

## Sočasna veljavnost sistema točkovanja napak pri ravnotežju z gibanjem središča pritiska

### The concurrent validity between Balance error scoring system and postural sway

Metka Močilar<sup>1</sup>, Darja Rugelj<sup>1</sup>

#### IZVLEČEK

**Uvod:** Namen raziskave je bil pri zdravih mladih odraslih ugotoviti sočasno veljavnost med točkami posameznih nalog in povezanost izida sistema točkovanja napak pri ravnotežju (angl. Balance error scoring system – BESS) z gibanjem središča pritiska. **Metode:** Sedemnajst zdravih mladih preiskovancev ( $21 \pm 0,94$  leta) je opravilo šest 20-sekundnih nalog testa BESS na pritiskovni plošči. Hkrati je preiskovalec točkoval napake za vsako nalogo posebej, seštevek teh tvori skupno število točk. **Rezultati:** Pri položaju stopala skupaj na trdi in mehki podlagi so preiskovanci dosegli 0 točk. Sočasna veljavnost je med številom točk in gibanjem središča pritiska v položaju tandemska stoja in stoja na eni nogi na trdi podlagi zmerna do odlična ( $r = 0,62-0,91$ ). Pri obeh nalogah na mehki podlagi je povezanost statistično neznačilna. Pri vseh položajih na trdi podlagi je imelo gibanje središča pritiska s skupnim številom točk zmerno do zelo visoko ( $r = 0,48-0,83$ ) povezanost. **Zaključek:** Sočasna veljavnost posameznih nalog in povezanost izida BESS na trdi podlagi z gibanjem središča pritiska je zmerna do odlična, pri čemer ima gibanje središča pritiska med stojo na eni nogi na trdi podlagi najvišjo povezanost s številom točk naloge in izidom BESS.

**Ključne besede:** statično ravnotežje, ravnotežni test, pritiskovna plošča, gibanje središča pritiska, mladi odrasli.

#### ABSTRACT

**Introduction:** The aim of this study was to determine the concurrent validity between the number of errors of individual tasks and the correlation of the Balance error scoring system (BESS) cumulative score with the movement of the center of pressure (COP) among healthy young adults. **Methods:** 17 healthy young adults ( $21 \pm 0.94$  years) performed six BESS tasks on the force plate. Simultaneously we counted errors. **Results:** All participants made zero errors in the double-legged stances. The concurrent validity between the number of errors in the tandem stance and the single-leg stance on firm surface with the movement of COP was moderate to very strong ( $r = 0.62 - 0.91$ ). Both conditions on compliant surface had nonsignificant correlations. The movement of COP in all firm surface conditions had moderate to very strong ( $r = 0.48 - 0.83$ ) correlations with the cumulative score of BESS. **Conclusions:** The results indicate that the firm surface conditions have better concurrent validity compared to the compliant surface conditions, and the single-leg stance on firm surface has the strongest correlations with the number of errors and the cumulative score of BESS.

**Key words:** static balance, balance test, force plate, movement of center of gravity, young adults.

---

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

**Korespondenca/Correspondence:** Metka Močilar, dipl. fiziot.; e-pošta: mocilar.metka@gmail.com

Prispelo: 16.2.2021

Sprejeto: 7.4.2021

## UVOD

Ravnotežje je zmožnost ohranjanja telesnega težišča nad podporno ploskvijo. Kompleksni senzorično-motorični sistemi sodelujejo pri uravnavanju ravnotežja prek priliva iz vidnega, somatosenzoričnega in vestibularnega sistema (1). Uravnavanje drže in ravnotežje sta temeljni komponenti pri vzdrževanju pokončnega položaja in ravnotežja pri gibanju med vsakodnevnimi dejavnostmi (2). Vloga posameznega sistema pri orientaciji telesa v prostoru in ravnotežju se spreminja glede na vrsto senzoričnih informacij, ki so na voljo v nekem okolju in pri neki nalogi (3). Mehka podlaga močno poveča mišično aktivnost in navore ter spodbudi spremembo gibalnih vzorcev (4), prav tako pa izziv, ki ga predstavlja, variira med posamezniki, saj je odvisen od telesne mase (5). Motnje ravnotežja imajo lahko resne posledice za posameznikovo funkcioniranje, zato je poglobljena klinična ocena ravnotežja pomembna za določanje ciljev fizioterapije, stopnjevanje in ugotavljanje izidov (6).

Sistem za točkovanje napak pri ravnotežju (angl. Balance error scoring system, BESS) je poceni in objektivni klinični test, ki se pogosto uporablja za oceno statičnega ravnotežja in ga je mogoče izvesti v katerem koli okolju (7). Po mednarodni klasifikaciji funkcioniranja, zmanjšane zmožnosti in zdravja je uvrščen v kategorijo telesne funkcije (vestibularne funkcije) ter dejavnosti in sodelovanje (vzdrževanje telesnega položaja) (8). Razvili so ga za oceno posledic blage poškodbe glave na statično ravnotežje, kot pomoč pri sprejemanju odločitev o vračanju v športne dejavnosti. BESS sestavlja šest nalog, ki se izvajajo z zaprtimi očmi in rokami na bokih. Največje število točk pri posamezni nalogi je 10, skupno 60, nižji rezultat pomeni boljše ravnotežje (9). Normativne vrednosti pri starostni skupini med 20 in 29 leti so 11,3 (4,8) točke (9). Število točk se poveča pri poškodbah glave (10, 11), funkcijski nestabilnosti gležnja (12), zunanji opornici za gleženj (13), utrujenosti (10, 14) in starosti (9, 15, 16). Minimalna klinično pomembna razlika pri mladih športnikih brez pretresa možganov in poškodbe spodnjega uda v zadnjih šestih mesecih je od 6 do 10 točk (17).

