

Utjecaj ozljede gležnja na dinamičku stabilnost

Original scientific paper



¹ Barbara Kirinec

^{1,2} Nikolino Žura

² Ivan Jurak

² Dalibor Kiseljak

¹ Klinički bolnički centar Zagreb

² Zdravstveno veleučilište Zagreb

terionom dometu tijekom testiranja Y-balance testom. Ispitanici bez ozljede u gležnju imali su bolje rezultate u varijabli anteriorni doseg. U varijablama posteromedijalno i posterolateralno nije bilo statistički značajne razlike između ozlijeđenih i neozlijeđenih. Mogući razlog tome jest što se u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru ne zahtijeva veći opseg dorzalne fleksije koliko se zahtijeva ravnoteža, jer ispitanik ne vidi stražnje smjerove kao što vidi anteriorni smjer dosega. Uočeno je da ispitanici imaju bolje rezultate nakon svakog idućeg ponavljanja.

Sažetak

Ozljedom gležnja dolazi do višestrukih poremećaja u ljudskome tijelu, pa tako nastaju promjene u proprioceptiji, balansu, mišićnoj aktivnosti i hodu. Cilj ovog rada bio je utvrditi koliki je utjecaj ozljede gležnja na dinamičku stabilnost primjenom Y-balance testa kao pouzdanog i valjanog pokazatelja dinamičke stabilnosti. Istraživanje je provedeno u Kliničkom zavodu za rehabilitaciju i ortopedsku pomagala Kliničkog bolničkog centra Zagreb. U istraživanju je sudjelovalo ukupno 30 ispitanika s ozljedom i bez ozljede u gležnju raspoređenih u dvije skupine prema dijagnozi i vrsti ozljede. Potaknuto metodologijama i rezultatima prethodnih istraživanja te njihovim preporukama za daljnja istraživanja, ispitana je razlika u rezultatima Y-balance testa između osoba s ozljedom u gležnju i osoba bez ozljede. Svakom je ispitaniku s pomoću kamere snimana udaljenost postignuta u anteriornom smjeru dosega Y-balance testa. S pomoću računalnog programa Kinovea analiziran je kut dorzalne fleksije u zglobu gležnja pri maksimalnom an-

Ključne riječi: Y-balance test, dinamička ravnoteža, Kinovea

Datum primitka: 11.6.2021.

Datum prihvatanja: 1.11.2021.

<https://doi.org/10.24141/1/8/1/2>

Adresa za dopisivanje:

Barbara Kirinec, Klinički bolnički centar Zagreb, Zagreb

E-mail: bkirinec@gmail.com

Uvod

Zglobovi stopala imaju složenu mehaniku gibanja. Gležanj i stopalo kao zajednička cjelina čovjeku omogućuju prilagodbu stalno promjenjivom terenu, podlozi po kojoj hoda i ključna su komponenta ravnoteže. Gležanj je najpodložniji ozljedama u odnosu na druge zglobove ljudskog tijela zbog sila koje podnosi i mase koju podržava. Stopalo ima dvije važne funkcije, statičku (jer nosi težinu cijelog tijela) i dinamičku da se prilagodi podlozi i ublaži udarac te omogućujući stajanje i pokretanje po podlozi.^{1,2} Glavnu ulogu za svjesni osjet položaja tijela i kretanje tijela u prostoru imaju proprioceptori i kinestetski receptori. Propriocepcija je važna za funkcionalnu i dinamičku stabilnost zgloba. Definira se kao „sposobnost tijela da prenese informaciju o položaju nekog dijela tijela, analizira tu informaciju te svjesno ili nesvjesno odgovori na stimulaciju odgovarajućim pokretom”. Uloga je propriocepcije registrirati informacije iz vestibularnog organa i proprioceptora. Dobivene informacije obrađuju se u središnjem živčanom sustavu i nakon toga generiraju u prikladan odgovor koji se vraća na periferiju, kako bi se uspostavilo pravilno kretanje, ubrzanje i pozicioniranje tijela u prostoru. Primljene informacije šalju se u svjesne i podsvjesne dijelove središnjeg živčanog sustava. Pri promjeni površine po kojoj osoba hoda (doskok na neravnu površinu, uzbrdica, nizbrdica), pri prvom kontaktu s podlogom podražiti će se proprioceptor. Informacija o položaju (npr. gležnja) poslat će se preko senzoričkog neurona sve do mozga, gdje će se obraditi informacija o položaju gležnja. Ako dođe do promjene površine po kojoj osoba hoda, mozak šalje motoričku naredbu preko motoričkog neurona do gležnja kako bi se izvršila kontrakcija mišića i time spriječio prekomjeran pokret, uganuće i oštećenje gležnja te izbjegao gubitak ravnoteže. Tako proprioceptori pomažu u koordinaciji pokreta i štite zglob jer je omogućena konstantna svjesnost o položaju svakog dijela tijela. Što je osoba starija, osjetljivost proprioceptora opada i time se povećava rizik od pada u osoba starije životne dobi.³⁻⁷

Najčešća je ozljeda gležnja distorzija. Mehanizam nastanka ove ozljede jest nagli nekontrolirani pokret inverzije stopala u gležnju. Vjerojatnost inverzijske ozljede gležnja povećava se položajem plantarne fleksije stopala. Ako je pri naglom inverzijskom okretanju stopalo položeno u većem stupnju plantarne fleksije, tada je veći stupanj i vjerojatnost ozljede. Pri inverzijskoj ozljedi do-

lazi do istegnuća lateralnoga ligamentarnog kompleksa uz mogućnost naglog, krivog pozicioniranja kostiju tarsusa. Osobe koje su imale ponavljane ozljede gležnja imaju smanjen proprioceptivni osjet. Proprioceptivne informacije iz lateralnog dijela gležnja primarno potiču mehanoreceptori u lateralnim ligamentima. Kada dođe do traume ili istegnuća lateralnih ligamenata, nakon poduljega provedenog liječenja, napetost lateralnih ligamenata smanji se za određeni kut inverzije. Nakon tog stanja, mehanoreceptori će pogrešno protumačiti stupanj inverzijskog kuta. Zato postoji vjerojatnost da će ozlijeđena osoba imati subjektivni osjećaj nesigurnosti u pokretu inverzije i everzije stopala, odnosno nestabilnost u zglobu gležnja. Smanjenje proprioceptivnog osjeta u zglobu gležnja dovodi do odgađanja mišićne aktivacije unutar gležnja, što uzrokuje neuspjeh pravilnog i pravovremenog zauzimanja položaja i pokreta u zglobu gležnja. Proprioceptivni trening pokazao se uspješnim u regeneriranju proprioceptora unutar oštećenog mišićno-ligamentarnog aparata, stoga se ovim treningom može uspješno prevenirati ponovna ozljeda gležnja. Terapijske vježbe ravnoteže pokazale su se učinkovitima u prevenciji ponovne ozljede gležnja.^{2, 8-15}

