMINING THE RATE OF FORCE DEVELOPMENT DURING ISOMETRIC MIDTHIGH CLEAN PULLS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 386–395.
10. Hale, S., Hertel, J. in Olmsted-Kramer, L. (2007). The Effect of a 4-Week Comprehensive Rehabilitation Program on Postural Control and Lower Extremity Function in Individuals With Chronic Ankle Instability. *Journal of orthopaedic in sports physical therapy*, 37(6), 303–311. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2322>
11. Hertel, J., Braham, R. A., Hale, S. A. in Olmsted, L. C. (2004). Simplifying The Star Excursion Balance Test. *Medicine in Science in Sports in Exercise*, 36(3), 131–137. <https://doi.org/10.1249/00005768-200405001-00897>
12. Hubbard, T. J., Kramer, L. C., Denegar, C. R. in Hertel, J. (2007). Correlations Among Multiple Measures of Functional Ankle Instability. *Journal of athletic training*, 42(3), 361–366.
13. Koo, T. K. in Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
14. Lexell, J. (2005). How to Assess the Reliability of Measurements in Rehabilitation. *American Journal of Physical Medicine in Rehabilitation*, 84(9), 719–723. <https://doi.org/10.1097/01.phm.0000176452.17771.20>
15. Linek, P., Sikora, D., Wolny, T. in Saulicz, E. (2017). Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. *Musculoskeletal Science and Practice*, 31, 72–75. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2017.03.011>
16. Munro, A. G. in Herrington, L. C. (2010). Between-session reliability of the star excursion balance test. *Physical Therapy in Sport*, 11(4), 128–132. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.002>
17. Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B. in Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4(2), 92–99.
18. Robinson, R. H. in Gribble, P. A. (2008). Support for a Reduction in the Number of Trials Needed for the Star Excursion Balance Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(2), 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.139>
19. Shaffer, S. W., Teyhen, D. S., Lorenson, C. L., Warren, R. L., Koreerat, C. M., Straseske, C. A. in Childs, J. D. (2013). Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Military Medicine*, 178(11), 1264–1270. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-13-00222>
20. Sipe, C. L., Ramey, K. D., Plisky, P. P. in Taylor, J. D. (2019). Y-Balance Test: A Valid and Reliable Assessment in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 21, 1–7. <https://doi.org/10.1123/japa.2018-0330>
21. Smith, L. J., Creps, J. R., Bean, R., Rodda, B. in Alsalaheen, B. (2018). Performance and reliability of the Y-Balance Test™ in high school athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(11). <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.07218-8>

Darjan Spudić, mag. kin.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
Gortanova 22, 1000 Ljubljana
darjan.spudic@fsp.uni-lj.si