Prva raziskava zanesljivosti med preiskovalci pri testu BESS je bila visoka do odlična (razpon ICC:

0,78–0,93) pri zdravih mladih profesionalnih športnikih, medtem ko pri prvi nalogi ni bilo izvedenih napak (5). Zanesljivost med preiskovalci pri vseh šestih nalogah je bila nizka pri zdravih mladostnikih (starih  $15,9 \pm 1,5$  leta) in zmerna pri zdravih mladih odraslih (18–20), zanesljivost preiskovalca pa zmerna do dobra pri zdravih mladih odraslih (17, 20, 21). Pri mladostnikih (starih med 5 in 14 leti) so izmerili odlično zanesljivost preiskovalca (ICC 0,96) in med preiskovalci (ICC 0,93), s klinično pomembno razliko 7,3 (22). Pri zdravih mladih odraslih so poročali, da imata nalogi s stojo na eni nogi in tandemska stoja na mehki podlagi najslabšo zanesljivost (ICC: 0,08–0,64), stoja s stopali skupaj na mehki podlagi pa zmerno do visoko (ICC: 0,31–0,77), medtem ko je nemogoče izračunati zanesljivost pri stoji s stopali skupaj na trdi podlagi, ker ni zabeleženih napak (5, 19–21). Veljavnost BESS, izračunana med številom točk posamezne naloge in gibanjem središča pritiska pri zdravih mladih odraslih, je bila nizka do zmerna ( $r = 0,10–0,52$ ) (21), kriterijska veljavnost, preučevana z gibanjem središča pritiska na pritiskovni plošči, pa nizka do zmerna ( $r_s = 0,16–0,77$ ) (19). Veljavnosti pri zdravih mladih odraslih pri stoji s stopali skupaj na trdi podlagi ni bilo mogoče izračunati, saj preiskovalci niso zabeležili napak (21). Učinek tal pri stoji s stopali skupaj na trdi podlagi in učinek stropa pri stoji na eni nogi na mehki podlagi vplivata na zanesljivost in veljavnost skupnega izida BESS (19). Za izboljšanje občutljivosti za motnje ravnotežja po pretresu možganov v akutni fazi in veljavnosti BESS so hkrati uporabili različne inštrumente za merjenje gibanja telesnega težišča. Uporabili so prenosno pritiskovno ploščo (18), inercialne senzorje, s katerimi so merili hitrost gibanja telesnega težišča (23), iPad (24) in nizkocenovno Nintendo Wii ravnotežno desko, s katero so poleg veljavnosti izboljšali tudi zanesljivost (21). Tako so izboljšali občutljivost pri položajih s stopali skupaj, pri katerih je pogost učinek tal (24). Pred klinično uporabo je priporočljivo določiti zanesljivost in veljavnost testa, saj učinka tal in stropa vplivata na psihometrične lastnosti (19).

Analiza statičnega ravnotežja s stabilometrijo je v uporabi na vseh področjih fizioterapije za vrednotenje izidov obravnave in kot diagnostični postopek (2). Tako pridobljene spremenljivke

gibanja središča štejejo kot zlati standard vrednotenja statičnega ravnotežja (25). Analiza gibanja središča pritiska na pritiskovni plošči, imenovana tudi stabilometrija, odraža odgovor osrednjega živčevja med uravnavanjem premikov telesnega težišča (26, 27). Gibanje središča pritiska ima dobro zanesljivost ponovnega ocenjevanja pri zaprtih očeh pri zdravih preiskovalcih (celotna pot ICC = 0,78; mediolateralna pot = 0,76; anteroposteriorna pot = 0,71) (2). Zanesljivost stabilometrične ocene statičnega ravnotežja na pritiskovni plošči je dobra pri 20- in 30-sekundnih poskusih (28). Namen raziskave je bil pri zdravih mladih odraslih ugotoviti sočasno veljavnost med točkami posameznih nalog in povezanost izida BESS z gibanjem središča pritiska.