Mohammadi i suradnici u svojem su radu naveli kako osobe s poviješću kronične nestabilnosti gležnja imaju smanjenu dinamičku ravnotežu prema rezultatima Y-balance testa. Plisky i suradnici dokazali su pouzdanost i valjanost Y-balance testa za procjenu dinamičke ravnoteže. Y-balance test jest modificirani test SEBT (engl. *Star Excursion Balance Test*). Procjenom dosega u tri smjera (anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom) mjeri dinamičku ravnotežu ispitanika. Dinamička ravnoteža jest sposobnost pojedinca da održava stabilnost središta mase tijekom kretanja, stoga se ovaj test smatra učinkovitim i klinički primjenjivim za procjenu neuromuskularne kontrole, pokretljivosti i stabilnosti donjih udova. S pomoću Y-balance testa može se utvrditi i kategorizirati stupanj rizika od ozljede. Ujedno se preko rezultata može otkriti je li potrebna daljnja rehabilitacija i provedba fizioterapije ili osoba može nastaviti sa svojim svakodnevnim ili sportskim aktivnostima.^{14, 16-21}

Pregledom istraživačkih radova Smith i suradnici zaključili su da bi kinematičkom analizom trebalo ispitati doseg između osoba sa smanjenim kompozitnim rezultatom i normalnim vrijednostima Y-balance testa, dok je Butler naveo kako bi Y-balance testom trebalo procijeniti osobe s prethodnom ozljedom gležnja koje imaju ograničen pokret dorzalne fleksije u gležnju.^{22, 23}

Prema prethodnim preporukama, cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj ozljede gležnja na dinamičku stabilnost

te kinematičkom analizom ispitati razlikuje li se znatno postignuta udaljenost u anteriornom smjeru doseg Y-balance testa i pridruženi kutni pomak u zglobu gležnja mjeren u sagitalnoj ravnini između ispitanika s ozljedom i ispitanika bez ozljede u gležnju. Pretpostavka istraživanja bila je da postoji statistički značajna razlika u rezultatima Y-balance testa između dvije grupe ispitanika u korist ispitanika bez ozljede u gležnju. Također je pretpostavljeno da će kut dorzalne fleksije gležnja pri maksimalnom anteriornom dometu biti znatno veći kod ispitanika bez ozljede u gležnju.

Metode

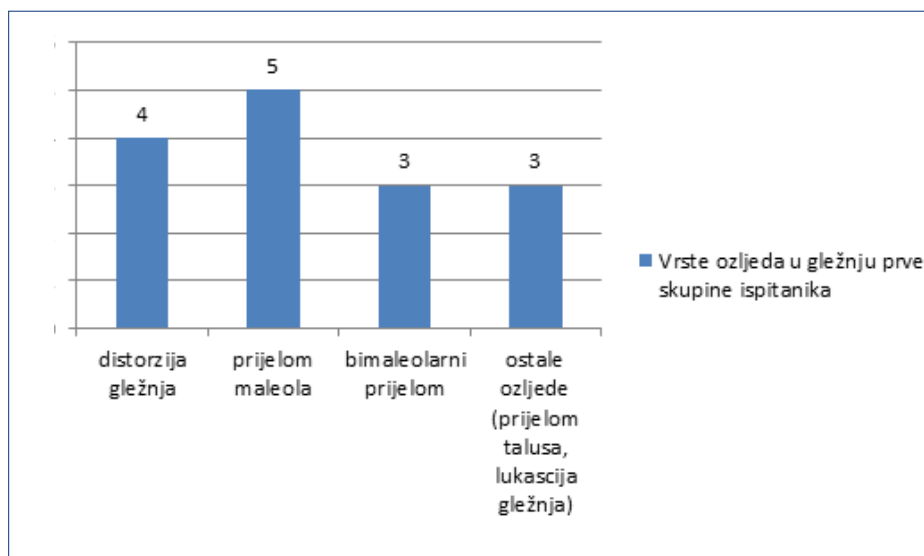
Sudionici

Istraživanje je provedeno na uzorku od 30 ispitanika podijeljenih u dvije skupine: prva skupina od 15 ispitanika s ozljedom u gležnju i druga skupina od 15 ispitanika bez ozljede u gležnju. U istraživanje su bili uključeni ispitanici oba spola, mlađe i zrele dobne skupine između 20 i 60 godina, koji su bili u tijeku terapije na odjelu fizikalne terapije u Kliničkom zavodu za rehabilitaciju i ortopedski pomagala. Ukupno je sudjelovalo 12 muškaraca i 18 žena. Prosječna dob svih ispitanika bila je 36 godina. Prosjek dobi prve skupine s ozljedom u gležnju

bio je 42 godine, a druge skupine bez ozljede u gležnju iznosio je 31 godinu. Indeks tjelesne mase ispitanika iz eksperimentalne skupine bio je u rasponu od 19,41 do 35,56 ($M = 26,12$), dok je raspon za kontrolnu skupinu ispitanika bio od 19,95 do 35,65 ($M = 24,70$). Kriteriji isključenja kod obje skupine ispitanika bili su profesionalno bavljenje sportom, vestibularni i vizualni problemi u posljednjih šest mjeseci. Prvu skupinu od 15 ispitanika činili su pacijenti s distorzijom gležnja, maleolarnim prijelomom, bimalleolarnim prijelomom, prijelomom talusa i petne kosti, koji su testirani nakon provedene fizikalne terapije u Kliničkom zavodu za rehabilitaciju i ortopedski pomagala. Slika 1 prikazuje koliko je osoba sudjelovalo u prvoj skupini s obzirom na vrstu ozljede u gležnju. U ovu skupinu ispitanika nisu uključeni pacijenti s drugim mišićno-koštanim bolestima na području drugih zglobova donjih ekstremiteta i kralježnice, a koji bi mogli dodatno utjecati na rezultate Y-balance testa. Drugu skupinu od 15 ispitanika činili su pacijenti s ozljedom gornjih ekstremiteta i zdravi ispitanici bez povijesti ozljede donjih ekstremiteta u posljednjih šest mjeseci i bez poremećaja ravnoteže.

