



Martin Zorko,
Nadja Podmenik, Ajda Silić

Vpliv živčno-mišičnega treninga na nekatere parametre ravnotežja pri osebah s funkcionalno nestabilnim gležnjem – pilotska raziskava

Izvleček

Cilj raziskave je bil ugotoviti, kako vadba posturalne stabilnosti vpliva na ravnotežne parametre pri preiskovancih s funkcionalno nestabilnimi gležnji. V raziskavo vključeni preiskovanci so imeli na eni nogi diagnozo »funkcionalno nestabilen gleženj«. Preiskovanci so opravili dve testiranja na bilateralni tenziometrični plošči v razmiku pet tednov. V času med obema meritvama so izvajali predpisano vadbo na ravnotežni deski. Vadbene naloge so potekale na eni nogi in so se izvajale s poškodovano in zdravo nogo. Rezultati so pokazali, da je z vadbo prišlo do izboljšanja (znižanja) vrednosti vseh ravnotežnih spremenljivk pri tistih testih, ki so bili izvedeni z eno nogo. Pri poškodovani nogi so bile te razlike statistično značilne. Vadba ni imela vpliva na vrednosti spremenljivk pri stoji na obeh nogah. Dvosmerna analiza variance je pokazala statistično značilne razlike med poškodovano in zdravo nogo pred in po vadbi le pri povprečni frekvenci nihanja v anteroposteriorni smeri ($F(1,7) = 5.59, p < 0.05$), kjer po vadbi srednje vrednosti poškodovane noge dosežejo vrednosti zdrave noge. Glede na pridobljene rezultate je vadbo posturalne stabilnosti smotno vključevati v program rehabilitacije športnikov s ponavljajočimi zvini gležnjeve.

Ključne besede: nestabilni gležnji, tenziometrična plošča, vadba posturalne stabilnosti.



<http://www.soccer.com/guide/five-skills-young-players-arent-getting-at-soccer-practice/>

Influence of neuromuscular training on parameters of balance of people with functional ankle instability – pilot study

Abstract

The aim of the study was to investigate the influence of proprioceptive training on parameters of balance of people with functional ankle instability. Each participant in the study have one functionally instable ankle. Two identical sets of tests were conducted on force plate with five weeks of gap between them. During these five weeks all the participants were performing the identical exercises on balance board. They exercised with injured and uninjured leg in identical way but they never placed both feet on the board at the same time. The results at the retests showed the improvement of all balance parameters with tests performed on one leg only. With injured leg the differences were statistically significant. There were no differences between tests performed on both legs. Two-way analysis of variance revealed statistically significant differences between the injured and uninjured leg before and after proprioceptive training only at an average frequency of fluctuations in the anteroposterior direction ($F(1,7) = 5.59, p < 0.05$). After training, the mean value of the injured leg reach the value of a uninjured leg. The results indicate that proprioceptive training should constitute a part of rehabilitation program for people with repeated ankle sprains.

Key words: ankle instability, force plate, proprioceptive training.

Uvod

Že Mack (1982) je poročal, da je zvin gležnja najpogostejša športna poškodba in je vzrok za približno četrtno vseh odsotnosti od športa. S tem se strinjajo tudi novejša študije, tako na področju tekmovalnega in rekreativnega športa (Yeung, Chan, So in Yuan, 1994) kot tudi pri mlajših starostnih kategorijah (Swenson, Collins, Fields in Comstock, 2013). V večini primerov (Richie, 2001) gre za inverzijsko poškodbo, pri kateri se poškodujejo zunanji gleženjski ligamenti. Mehanizem inverzijskega zvina je največkrat kombinacija kontakta sprednjega dela stopala ob plantarno upognjenem gležnju in hkratnega delovanja zunanje rotacijske sile, kar se dogaja pri lovljenju ravnotežja med padci, pri doskokih na nogo drugega igralca in pri doskoku z višine (Dufek in Bates, 1991). Plantarno upognjeno stopalo pred doskokom je še posebej dovzetno za poškodbo, ker je zaradi oblike skočnice v tem položaju zmanjšana kostna stabilnost med skočnico in gleženjskimi vilicami, po drugi strani pa so v tem položaju stranski gleženjski ligamenti (predvsem sprednji fibulotalarni in kalkaneofibularni ligament) napeti (Colville idr., 1990).