## METODE

### Preiskovanci

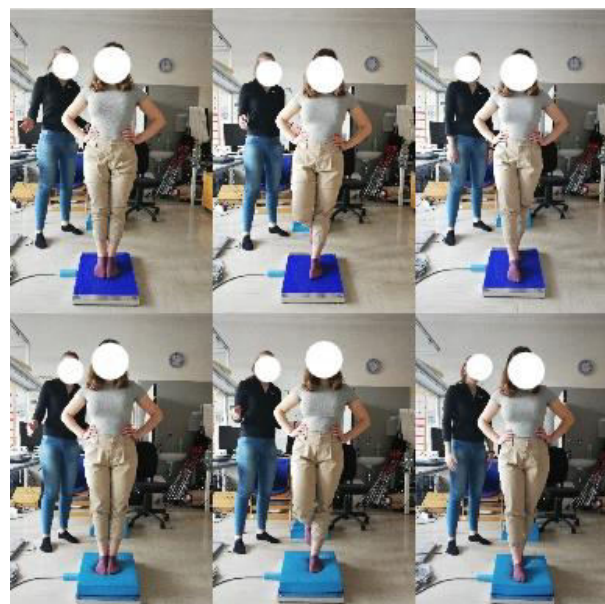
V raziskavi je sodelovalo 17 preiskovancev (4 moški in 13 žensk), starih 21,0 (0,94) let, s telesno maso 63,2 (9,24) kg in višino 171,9 (7,48) cm. Preiskovancev nismo ločili po spolu, saj naj ne bi vplival na izid (15, 29, 30). Izključitvena merila so bila pretres možganov ali poškodba spodnjega uda v zadnjih šestih mesecih. Vsi preiskovanci so pred testiranjem prebrali informacije za preiskovance in podpisali prostovoljni pristop k sodelovanju. Raziskavo je odobrila Komisija za medicinsko etiko Republike Slovenije (št. 0120-668/2017/7).

### Postopek meritev in ocenjevanja

Testiranje je potekalo v Biomehanskem laboratoriju Zdravstvene fakultete. Uporabili smo pritiskovno ploščo Kistler 9286 AA (Winterhur, Švica), Airex BeBalanced ravnotežno blazino (50 x 41 x 6 cm; Airex, Švica) in kronometer (Hanhart stopstar 2, Švica). Preiskovanci so bosí 20 sekund stali v vseh šestih položajih. Hkrati je preiskovalec štel napake po protokolu BESS. Gibanje središča pritiska na pritiskovni plošči je bilo vzorčeno s frekvenco 200 Hz. Testiranje se je začelo, ko se je preiskovanec postavil v pravilni položaj, postavil roke na boke in zaprl oči. S programom Kistler Bioware smo zajemali podatke o gibanju središča pritiska in dobili stabilogram po vsaki meritvi, naknadno pa smo podatke obdelali še v programu StabDat V3.1, ki je prikazal rezultate v obliki hitrosti (cm/s), mediolateralne (ML) in anteroposteriorne poti (AP) (cm) gibanja središča pritiska (31)

BESS je sestavljen iz šestih nalog, ki se razlikujejo glede na velikost in trdnost podporne ploskve in jih preiskovanec zadržuje 20 sekund z zaprtimi očmi in rokami v bokih; stoja s stopali skupaj na trdi podlagi, stoja na eni nogi na trdi podlagi, tandemska stoja na trdi podlagi, stoja s stopali skupaj na mehki podlagi, stoja na eni nogi na mehki podlagi in tandemska stoja na mehki podlagi. Za klinično točkovanje se štejejo napake pri vsakem položaju. Mednje uvrščamo premik rok s črevničnih grebenov, odprtje oči, korak, opotekanje, padec iz testnega položaja, dvig sprednjega dela stopala ali pete, abdukcija ali fleksija kolčnega sklepa za več kot 30° ali nezmožnost vrnitve v prvotni položaj v manj kot petih sekundah. Vsaka napaka je vredna eno točko, prav tako se več hkrati izvedenih napak točkuje z eno točko (npr. sočasno odprtje oči in premik rok s črevničnih grebenov). Največje število točk pri posamezni nalogi je 10. Preiskovanec doseže najvišje število točk pri posameznem položaju tudi, če ni zmožen zadržati testnega položaja vsaj pet sekund. Končni rezultat predstavlja seštevek vseh točk pri posameznih nalogah in je v razponu od 0 do 60 točk. (7).

Za določitev dominantne noge smo preiskovance vprašali o izbiri noge pri brcanju žoge. Da bi se izognili različnim izhodiščem s seznanjenostjo in izkušnjami na mehki podlagi, so preiskovanci



Slika 1: Položaji pri sistemu točkovanja napak pri ravnotežju

imeli pred testiranjem čas, da se postavijo v vse položaje na njej. Natančna izvedba testa BESS je opisana v prilogi 1.

### Statistična analiza

Za ugotavljanje sočasne veljavnosti števila točk posameznih nalog in povezanosti izida BESS s spremenljivkami gibanja središča pritiska smo uporabili Spearmanov koeficient korelacije ( $r_s$ ), ki omogoča ugotavljanje povezanosti z diskretno spremenljivko (število točk). Za izračun povprečij, standardnih odklonov in koeficientov korelacije je bil uporabljen IBM SPSS Statistics 26 (IBM, New York, ZDA). Iz obdelave podatkov smo izključili neveljavne meritve gibanja središča pritiska in meritve pri preiskovancih, ki niso zadržali testnega položaja vsaj pet sekund. Neveljavne meritve

gibanja središča pritiska so posledica korakov in padcev s pritiskovne plošče, kar zmanjša število točk za obdelavo in s tem natančnost meritev (32).

### REZULTATI

Kot je razvidno iz preglednice 1, smo iz obdelave podatkov izločili največ rezultatov pri nalogi stoja na eni nogi (1 na trdi in 6 na mehki). Preiskovanci so dosegli najnižje število točk (0) pri stojah s stopali skupaj, za najzahtevnejšo nalogo pa se je izkazala stoja na eni nogi na mehki podlagi.