Instrument

U istraživanju je primijenjen Y-balance test po uzoru na test SEBT. Procjenom doseg u tri smjera: anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom, mjeri dinamičku ravnotežu ispitanika. Primjenom ovog testa od ispitanika se zahtijeva snaga, fleksibilnost, neuromuskularna kontrola, ravnoteža, stabilnost, proprioceptivna sposobnost i opseg pokreta.¹⁶ Ako se ispitanik za



Slika 1. Vrste ozljeda u gležnju prve skupine ispitanika

vrijeme testiranja ne vrati u početni položaj, prebaci težinu na nogu kojom vrši doseg, postavi nogu na pod izvan linije, podigne petu ili pomakne fiksnu nogu, rezultat dosega bilježi se kao neuspješan i postupak se izvodi ponovno. Svaki ispitanik ima tri pokušaja da dosegne što veću udaljenost u sva tri smjera. Dosegnuta duljina mjeri se u centimetrima od početnoga središnjeg polja do točke dosega. U izračun se uzima najbolji maksimalan doseg u anteriornom, posterolateralnom i posteromedijalnom smjeru. Uspoređuje se razlika između maksimalnog dosega lijeve i desne noge u sva tri smjera. Ako postoji asimetrija između rezultata lijeve i desne noge koja je veća od 4 cm, znači da je dinamička stabilnost narušena te postoji neuromotorički deficit. Pri izračunu se centimetarskom trakom izmjeri duljina noge od *spinae iliacae anterior superior* do medijalnog maleola. Kako bi se rezultat izrazio u postotku, prosječna vrijednost maksimalnog dosega podijeli se s duljinom noge i pomnoži sa 100. Dobiveni rezultat u postotku naziva se kompozitni rezultat. Kompozitni rezultat manji od 94 % označava postojanje neuromotoričkog deficita, što upućuje na veću vjerojatnost ozljede u gležnju.¹⁷ Na izvedbu ovog testa utječe snaga mišića i pokretljivost u zglobu gležnja, stoga su za fizioterapijsku procjenu mišićne snage i pokretljivosti primijenjeni manualni mišićni test (MMT) i goniometrija opsega pokreta dorzalne i plantarne fleksije u zglobu gležnja.

Postupak

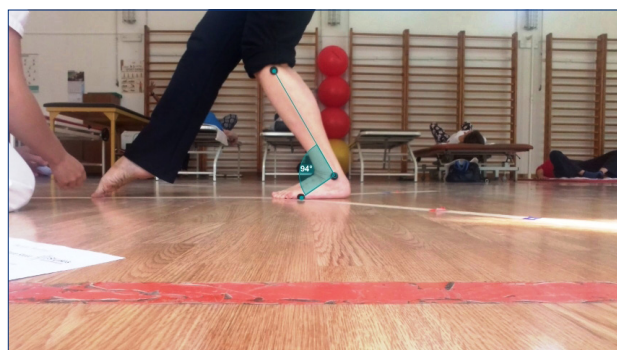
Mjerenja su provedena jednako kod obje skupine ispitanika tijekom ljeta i jeseni 2019. Sudionicima je naglašeno da je njihovo sudjelovanje dobrovoljno. Metode mjerenja i procjene provedene su nakon fizikalne terapije. U istraživanju su prikupljeni sljedeći podaci: dob, visina, masa, zdravstveno stanje i indeks tjelesne mase. Izmjerena je pokretljivost dorzalne i plantarne fleksije stopala u gležnju i MMT za procjenu snage m. tibialis anteriora i m. tricepsa surae. Procjena dinamičke stabilnosti provedena je Y-balance testom. Prije testiranja bilo je potrebno osigurati slobodan prostor, obrazac za bilježenje rezultata i krep-traku koja je bila zalijepljena na ravnu, suhu podlogu u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru. Pri mjerenju ispitanik je postavio obje ruke na kukove i vršio doseg mobilnom nogom što je dalje mogao i pritom pazio da ne odigne petu fiksne noge. Doseg se vršio u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru. Udaljenost postignuta u anteriornom smjeru dosega Y-balance testa i pridruženi kutni pomak u zglobu gležnja mjereno u sagitalnoj ravnini analizirani

su s pomoću računalnog programa Kinovea. Ispitanici su prije samog izvođenja pogledali videozapis koji prikazuje pravilnu izvedbu Y-balance testa te su pročitali upute o izvođenju. Zadatak je prije ispitivanja bio i demonstriran. Za nesmetano izvođenje zadataka ispitanici su trebali laganu sportsku odjeću. Postupak se izvodio bosih nogu kako bi se eliminirala stabilnost dobivena obućom. Ispitivanje se provodilo na ravnoj i suhoj površini kako ne bi došlo do pogrešnih rezultata.

Svaka je izvedba snimana fiksiranom kamerom. Ravnina u kojoj se odvijao mjereni pokret je bila okomita s obzirom na projekciju kamere. Test se provodio u velikoj osvijetljenoj dvorani da bi se dobio što kvalitetniji videozapis. Radi jednostavnije analize, ispitanici su imali postavljene pasivne oznake na referentnim točkama (proksimalni dio glavice fibule, lateralni maleol i glavica pete metatarzalne kosti). Sniman je pokret dorzalne fleksije u zglobu gležnja stajne noge za vrijeme anteriornog dosega. Ispitanicima s ozljedom u gležnju snimana je izvedba za vrijeme stajanja na ozlijeđenoj nozi. Za analizu su uzeti najbolji snimljeni rezultati u anteriornom dosegu te su obrađeni računalnim programom Kinovea. Slika 2 prikazuje rezultat