Ločimo mehansko nestabilen gleženj in funkcionalno nestabilen gleženj (Richie, 2001). Mehansko nestabilen gleženj je posledica anatomskih sprememb, kot so poškodbe enega ali več stranskih ligamentov ali prirojene ohlapnosti vezivnega tkiva. Potrdimo ga lahko s pomočjo »stresnega supinacijskega talarnega nagibnega testa«, ki se izvaja s pomočjo rentgenskega slikanja in je pozitiven takrat, kadar je kot med skočnico in sklepno površino golenice večji kot sedem stopinj (Vaes idr., 1998). Funkcionalno nestabilen gleženj je kompleksnejši pojem, ki je povezan s sposobnostjo živčno-mišičnega oziroma senzorično-motoričnega nadzora položaja skočnega sklepa in stopala (Richie, 2001). Izraz funkcionalno nestabilen gleženj se je prvič pojavil leta 1965, in sicer so ga opredelili kot stanje ponavljajočih zvinov in/ali občutka nestabilnosti gležnja. Mehanska in funkcionalna nestabilnost sta vzročno povezani le deloma oziroma le v nekaterih primerih. Mehanski dogodek lahko vodi v funkcionalno nestabilnost gležnja zaradi okvare vezi, ki so eden od pasivnih sklepnih stabilizatorjev, ali zaradi okvare mehanoreceptorjev v vezeh in tetivah, s čimer se okvari senzorni (afherentni) del proprioceptivnega refleksnega loka, ki predstavlja enega od aktivnih mehanizmov

stabilizacije gležnja. Veliko avtorjev navaja, da je prav okvara mehanoreceptorjev, ki predstavljajo del senzorično-motoričnega nadzornega sistema, pomembnejši dejavnik ponavljajočih inverzijskih zvinov kot okvara same natezne trdnosti ligamentov. Dve obsežni študiji (pri obeh je bil vzorec športnikov večji kot 100) sta pokazali, da se mehansko nestabilni gležnji (pozitiven nagibni test) ne obnašajo nujno nestabilno tudi v funkcionalnem smislu (Tropp, Odenrick in Gilquist, 1985; Konradsen, Olesen in Hansen, 1998) oziroma da kljub očitnemu mehanskemu popuščanju ligamentov do zvinov ali do občutka nestabilnosti gležnja ne prihaja vedno. Ugotovili so tudi obratno, in sicer, da je le cca 40 % funkcionalno nestabilnih gležnjev hkrati tudi mehansko nestabilnih (Vaes idr., 1998). Te ugotovitve nakazujejo, da ima živčno-mišični nadzor oziroma njegovo slabše delovanje pri inverzijskih zvinih gležnja ključno vlogo.

Propriocepcija je v ožjem pomenu opredeljena kot sposobnost organizma za zavestno in podzavestno prepoznavanje položajev delov lastnega telesa v prostoru (Enoka, 1994). Za zaščito sklepa ob nepričakovani hitri in/ali siloviti mehanski motnji je pomembna predvsem refleksna propriocepcija, saj naj bi bili zavestni gibi največkrat prepočasni, da bi preprečili poškodbo, ker so njihove živčne poti praviloma daljše od refleksnih in zato tudi počasnejše (Šarabon, Zupanc in Jakše, 2003). V spodnjih udih se ob nenadni mehanski motnji aktivirajo tako proksimalne kot distalne mišice in tako agonisti kot antagonisti (Richie, 2001). Proprioceptivni aferentni priliv impulzov je posredovan preko receptorjev, ki se nahajajo v mišicah, tetivah, sklepih in drugih tkivih. V primeru proprioceptivne skočnega sklepa oziroma aktivacije golenske mišičnine igrajo zelo pomembno vlogo tudi receptorji za senzibiliteto in pritisk v koži podplata (Robbins, Hanna in Gouv, 1988).