Rezultati izračuna Spearmanovega korelacijskega koeficienta med številom točk in gibanjem središča pritiska so prikazani v preglednici 2. Sočasne veljavnosti za prvi in četrti položaj (stopala skupaj

*Preglednica 1: Točke, dosežene pri posamezni nalogi BESS, in vrednosti spremenljivk gibanja središča pritiska med izvedbo BESS na pritiskovni plošči*

	Povprečno število točk (SO)	Pot ML (SO) (cm)	Pot AP (SO) (cm)	Hitrost (SO) (cm/s)	Neveljavne meritve
SSTP	0,00 (0,00)	35,20 (9,86)	28,59 (8,56)	2,51 (0,67)	0
ENTP	2,35 (2,67)	109,92 (26,61)	137,42 (73,55)	10,14 (3,90)	1
TSTP	0,53(0,87)	86,62 (33,92)	113,41 (72,83)	7,95 (4,26)	0
SSMP	0,00 (0,00)	89,62 (30,56)	80,57 (23,86)	6,68 (2,07)	0
ENMP	6,24 (3,61)	188,18 (40,42)	217,49 (55,55)	16,14 (3,20)	6
TSMP	4,24 (3,11)	142,68 (45,21)	238,12 (87,62)	15,35 (4,95)	2

*ENMP – stoja na eni nogi na mehki podlagi; ENTP – stoja na eni nogi na trdi podlagi; AP – anterornoposteriorno; ML – mediolateralno; SO – standardni odklon; SSMP – stoja s stopali skupaj na mehki podlagi; SSTP – stoja s stopali skupaj na trdi podlagi; TSMP – tandemska stoja na mehki podlagi; TSTP – tandemska stoja na trdi podlagi.*

*Preglednica 2: Sočasna veljavnost med številom doseženih točk pri posameznih nalogah BESS in gibanjem središča pritiska*

	$r_s$ (pot ML)	$r_s$ (pot AP)	$r_s$ (hitrost)
ENTP	0,73**	0,62*	0,91**
TSTP	0,69*	0,74**	0,74**
ENMP	0,29	0,20	0,24
TSMP	0,17	0,59*	0,45*

*ENMP – stoja na eni nogi na mehki podlagi; ENTP – stoja na eni nogi na trdi podlagi;  $r_s$  – Spearmanov koeficient korelacije; TSMP – tandemska stoja na mehki podlagi; TSTP – tandemska stoja na trdi podlagi; \*Spremenljivke izkazujejo statistično značilno povezanost ( $p < 0,05$ ). \*\*p-vrednost  $< 0,001$ .*

na trdi in mehki podlagi) ni bilo mogoče izračunati, saj so vsi preiskovanci dosegli 0 točk. Najvišja, odlična sočasna veljavnost ( $r_s = 0,91$ ;  $p < 0,001$ ) je bila pri stoji na eni nogi na trdi podlagi med hitrostjo in številom točk. Najnižje, statistično neznailne, pa so bile pri stoji na eni nogi na mehki podlagi med številom točk in hitrostjo ( $r_s = 0,24$ ) ter potema ML in AP ( $r_s = 0,29$  in  $0,20$ ).

Preiskovanci so povprečno dosegli 13,35 (7,07) točke (razpon: 3–25). Izračunane povezanosti med izidom BESS in gibanjem središča pritiska pri posameznih nalogah so prikazane v preglednici 3. Najvišja povezanost je bila pri stoji s stopali skupaj na trdi podlagi ( $r = 0,73$ – $0,83$ ), najnižja pa pri stoji *Preglednica 3: Povezanost rezultatov gibanja središča pritiska pri posameznem položaju z izidom BESS*

	$r_s$ (pot ML)	$r_s$ (pot AP)	$r_s$ (hitrost)
SSTP	0,73**	0,83**	0,79**
ENTP	0,55*	0,62*	0,69*
TSTP	0,55*	0,48*	0,54*
SSMP	0,20	0,30	0,28
ENMP	0,84**	0,33	0,67*
TSMP	0,27	0,25	0,18

AP – anterornoposteriorno; ENMP – stoja na eni nogi na mehki podlagi; ENTP – stoja na eni nogi na trdi podlagi; ML – pot mediolateralno;  $r_s$  – Spearmanov koeficient korelacij; SSMP – stoja s stopali skupaj na mehki podlagi; SSTP – stoja s stopali skupaj na trdi podlagi; TSMP – tandemska stoja na mehki podlagi; TSTP – tandemska stoja na trdi podlagi; \*Spremenljivke izkazujejo statistično značilno povezanost ( $p < 0,05$ ), \*\*  $p$ -vrednost  $< 0,001$ .

s stopali skupaj in tandemski stoji na mehki podlagi.

## RAZPRAVA

Namen raziskave je bil pri zdravih mladih odraslih ugotoviti sočasno veljavnost med točkami posameznih nalog in povezanost izida BESS z gibanjem središča pritiska. Razen prve naloge imajo položaji na trdi podlagi zmerno do visoko sočasno veljavnost, izračunano z gibanjem središča pritiska, položaji na mehki podlagi, na kateri je gibanje središča pritiska večje (4), pa imajo nizko in večinoma statistično neznačilno. To lahko pojasnimo z razliko v občutljivosti meritev pritiskovne plošče (cm in cm/s) in preiskovalca (število točk), pri čemer so lahko premiki središča pritiska večji, a se ne točkujejo.