Slika 2. Kut zgloba gležnja u početnom položaju prije dosega



Slika 3. Kut zgloba gležnja pri maksimalnom anteriornom dosegu

Tablica 1. Rezultati mjerenja prve i druge skupine ispitanikae skupine

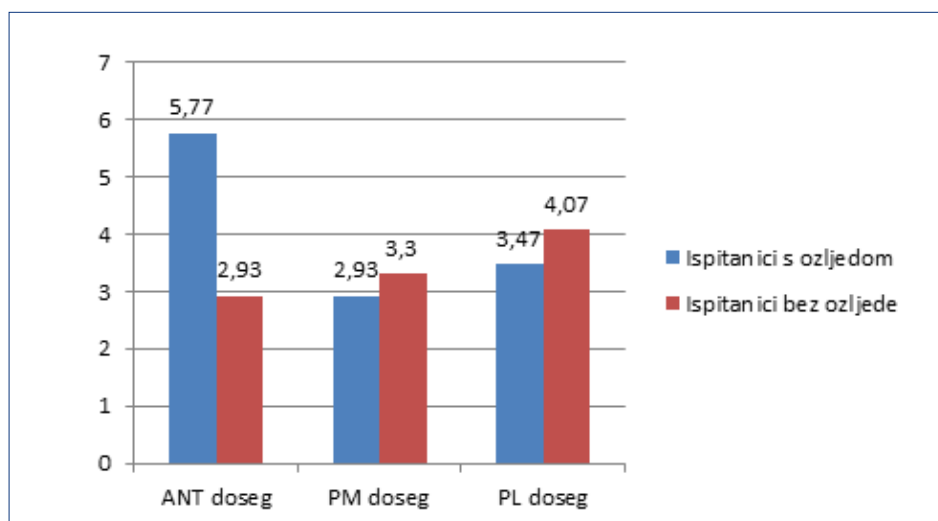
Varijabla	Ozlijeđeni M (SD)	Neozlijeđeni M (SD)	p
Dorzalna fleksija gležnja	18,87° (6,8)	23,87° (3,83)	p < 0,05*
Plantarna fleksija gležnja	29,8° (7,8)	37,6° (4,6)	p < 0,05*
MMT dorzalna fleksija	4,4 (0,5)	5 (0)	p < 0,05*
MMT plantarna fleksija	4,4 (0,5)	5 (0)	p < 0,05*
Y-balance test	77% (0,1)	90% (0,07)	p < 0,05*
Anteriorni doseg	5,77 cm (3,76)	2,93 cm (2,72)	p < 0,05*
PM doseg	2,93 cm (1,99)	3,3 cm (2,65)	p > 0,05
PL doseg	3,47 cm (3,95)	4,07 cm (2,51)	p > 0,05
Kinovea	17,27° (9,7)	28,27° (8,83)	p < 0,05*

analize u programu Kinovea, odnosno kut zgloba gležnja u početnom položaju prije anteriornog dosega, a slika 3 prikazuje kut zgloba gležnja pri maksimalnom anteriornom dosegu. Razlikom između krajnjeg i neutralnog položaja izračunan je kutni pomak u zglobu gležnja.

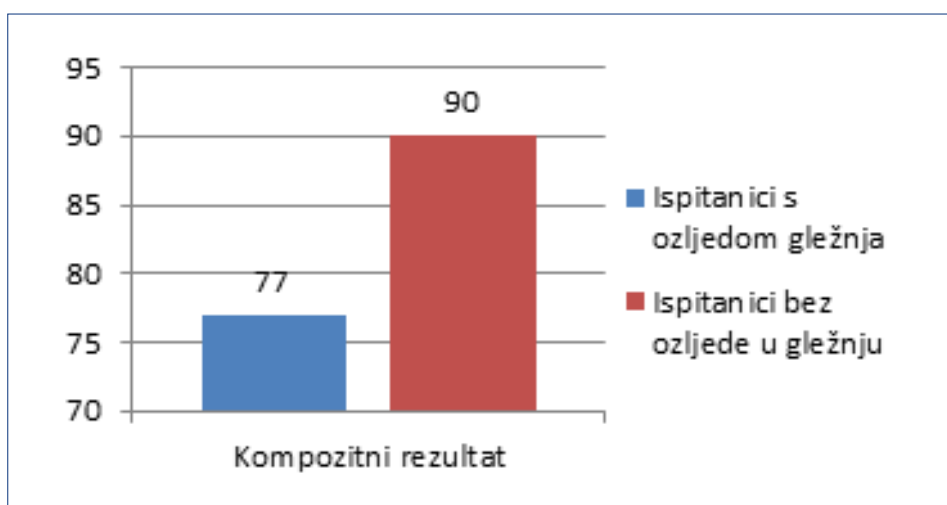
Podaci su prikazani deskriptivnom statistikom i grafički. Budući da je ispitivanje normalnosti distribucije pokazalo da se za sve testirane varijable smije pretpostaviti normalna distribucija podataka, primijenjene su metode parametrijske statistike. Za utvrđivanje razlike između skupina primijenjen je Studentov t-test uz vjerojatnost statističke značajnosti ispod 5 % ($p < 0,05$). Za analizu je upotrijebljen računalni program Excel 2019.

Rezultati

Ispitanici s ozljedom u gležnju postigli su znatno veću razliku anteriornog dosega između lijeve i desne noge od ispitanika bez ozljede. Ispitanici s ozljedom u gležnju postigli su manji postotak kompozitnog rezultata Y-balance testa u odnosu na ispitanike bez ozljede. Kut dorzalne fleksije gležnja pri maksimalnom anteriornom dosegu je bio znatno veći kod ispitanika bez ozljede u gležnju. Opseg pokreta dorzalne i plantarne fleksije stopala u zglobu gležnja bio je statistički značajno veći kod ispitanika bez ozljede u gležnju, kao i mjerena snaga mišića m. tibialis anterior i m. triceps surae. Svi navedeni rezultati prikazani su u tablici.



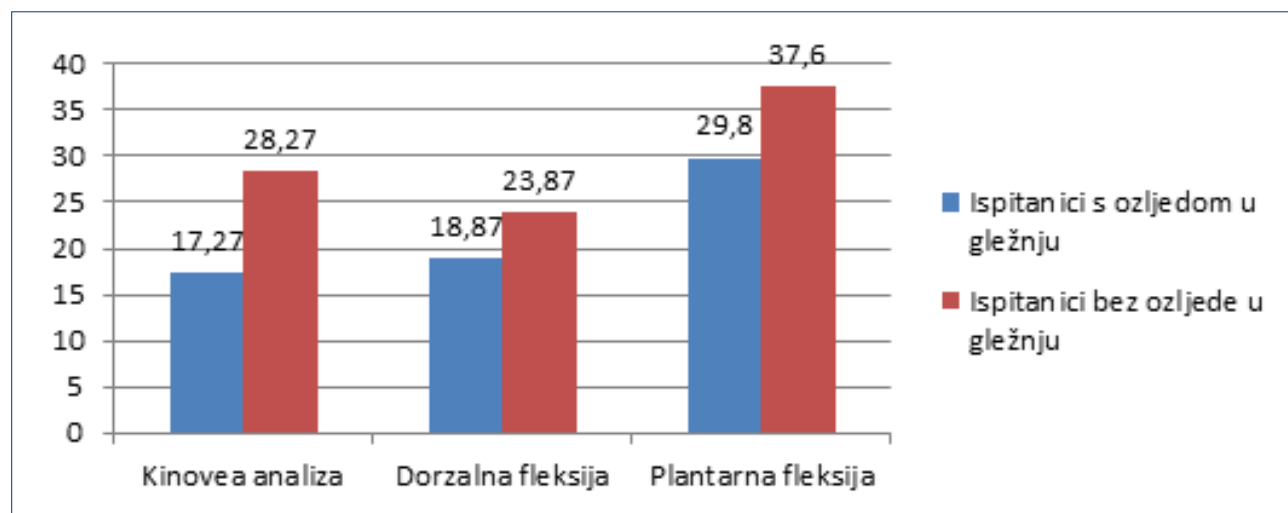
Slika 4. Usporedba skupine ispitanika u rezultatima anteriornog, posteromedijalnog i posterolateralnog dosega izražena u centimetrima



Slika 5. **Usporedba kompozitnog rezultata među skupinom ispitanika izražena u postocima**

Dobiveni su neočekivani rezultati u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dosega Y-balance testa. Ne postoji statistički značajna razlika između ispitanika s ozljedom i ispitanika bez ozljede u gležnju u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dosega Y-balance testa. Ispitanici s ozljedom u gležnju u odnosu na ispitanike bez ozljede ne postižu značajnu razliku između lijeve i desne noge u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dosega tijekom testiranja Y-balance testom. Usporedbu skupine ispitanika u rezultatima anteriornog, posteromedijalnog i posterolateralnog dosega izraženu u centimetrima možemo vidjeti na slici 4. Raspon kompozitnog rezultata ispitanika s ozljedom jest od 56 % do 92,6 %. Iako nema statistički značajne

razlike u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dosega, kompozitni rezultat Y-balance testa i razlika u anteriornom smjeru dosega ukazuju da kod ozlijeđenih ispitanika postoji neuromotorički deficit i potreba za daljnjom terapijom. Prema rezultatima se može zaključiti kako ozljeda gležnja statistički značajno utječe na dinamičku stabilnost. Kod kompozitnog rezultata ispitanika bez ozljede u gležnju uočena je aritmetička sredina od 90 %. Usporedbu kompozitnog rezultata među skupinom ispitanika izraženu u postocima može se vidjeti na slici 5. Prema izračunu Y-balance testa, kompozitni rezultat manji od 94 % označava postojanje neuromotoričkog deficita i povećani rizik od ozljede.



Slika 6. **Usporedba Kinovea analize, opsega pokreta između dviju skupina ispitanika izražena u stupnjevima**

Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku između dvije skupine ispitanika. Udaljenost postignuta u anteriornom smjeru dosega Y-balance testa i pridružen kutni pomak u zglobo gležnja mjeren u sagitalnoj ravnini statistički se značajno razlikuje između dvije skupine ispitanika. Y-balance test zahtijevao je od ispitanika veću pokretljivost u zglobo gležnja. Za anteriorni doseg potreban je veći opseg pokreta dorzalne fleksije u zatvorenom kinematičkom lancu. Ispitanici bez ozljede imaju veći opseg pokreta, a time i bolje rezultate Y-balance testa prema analizi programom Kinovea. Rezultati se mogu vidjeti na slici 6.

Diskusija

Mjerenje dinamičke ravnoteže važno je za procjenu ozljede i rizika od pada u različitim populacijama. Istraživači su primjenjivali različite metode za procjenu ravnoteže. Funkcionalni testovi dinamičke ravnoteže često su zadaci koji procjenjuju sposobnost održavanja ravnoteže tijekom hodanja, trčanja ili obavljanja zadataka uz maksimalnu moguću brzinu.¹⁵

U Kliničkom zavodu za rehabilitaciju i ortopedsku pomagala provedeno je istraživanje na ispitanicima s ozljedom i bez ozljede u gležnju primjenom Y-balance testa po uzoru na SEBT. Osobe s prethodnom ozljedom gležnja imaju manji opseg pokreta dorzalne fleksije u gležnju u zatvorenom kinematičkom lancu, što posebno utječe na anteriorni doseg i ukupni rezultat testa. Provedena je kinematička analiza programom Kinovea, a obradom podataka uočeno je da ispitanici bez ozljede imaju veći opseg pokreta, a time i bolje rezultate Y-balance testa. Ispitanici s ozljedom u gležnju nemaju statistički značajnu razliku u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru od ispitanika bez ozljede. Mogući je razlog to što se u tim smjerovima ne zahtijeva veći opseg dorzalne fleksije koliko se zahtijeva ravnoteža, jer ispitanik ne vidi stražnje smjerove kao što vidi anteriorni smjer dosega. Ispitanici su izvodili test bosih nogu kako bi se izbjegla stabilnost dobivena obucom. Iz tog razloga vjerojatno je kod ispitanika postojao osjećaj nesigurnosti pri izvedbi testa. Kada dođe do traume ili istegnuća ligamenata, nakon poduljeg liječenja, napetost lateralnih ligamenata smanji se za određeni kut inverzije. Mehanoreceptori pogrešno mogu protumačiti

stupanj inverzijskog kuta, stoga ozlijeđeni ispitanik može dodatno imati nesigurnost u pokretu inverzije i everzije stopala, odnosno nestabilnost u zglobo gležnja. Uočeno je da ispitanici imaju bolje rezultate nakon svakog idućeg ponavljanja. Moguće je da ponavljanjem testa nauče strategiju pokreta, a time se smanji nesigurnost i strah. Za izvedbu Y-balance testa ujedno je važna fleksibilnost mišića koja omogućuje i bolju pokretljivost. Moguće je da se fleksibilnost mišića poveća svaki put nakon maksimalnog dosega nogom. Osim pokretljivosti u zglobo gležnja, na rezultate Y-balance testa utječe snaga mišića potkoljenice. Prema rezultatima MMT-a, ispitanici s ozljedom koji su istog dana prolazili Y-balance test imali su slabiju snagu mišića od neozlijeđenih ispitanika.