Vsi položaji pri testu BESS se izvajajo z zaprtimi očmi, kar izključi senzorični priliv iz vidnega sistema in tako za uravnavanje drže ostaneta somatosenzorični in vestibularni priliv. Zaradi odsotnosti vidnega priliva se gibanje središča pritiska poveča (4). Na stabilnost pri stoju vpliva tudi kakovost podporne ploskve. Naloga stoja s stopali skupaj na trdi podlagi ima največjo podporno ploskev in je zato najstabilnejša. Preiskovanci niso v tem položaju naredili nobene napake, vsi so dosegli 0 točk, zato ni bilo mogoče izračunati sočasne veljavnosti med številom točk in gibanjem središča pritiska. O enakih rezultatih so poročali tudi v predhodnih raziskavah pri mladostnikih (18) in mladih odraslih (5, 19, 21).

Zaradi stabilnega položaja, pri katerem ni napak in vsi preiskovanci dosežejo 0 točk, ima ta naloga učinek tal (19). Pri nalogi stoja na eni nogi na trdi podlagi je imela hitrost gibanja središča pritiska najvišjo sočasno veljavnost s številom točk ( $r_s = 0,91$ ), podobno kot v predhodnih raziskavah ( $r_s = 0,42$ – $0,77$ ) (5, 18, 19, 21). Pri tandemski stoji na trdi podlagi je bila sočasna veljavnost zmerna ( $r_s = 0,74$  in  $r_s = 0,70$ ), v drugih raziskavah pa je variirala od nizke do zmerne ( $r_s = 0,25$ – $0,70$ ) (5, 18, 19, 21).

Položaji na mehki podlagi za uravnavanje ravnotežja zahtevajo povečano težo prilivu iz vestibularnega in vidnega sistema (3). Torej se osebe pri vzdrževanju pokončne stoje na mehki podlagi bolj zanašajo na vestibularni sistem, saj je vidni še vedno odsoten, somatosenzorični pa okrnjen, ker mehka podlaga vpliva na natančnost somatosenzoričnih informacij iz kožnih mehanoreceptorjev (4). To je tudi lahko eden izmed razlogov za večje gibanje središča pritiska in statistično neznačilno nizko povezanost pri položajih na mehki podlagi. Na nizke in statistično neznačilne povezanosti lahko vpliva še več dejavnikov, kot je na primer majhno število preiskovancev ( $n = 17$ ). Stoja na mehki podlagi ima veliko variabilnost, kar se kaže z velikimi standardnimi odkloni pri rezultatih spremenljivk središča pritiska in povezanosti z drugimi testi. Podobno kot pri stoju s stopali skupaj na trdi podlagi tudi pri stoju s stopali skupaj na mehki podlagi ni bilo mogoče izračunati korelacij med številom točk in gibanjem središča pritiska zaradi enotnega izida 0 točk. Izsledki preteklih raziskav (5, 18, 19, 21) poročajo o najboljši zanesljivosti in nizki povezanosti z gibanjem središča pritiska ( $r_s = 0,16$ – $0,40$ ) pri tem položaju. Najnižjo in statistično neznačilno povezanost smo ugotovili pri stoju na eni nogi na mehki podlagi ( $r_s = 0,24$  za hitrost,  $r_s = 0,29$  za pot ML in  $r_s = 0,20$  za pot AP;  $p > 0,05$ ), podobno kot pri drugih študijah ( $r_s = 0,08$ – $0,34$ ) (18, 19, 21), Riemann in sodelavci (1999) pa so izračunali visoko povezanost ( $r_s = 0,79$ ). Tu so preiskovanci naredili največ napak, pri katerih je bilo veliko korakov in padcev s pritiskovne plošče, kar zmanjša število točk za obdelavo in s tem natančnost meritev (32). Stopanja s plošče in premiki telesa, ki se ne štejejo kot napaka pri točkovanju, vendar prispevajo k večjemu gibanju središča pritiska, lahko razložijo nizko povezanost.

Tandemska stoja na mehki podlagi je s hitrostjo in potjo AP-gibanja središča pritiska prikazala zmerno sočasno veljavnost ( $r_s = 0,45$  in  $r_s = 0,60$ ;  $p < 0,05$ ) ter s potjo ML statistično neznačilno nizko ( $r_s = 0,17$ ) s številom točk naloge, podobno kot v dosedanjih študijah ( $r_s = 0,23-0,64$ ) (5, 18, 19, 21). Z večanjem težavnosti položajev, kot je zmanjšanje priliva somatosenzoričnih informacij iz stopal na mehki podlagi, se poveča uporaba strategij proksimalnih sklepov, predvsem kolka (3, 33), kar pojasnjuje večje gibanje središča pritiska pri zahtevnejših položajih.