Klinička primjena SEBT-a dovela je do razvoja Y-balance testa. Plisky i suradnici u svojem su istraživanju iskoristili SEBT u samo tri smjera (anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru) u pregledu srednjoškolskih košarkaša, što je i dovelo do razvoja Y-balance testa.²⁴ Navedene su prednosti Y-balance testa u tome što je potrebno manje vremena za dovršetak i ima visoku pouzdanost. Važno je napomenuti da postoje razlike između SEBT-a i Y-balance testa za procjenu. Rezultati istraživanja koje je proveo Coughlan potvrdili su tu razliku. Ispitanici u anteriornom dosegu SEBT-a imali su veću udaljenost nego kod Y-balance testa.²⁵ Do sličnog zaključka došao je Fullam u svojem istraživanju.²⁶ Kako bi se dokazalo koji je test prikladniji, Mohammadi je istražio koji je od tih testova klinički prikladniji. Za razliku od drugih istraživanja, Mohammadi je u svojem istraživanju proveo 6-tjedni trening za balans i snagu kako bi ispitao razliku između SEBT-a i Y-balance testa. Istraživanje je pokazalo da se ravnoteža može poboljšati nakon šest do sedam tjedana treninga.¹⁵ Isto bi se tako moglo ispitati koliki je utjecaj proprioceptivnog treninga na ispitanicima s ozljedom u gležnju.

Za razliku od Coughlana, koji je pronašao razliku samo u anteriornom dosegu, Mohammadi je pronašao znatne razlike za posterolateralni i posteromedijalni smjer dosega. Oba su testa pokazala promjene nakon 6-tjednog treninga, no promjene u SEBT-u bile su veće nego kod Y-balance testa. Razlog tome može biti razlika u izvođenju pokreta koji se izvodi tijekom SEBT-a, a omogućuje sudioniku veću fleksibilnost u kuku i koljenu, a također i više pokreta u zdjelici i kuku nego kod Y-balance testa. Kod Y-balance testa malo je teže, vjerojatno zbog činjenice da sudionik stoji na neznatno povišenoj središnjoj ploči jednom nogom, dok drugom mora gurati klizni indikator što dalje može a da pritom ne izgubi ravnotežu.

Tijekom Y-balance testa ispitanici dobivaju konstantne proprioceptivne povratne informacije radeći doseg u plantarnoj fleksiji stopala konstantno dotičući površinu odnosno indikator koji guraju. U SEBT-u sudionik tek pri kraju maksimalnog dometa dotiče nogom pod, stoga ne dobiva sličnu razinu aferentnih informacija tijekom kretanja. Pokretljivost u zglobu kuka i koljena odmah je potrebna pri izvođenju anteriornog smjera kod Y-balance testa, jer pojedinac mora gurati indikator što dalje može.¹⁵

Unatoč tome što ispitanici nemaju dalji doseg u Y-balance testu, čini se da test zahtijeva veću razinu pokreta u zglobu kuka i koljena od SEBT-a. Ispitaniku je potrebna veća pokretljivost u kuku do samog kraja maksimalnog dosega, kako bi održao kontakt s pomičnim indikatorom. Y-balance test po uzoru na SEBT od ispitanika zahtijeva veću pokretljivost u zglobu gležnja. Fullam i suradnici kinematičkom su analizom utvrdili da sudionici tijekom izvođenja SEBT-a u točki maksimalnoga anteriornog dometa imaju manji kut fleksije u zglobu kuka u usporedbi s Y-balance testom. Zaključio je da se testovi ne bi smjeli upotrebljavati naizmjenično te da bi se trebalo odlučiti za jedan test tijekom procjene. Također je predložio da bi se u istraživanju trebao procijeniti samo jedan spol jer su uočene razlike u kinematičkoj analizi, gdje je uočena veća pokretljivost u zglobu kuka kod žena nego kod muškaraca.²⁶ Plisky je u svojem istraživanju na 15 nogometaša dokazao visoku pouzdanost i valjanost Y-balance testa koji prema korelacijskom koeficijentu iznosi 0,85 do 0,91. Ograničenje je ovog istraživanja to što su ispitanici imali obuču na nogama tijekom testiranja.²⁰ U provedenom istraživanju u Kliničkom zavodu za rehabilitaciju i ortopedsku pomagala ispitanici su bili bosih nogu radi izbjegavanja dodatne stabilizacije koja bi se inače dobila obućom na nogama. Prema istraživanju koje je provedeno na košarkašima, Plisky je utvrdio kako kompozitni rezultat manji od 94 % upućuje na veći rizik od ozljede, kao i asimetrija između duljine dosega lijeve i desne noge jednaka ili veća od 4 cm.²⁴ Lai je proveo istraživanje koje je u suprotnosti s ovim koje su proveli Plisky i Coughlan. ROC analiza pronašla je asimetrije od 2 cm, 9 cm i 3 cm za anteriorni, posteromedijalni i posterolateralni doseg. Međutim, svi ovi potencijalni precizni rezultati, zajedno s preciznim rezultatom od 4 cm koji se koriste većinom prethodnih studija su bili povezani sa slabom osjetljivošću i pouzdanošću. Većina tih istraživanja nije uzela u obzir poznate čimbenike povezane s povećanim rizikom ozljeda, kao što su AE, vrsta sporta, indeks tjelesne mase (ITM) ili prethodna operacija na donjim ekstremitetima.