Primerjali smo tudi izid BESS z gibanjem središča pritiska pri posameznih nalogah in ugotovili, da je povezanost z gibanjem središča pritiska pri stoju s stopali skupaj na trdi podlagi visoka do zelo visoka ( $r_s = 0,73$  za pot ML,  $r_s = 0,83$  za pot AP in  $r_s = 0,79$  za hitrost), na podlagi česar sklepamo, da lahko večje gibanje središča pritiska pri prvi nalogi kaže večje skupno število točk pri BESS. Čeprav so vsi preiskovanci dosegli 0 točk pri prvi nalogi, je skupno število točk variiralo med 3 in 25, ki so označene od nadpovprečno (6 točk) do zelo slabo (več kot 24 točk) ravnotežje v preiskovani starostni skupini (9). Ta ugotovitev kaže učinek tal pri stoju s stopali skupaj na trdi in mehki podlagi pri testu BESS. Preostali dve nalogi sta na trdi podlagi imeli zmerno povezanost med izidom in gibanjem središča pritiska. Vse naloge na mehki podlagi so nakazale nizko in statistično neznačilno povezanost med izidom in gibanjem središča pritiska (od  $r_s = 0,1808$  do  $r_s = 0,33$ ). Izjemi sta bili spremenljivki pot ML in hitrost gibanja središča pritiska pri stoju na eni nogi na mehki podlagi, ki sta edini nakazali statistično značilno zelo visoko povezanost z izidom ( $r_s = 0,84$  in  $r_s = 0,67$ ;  $p < 0,05$ ). To je prva raziskava, ki je ocenila povezanost gibanja središča pritiska s skupnim številom točk.

Leta 2008 so na tretji Mednarodni konferenci o pretresih možganov pri športu sprejeli modificirano obliko BESS-a, ki ne ocenjuje položajev na mehki podlagi (15). Modificiran BESS ima dokazano boljšo občutljivost kot originalen BESS (71,4 % in 60 %) v akutni fazi po pretresu možganov, za občutljivost faze okrevanja pa so potrebne dodatne raziskave (34). Tudi naši rezultati podpirajo uporabo modificiranega testa

BESS zaradi višje povezanosti z gibanjem središča pritiska kot na mehki podlagi.

Glede na izsledke naše in predhodnih raziskav lahko sklepamo, da ima gibanje središča pritiska pri stoju na eni nogi na trdi podlagi najboljšo povezanost s številom točk pri tej nalogi in z izidom BESS. S pomočjo pritiskovne plošče smo ugotovili, da je sočasna veljavnost nalog na trdi podlagi testa BESS zmerna do odlična, veljavnosti na mehki podlagi pa ni bilo mogoče potrditi.

Omejitve raziskave so predvsem razmeroma majhen vzorec preiskovancev ( $n = 17$ ) in deljena mnenja dosedanjih raziskav glede vpliva spola na rezultat, ki naj pri naši ciljni starostni populaciji ne bi imel vpliva (15, 28, 29), a so za to potrebne dodatne raziskave. Prav tako smo testirali mlade, zdrave in aktivne odrasle, smiselno pa bi bilo uporabiti test pri osebah z blago poškodbo glave, za katere je bil BESS prvotno ustvarjen (7).

## ZAKLJUČEK

Pri stoju s stopali skupaj na trdi in mehki podlagi ni bilo mogoče izračunati sočasne veljavnosti, saj so vsi preiskovanci nalogi izvedli brez napak in dosegli nič točk. Rezultati nakazujejo, da imajo preostale naloge testa BESS zmerno do odlično sočasno veljavnost, izračunano z gibanjem središča pritiska, razen stoja na eni nogi in tandemska stoja na mehki podlagi, ki kažeta statistično neznačilno povezanost. Položaji na trdi podlagi so imeli z izidom BESS zmerno do odlično povezanost, na mehki podlagi pa je bila nizka in neznačilna, razen zelo visoke povezanosti hitrosti in poti ML gibanja središča pritiska pri stoju na eni nogi na mehki podlagi. Najvišja povezanost med izidom in gibanjem središča pritiska je bila pri stoju s stopali skupaj na trdi podlagi, s čimer lahko sklepamo, da je večje gibanje središča pritiska povezano z večjim številom točk, ki kaže slabše ravnotežje, prav tako pa imata posledično obe nalogi s stojo s stopali skupaj učinek tal. Glede na rezultate raziskave lahko sklepamo, da je sočasna veljavnost BESS zmerna do odlična pri nalogah na trdi podlagi.

## ZAHVALA

Delo je bilo pripravljeno s sofinanciranjem Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (Program P3-0388).