Postoji mogućnost da su istraživanja koja nisu uzimala u obzir navedene čimbenike dala pogrešne rezultate. To bi moglo značiti da Y-balance test nije pouzdan i osjetljiv test koji bi procijenio mogući rizik od ozljede.²⁷

Gonell je u svojem istraživanju naveo kako Y-balance test treba smatrati korisnim za procjenu dinamičke ravnoteže jer otkriva koliki je rizik od ozljede te da je koristan u rehabilitaciji nakon ozljede, jer se može utvrditi kada sportaš može nastaviti sa sportskim aktivnostima. Gonell je naveo da je potrebno više istraživanja u cilju utvrđivanja učinkovitosti Y-balance testa za predviđanje ozljeda.²⁸ Butler je u istraživanju na 59 nogometaša također dokazao uspješnost testa. Primijenio je SEBT prema protokolu Y-balance. Upotrebljavajući tri smjera pokreta dokazao je pouzdanost i valjanost ovog testa za predviđanje ozljede.²⁹ Gorman je došao do zaključka da se sportaši koji treniraju samo jedan sport ne razlikuju u dinamičkoj ravnoteži od onih sportaša koji treniraju više sportova. Naveo je kako nije bilo izvješća koja su ispitivala dinamičku ravnotežu i proprioceptijske razlike između sportaša koji sudjeluju u jednom sportu, u usporedbi sa sportašima koji sudjeluju u više sportova. Vjerojatno bi sportaši koji treniraju više sportova imali bolju propriocepciju i prilagodljive strategije ravnoteže jer imaju različite strategije pokreta zbog različitih sportskih aktivnosti.¹⁶

Butler i suradnici ispitali su dinamičku ravnotežu kod razina nogometnih igrača (srednjoškolskih, studentskih i profesionalnih). U istraživanju je očekivano da će nogometaši više razine (studentske i profesionalne) pokazati veću dinamičku ravnotežu od onih na nižoj razini (srednjoškolska). Iako su više razine igrača bile bolje u stražnjim smjerovima, u prednjem dosegu nisu bili bolji od niže srednjoškolske skupine nogometaša. Navedeno je da bi ovo istraživanje trebalo procijeniti i na ispitanicima ženskog spola kako bi se utvrdilo postoje li slični odnosi kod žena.²⁹

Istraživanje koje je provedeno u Kliničkom zavodu ima određene nedostatke zbog malog broja ispitanika. Ovo je istraživanje provedeno jednako kod oba spola. Fullam i suradnici su uočili veću pokretljivost u zglobu kuka kod žena nego kod muškaraca tijekom procjene Y-balance testom, stoga bi bilo dobro u sljedećim istraživanjima uzeti u obzir spol ispitanika. Prosjek kompozitnog rezultata ispitanika bez ozljede u gležnju bio je 90 %, dok u posteromedijalnom i posterolateralnom dosegu nije bilo znatne razlike između ozlijeđenih i neozlijeđenih ispitanika. Postoji vjerojatnost da precizni rezultati od 4 cm i 94 % koji su upotrijebljeni kod prethodnih studija na sportskoj populaciji ne mogu biti jed-

naki za ispitanike koji se ne bave sportom. Potrebno je ispitati ove precizne rezultate za svaki pojedini doseg, uzimajući u obzir više ispitanika, kao što su proveli Lai i suradnici, ali na ispitanicima koji se ne bave sportom.

Zaključak

Prema prethodnim preporukama drugih autora, provedeno je istraživanje sa sudionicima s prethodnom ozljedom u gležnju koji su imali ograničen pokret dorzalne fleksije u gležnju. Istraživanje je dokazalo znatan utjecaj ozljede gležnja na dinamičku stabilnost. Ispitanici s ozljedom u gležnju postigli su manji postotak kompozitnog rezultata Y-balance testa u odnosu na ispitanike bez ozljede. Ujedno su ispitanici s ozljedom u gležnju postigli veću razliku anteriornog dosega između lijeve i desne noge od ispitanika bez ozljede. Dobiveni su neočekivani rezultati u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dosega Y-balance testa, gdje nije bilo statistički značajne razlike između skupina ispitanika, a mogući je razlog to što se u tim smjerovima ne zahtijeva veći opseg pokreta dorzalne fleksije kakav se zahtijeva u anteriornom dosegu.

Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku između dvije skupine ispitanika. Y-balance test zahtijevao je od ispitanika veću pokretljivost u zglobo gležnja. Može se zaključiti da opseg pokreta, osobito dorzalne fleksije statistički značajno utječe na anteriorni doseg. Uočeno je da ispitanici imaju bolje rezultate nakon svakog idućeg ponavljanja. Moguće da ponavljanjem testa nauče strategiju pokreta, a time se smanji nesigurnost pri održavanju ravnoteže.

Referencije

1. Physiopedia. Dostupno na: https://www.physio-pedia.com/Category:Ankle_-_Anatomy (pristupljeno 5. veljače 2020.).
2. Morrison EK, Kaminski TW. Foot Characteristics in Association With Inversion Ankle Injury. *Journal of Athletic Training*. 2007 Jan-Mar; 42 (1): 135–142. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1896068/> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
3. Chinn L, Hertel J. Rehabilitation of Ankle and Foot Injuries in Athletes. *Clinics in Sports Medicine*. 2010 Jan; 29 (1): 157–167. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2786815/> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
4. Grozdek Čovčić G, Maček Z. Neurofacilitacijska fizioterapija. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2011.
5. Provčin M. Trening propriocepcije u cilju prevencije padova, smanjenja broja i težine ozljeda kod starije populacije [diplomski rad]. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Kineziološki fakultet; 2016.
6. Prakash J, Irshad Ahamad, Sonal Khurana, Kamran Ali, Shalini Verma, Tarun kumar. Proprioception: An Evidence Based Narrative Review. *Res Inves Sports Med*. 1 (2). RISM.000506. 2017. DOI: 10.31031/RISM.2017.01.000506
7. Ben Moussa Zouita A, Majdoub O, Ferchichi H, Grandy K, Dziri C, Ben Salah FZ. The effects of 8-week proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains of Tunisian athletes. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 2013; (56): 634–643.
8. Berk KA. Is Proprioceptive Training Effective in Reducing the Recurrence of Ankle Sprains among Athletes? [dissertacija]. Philadelphia, Pennsylvania: Philadelphia College of Podiatric Medicine; 2011.
9. McKeon PO, Mattacola CG. Interventions for the Prevention of First Time and Recurrent Ankle Sprains. *Clinics in Sports Medicine*. 2008; 3 (27): 371–382. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278591908000215> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
10. Kemler E, van de Port I, Backx F, et al; A systematic review on the treatment of acute ankle sprain: brace versus other functional treatment types. *Sports Med*. 2011 Mar 1 41 (3): 185–197. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21395362> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
11. Grubišić M. (ur) Kliničke smjernice u fizikalnoj terapiji. 1. izd. Zagreb: Hrvatska komora fizioterapeuta; 2011.
12. Konradsen L. Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: Kinesthesia and Joint Position Sense. *Journal of Athletic Training*. 2002 Oct-Dec; 37 (4): 381–385. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164369/> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
13. Lynch SA. Assessment of the Injured Ankle in the Athlete. *Journal of Athletic Training*. 2002 Oct-Dec; 37 (4): 406–412. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164372/#!po=3.84615> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
14. Physiopedia. Dostupno na: https://www.physio-pedia.com/Ankle_Sprain (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
15. Mohammadi V, Hilfiker R, Jafarnezhadgero AA, Jami-alahmadi S, Ardakani MK, Granacher U. Relationship between Training-Induced Changes in the Star Excursion