**LITERATURA**

1. Watson MA, Black FO (2016). The human balance system – a complex coordination of central and peripheral systems. *VEDA*: 1–5.
2. Baldini A, Nota A, Assi V, Ballanti F, Cozza P (2013). Intersession reliability of a posturo-stabilometric test, using a force platform. *J Electromyogr Kinesiol* 23(6): 1474–9.
3. Winters JM, Crago PE (2000). *Biomechanics and Neural Control of Posture and Movement*. New York: Springer.
4. Fransson PA, Gomez S, Patel M, Johansson L (2007). Changes in multi-segmented body movements and EMG activity while standing on firm and foam support surfaces. *Eur J Appl Physiol* (2007) 101: 81–9.
5. Riemann BL, Guskiewicz KM, Shields EW (1999). Relationship between clinical and forceplate measures of postural stability. *J Sport Rehabil* 8: 71–82.
6. Visser JE, Carpenter MC, van der Kooij H, Bloem BR (2008). The clinical utility of posturography. *Clin Neurophysiol* 119: 2424–36.
7. Bell DR, Guskiewicz KM, Clark MA, Padua DA (2011). Systematic review of the Balance Error Scoring System. *Sports Health* 3(3): 287–95.
8. Tolar Rešić A (2016). Najmanjša klinično pomembna razlika testov in lestvic za oceno izida rehabilitacije. *Rehabilitacija (Ljubjana) letn. 15(2)*: 43–62.
9. Iverson GI, Koehle MS (2013). Normative data for the Balance Error Scoring System in Adults. *Rehabil Res Pract*: 846418.
10. Cameron PW, Soltero NC, Byers J (2018). Effects of a 60 Minute on Ice Game Simulation on the Balance Error Scoring System. *Int J Exerc Sci* 11(6): 462–7.
11. Miyashita TL, Diakogeorgiou E, Marrie K (2017). Correlation of Head Impacts to Change in Balance Error Scoring System Scores in Division I Men's Lacrosse Players. *Sports Health* 9(4): 318–23.
12. Vikram M, Sundaraganesh K, Justine M, Kurup M, Leonard JH (2012). Evaluation of postural control impairment using balance error scoring system among athletes with ankle injury: An effective tool in daily clinical practice. *Clin Ter* 163(5): 293–7.
13. Lee SM, Lee JH (2016). The immediate effects of ankle balance taping with kinesiology tape on ankle active range of motion and performance in the Balance Error Scoring System. *Phys Ther Sport* 25: 99–105.
14. Susco TM, Valovich McLeod TC, Gansneder BM, Shultz SJ (2004). Balance recovers within 20 minutes after exertion as measured by the Balance error scoring system. *J Athl Train* 39(3): 241–6.
15. Ozinga SJ, Linder SM, Miller Koop M, Dey T, Figler R, Russman AN, So R, Rosenthal AH, Cruickshank J, Alberts JL (2018). Normative Performance on the Balance Error Scoring System by Youth, High School, and Collegiate Athletes. *J Athl Train* 53(7): 636–45.
16. Wilkins JC, Valovich McLeod T, Perrin DH, Gansneder BM (2004). Performance on the Balance Error Scoring System decreases after fatigue. *J Athl Train* 39(2): 156–61.
17. Amin DJ, Coleman J, Herrington LC (2014). The Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change of the Balance Error Scoring System. *J Sports Sci* 2: 200–7.
18. Alsalaheen BA, Haines J, Yorke A, Stockdale K, Broglio SP (2015). Reliability and concurrent validity of instrumented balance error scoring system using a portable force plate system. *Phys Sportsmed* 43(3): 211–6.
19. Kleffelgård I, Langhammer B, Sandhaug M, Lundgaard Soberg H (2015). Reliability and validity of the balance error scoring system – BESS. *J Physio* 101(1): e764–5.
20. Finnoff JT, Peterson VJ, Hollman JH, Smith J (2009). Intrarater and interrater reliability of the balance error scoring system (BESS). *PM R* 1(1): 50–4.
21. Chang JO, Levy SS, Seay SW, Goble DJ (2014). An alternative to the balance error scoring system: Using a low-cost balance board to improve the validity/reliability of sports-related concussion balance testing. *Clin J Sport Med* 24(3): 256–62.
22. Hansen C, Cushman D, Chen W, Bounsanga J, Hung M (2017). Reliability testing of the balance error scoring system in children between the ages of 5 and 14. *Clin J Sport Med* 27(1): 64–8.
23. King LA, Mancini M, Fino PC, Chesnutt J, Swanson CW, Markwardt S, Chapman JC (2017). Sensor-based balance measures outperform modified balance error scoring system in identifying acute concussion. *Ann Biomed Eng* 45(9): 2135–45.
24. Alberts JL, Thota A, Hirsch J, Ozinga S, Dey T, Schindler DD, Koop MM, Burke D, Linder SM (2015). Quantification of the balance error scoring system with mobile technology. *Med Sci Sports Exerc* 47(10): 2233–40.
25. Chen B, Liu P, Xiao F et al. (2021). Review of the Upright Balance Assessment Based on the Force Plate. *Int J Environ Res Public Health* 18(5): Article Number: 2696
26. Winter D (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 3: 193–214
27. Ache Dias J, Borges L, Mattos D, Wentz MD, Domenech S, Kauffmann P, Gomes Borges Junior

- N (2011). Validity of a new stabilometric force platform for postural balance evaluation. *Braz J Kinathrop Hum Perform* 14: 367–72.
28. Le Clair K, Riach C (1996). Postural stability measures: what to measure and for how long. *Clin Biomech* 11(3): 176–8.
29. Houston MN, Peck KY, Malvasi SR, Roach SP, Svoboda SJ, Cameron KL (2019). Reference values for the Balance Error Scoring System as measured by the Tekscan MobileMat in a physically active population. *Brain Inj* 33(3): 299–304.
30. Khanna NK, Baumgartner K, LaBella C (2015). Balance Error Scoring System performance in children and adolescents with no history of concussion. *Sports Health* 7(4): 341–5.
31. Sevšek F, Rugelj D (2020). Stabilometrija: obdelava meritev: StabDat - V 3.1. Ljubljana: Zdravstvena fakulteta. <http://manus.zf.uni-lj.si/stabdat/> <20. 6. 2020>.
32. Goldie PA, Evans OM, Bach TM (1992). Steadiness in one-legged stance: Development of a reliable force-platform testing procedure. *Arch Phys Med Rehabil* 73(4): 348–54.
33. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM (2003). Comparison of the ankle, knee, hip and trunk corrective action shown during single-leg stance on firm, foam and multiaxial surfaces. *Arch Phys Med Rehabil* 84(1): 90–5.
34. Hunt TN, Ferrara MS, Bornstein R, Baumgartner TA (2009). The reliability of the modified Balance Error Scoring System. *Clin J Sport Med* 19(6): 471–5.



## PRILOGA 1

Navodila za izvedbo ocenjevanja: Sistem točkovanja napak pri ravnotežju (*angl. Balance error scoring system – BESS*) povzeto po Guskiewicz KM. Dostopno na: <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/balance-error-scoring-system> <22. 3. 2021>.

### 1. PRIPOMOČKI

Mehka podlaga Airex Balance Pad (25,4 x 25,4 x 6,34 cm) in kronometer.

### 2. PROTOKOL OCENJEVANJA

Navodila preiskovancu: Zdaj bom ocenil vaše ravnotežje. Prosim, sezujte si čevlje, zavijajte hlače nad gleženj in odstranite morebitne trakove na gležnju. Test sestavlja šest 20-sekundnih nalog s tremi različnimi položaji na dveh različnih podlagah. Položaje bom opisoval sproti.

#### Stoja s stopali skupaj

Navodila preiskovancu: Prvi položaj je stoja s stopali skupaj. (Demonstracija stoje s stopali skupaj). Stali boste z zaprtimi očmi in rokami na bokih. Poskusili boste ohraniti stabilnost v tem položaju celih 20 sekund. Štel bom, kolikokrat se boste premaknili iz tega položaja. Na primer: če premaknete roke z bokov, odprete oči, naredite korak in dvignete prste ali pete s podlage. Če se premaknete iz testnega položaja, samo odprite oči, ponovno pridobite ravnotežje, se postavite nazaj v testni položaj, kolikor hitro lahko, in ponovno zaprite oči. Zraven vas bo oseba, ki vam bo pomagala priti nazaj v testni položaj in vam bo pomagala, če boste izgubili ravnotežje.

Navodila pomočniku: Preiskovancu boste pomagali, če bo padel med testiranjem in pri ponovnem zavzemanju testnega položaja.

Navodila preiskovancu: Stopala dajte skupaj, roke dajte na bok in ko boste zaprli oči, bomo začeli meriti čas.

#### Stoja na eni nogi

Navodila preiskovancu: S katero nogo bi brcnili žogo? (To bo dominantna noga). Zdaj stopite na nedominantno nogo. (Pred začetkom merjenja časa ocenite položaj dominantne noge: dominantna noga v zraku, kolčni sklep v fleksiji približno 30° in kolenski sklep v fleksiji približno 45°). Ponovno

boste poskusili ohraniti stabilnost v tem položaju 20 sekund z zaprtimi očmi. Štel bom, kolikokrat se boste premaknili. Roke dajte na bok. Ko boste zaprli oči, bomo začeli meriti čas.

Navodila pomočniku: Preiskovancu boste pomagali v primeru padca med testiranjem in pri ponovnem zavzemanju testnega položaja.

#### Tandemska stoja

Navodila preiskovancu: Zdaj stopite s prsti in peto skupaj, nedominantna noga je zadaj. Teža naj bo enakomerno razporejena med obema nogama. Ponovno boste poskusili ohraniti stabilnost v tem položaju 20 sekund z zaprtimi očmi. Štel bom, kolikokrat se boste premaknili. Roke dajte na bok. Ko boste zaprli oči, bomo začeli meriti čas.

Navodila pomočniku: Preiskovancu boste pomagali, če bo padel med testiranjem, in pri ponovnem zavzemanju testnega položaja.

**\*\*\* Ponovi navodila pri položajih na mehki podlagi**

### 3. VREDNOTENJE NAPAK

<b>BESS – Vrste napak (vsaka vredna 1 točko)</b>
1. Premik rok s črevničnih grebenov
2. Odprte oči
3. Korak, opotekanje ali padec
4. Abdukcija/fleksija kolčnega sklepa nad 30°
5. Dvig prstov ali pet s testne podlage
6. Ostati zunaj pravilnega testnega položaja več kot pet sekund
<b>BESS je ocenjen z dodajanjem točke za vsako napako med šestimi 20-sekundnimi nalogami.</b>

<b>TABELA VREDNOSTI</b>	TRDA podlaga	MEHKA podlaga
Stoja s stopali skupaj		
Stoja na eni nogi		
Tandemska stoja		
Skupno število točk		
<b>BESS KONČNA OCENA:</b>		

Katera **noga** (nedominantna noga) je bila testirana:

Leva  Desna

**\*\* Opomba:** Če preiskovanec naredi več napak sočasno, zapišemo samo **eno napako** (npr. pri sočasni izvedbi koraka, odprtja oči in premika rok s črevničnih grebenov zapišemo eno napako). Preiskovancem, ki niso zmožni zadržati testnega položaja več kot **pet sekund**, se dodeli največje število točk za testni položaj (10).