- Balance Test and the Y Balance Test in Young Male Athletes. *Annals of Applied Sport Science*. 2017, 5 (3): 31–38. Dostupno na: <http://aassjournal.com/article-1-462-en.pdf> (pristupljeno 7. prosinca 2019.).
16. Gorman PP, Butler RJ, Rauch MJ, Kiesel K, Plisky PJ. Differences in Dynamic Balance Scores in One Sport Versus Multiple Sport High School Athletes. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 2012; 2(7): 148–153. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3325637/pdf/ijsp-07-148.pdf> (pristupljeno 7. prosinca 2019.).
 17. O. Wlaker. Y Balance Test. *Science for sport*. 2016. Dostupno na: <https://www.scienceforsport.com/y-balance-test/#toggle-id-1> (pristupljeno 18. svibnja 2019.).
 18. Kozić Đurović L. Učinak ubrzane rehabilitacije na funkciju zgloba gležnja nakon uganuća. *Hrčak portal znanstvenih časopisa Republike Hrvatske* 2012; 23: 3–4.
 19. Šimić P. Nestabilnost gležnja kod sportaša. *Vertebra Fizio*. 2017. Dostupno na: <https://www.vertebrafizio.com/single-post/2017/01/01/Nestabilnost-gle%C5%BEenjakodsporta%C5%A1a> (pristupljeno 25. siječnja 2020.).
 20. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *N Am J Sports Phys Ther*. 2009 May; 4 (2): 92–99.
 21. Neves LF, Souza CQD, Stoffel M, Martins Picasso CL. The Y balance test – how and why to do it? *Int Phys Med Rehab J*. 2017; 2 (4): 261–262.
 22. Butler RJ, Southers C, Gorman PP, Kiesel KB, Plisky PJ. Differences in Soccer Players' Dynamic Balance Across Levels of Competition. *Journal of Athletic Training*. 2012 NovDec; 47 (6): 616–620. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3499884/> (pristupljeno 23. lipnja 2019.).
 23. Smith CA, Warren M. The Y Balance Test: Assessing the evidence. *Lermagazine.com* Dostupno na: <https://lermagazine.com/article/the-y-balance-test-assessing-the-evidence>. (pristupljeno 22. travnja 2020.).
 24. Plisky PJ, Rau MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006; 36 (12): 911–919. Dostupno na: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2006.2244?code=jospt-site> (pristupljeno 3. srpnja 2019.).
 25. Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM, Med Sci. A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*. 2012 Aug; 47 (4): 366–371. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3396295/> (pristupljeno 7. prosinca 2019.).
 26. Fullam K, Caulfield B, Coughlan GF, Delahunt E. Kinematic analysis of selected reach directions of the Star Excursion Balance Test compared with the Y-Balance Test. *J Sport Rehabil*. 2014; 23: 27–35. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/255955082_Kinematic_Analysis_of_Selected_Reach_Directions_of_the_Star_Excursion_Balance_Test_Compared_With_the_Y-Balance_Test (pristupljeno 26. lipnja 2019.).
 27. Lai WC, Wang D, Chen JB, Vail J, Rugg CM, Lame SL. Lower Quarter Y-Balance Test Scores and Lower Extremity Injury in NCAA Division I Athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2017; 8: 5. Dostupno na: <http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/2325967117723666> (pristupljeno 21. lipnja 2019.).
 28. Gonell CA, Pina Romero JA, Soler LM. Relationship between The Y-balance test scores and soft tissue injury incidence in a soccer team. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015 Dec; 10 (7): 955–966. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4675196/> (pristupljeno 18. lipnja 2019.).
 29. Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, Kiesel KB, Plisky PJ. Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower Extremity Injury in College Football Players. *Sports health*. 2013 Sep; 5 (5): 417–422. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3752196/> (pristupljeno 27. lipnja 2019.).



THE EFFECT OF ANKLE INJURY ON DYNAMIC STABILITY

¹ Barbara Kirinec

^{1,2} Nikolino Žura

² Ivan Jurak

² Dalibor Kiseljak

¹ University Hospital Centre Zagreb

² University of Applied Health Sciences in Zagreb

the Y-balance test. Subjects without an ankle injury had better results in the anterior reach variable. In the posteromedial and posterolateral variables, there was no statistically significant difference between the injured and the uninjured. A possible reason for this is that in the posteromedial and posterolateral direction no greater range of dorsiflexion is required, unlike balance, which is required because the subject does not see the posterior direction as well as the anterior reach direction. It was observed that the subjects had better results after each subsequent repetition.

Abstract

Ankle injury causes multiple disorders in the human body. As a result, there are changes in proprioception, balance, muscle activity, and gait. The aim of this study was to determine the effect of ankle injury on dynamic stability using the Y-balance test as a reliable and valid indicator of dynamic stability. The study was conducted at the Clinical Institute for Rehabilitation and Orthopedic Aids of the University Hospital Centre Zagreb. A total of 30 subjects with and without an ankle injury took part in the study and were divided into two groups depending on the diagnosis and type of injury. Encouraged by the methodologies and results of previous studies and their recommendations for further research, this study examined the difference in the Y-balance test results between subjects with an ankle injury and those without such an injury. Each subject's achieved distance in the anterior reach direction of the Y-balance test was recorded on video. Using the Kinovea computer program, the angle of dorsal flexion in the ankle joint was analyzed at the maximum anterior reach during

Keywords: dynamic balance, Kinovea, Y-balance test