Medtem ko sama moč peronealnih mišic ne vpliva na funkcionalno nestabilnost gležnjev (Richie, 2001), je lahko posledica okvarjene proprioceptivne podaljšan reakcijski čas peronealnih mišic (Konradsen, Voight in Hojsgaard, 1997; Konradsen in Raun, 1990) in slabše ravnotežje pri stoji na takšni nogi (Cornwall in Murrell, 1991). Aktivacija peronealnih mišic pri nenadni inverzijski motnji je odvisna predvsem od proprioceptivnih refleksov, medtem ko je aktivacija bolj proksimalnih mišic odvisna predvsem od centralnega koordinacijskega programa (Richie, 2001). Vzdrževanje ravno-

težja je tako predvsem funkcija centralnega živčnega sistema (Richie, 2001). Ravnotežje in nadzor vzravnane stoje lahko merimo s stabilometrijo. To je metoda, s katero določamo nihanje težišča telesa, tako da merimo projekcijo njegovega položaja na tenziometrični plošči. Študije so pokazale, da dosegajo športniki s funkcionalno nestabilnim gležnjem pri stabilometriji značilno slabše rezultate kot zdravi športniki (Tropp, Odenrick in Gilquist, 1985).

Najučinkovitejši programi za zmanjševanje nestabilnosti gležnja vključujejo vadbo na nestabilnih površinah (ravnotežnih deskah). Veliko študij je potrdilo, da se s takšno vadbo izboljšajo koordinacija, ravnotežje, moč in propriocepcija ter tudi dejansko zmanjša funkcionalna nestabilnost gležnja (Richie, 2001). Nismo pa zasledili raziskav, ki bi ugotavljale, kako se ob sočasnih obojestranskih vadbah spreminja razmerje med funkcionalnim stanjem zdravega in poškodovanega gležnja.

Cilj raziskave je ugotoviti, ali vadba na ravnotežni deski vpliva na ravnotežne parametre ter s tem posredno na funkcionalno stabilnost gležnja in v kolikšni meri. Na podlagi zgoraj opisane teorije predpostavljamo, da se bodo izbrani parametri (hitrost, amplituda, frekvenca) po predpisani vadbi izboljšali (znižali). Pričakujemo tudi, da bodo vrednosti spremenljivk nižje pri zdravi nogi ter da se bodo razlike med zdravim in poškodovanim nogo po vadbi zmanjšale.

Metode

V vzorec smo vključili osem preiskovancev, športnikov rekreativcev, starih od 18 do 36 let, pet moških in tri ženske, ki so imeli funkcionalno nestabilne gležnje (kriterij: ponavljajoči zvin – vsaj dva v zadnjem letu in/ali občutek nestabilnega gležnja, na drugi nogi v zadnjem letu ni bilo zvina). Pet jih je imelo poškodovan levi gleženj, trije desnega. Vse meritve so potekale v prostorih Centra za medicino športa (Zdravstveni dom Center, Metelkova 9, Ljubljana) na bilateralni tenziometrični plošči (proizvajalec S2P, Slovenija). Preiskovancem je bil pojašnjen namen in protokol raziskave. Podpisali so pisno privolitev in so na meritvah sodelovali prostovoljno.

Po 10-minutnem ogrevanju, sestavljenem iz kolesarjenja in vaj na ravnotežni plošči, so opravili testiranje ravnotežja na tenziometrični plošči v tihem okolju, kjer so bile

vse okoliščine enake za vse preiskovance. Test je bil sestavljen iz štirih statičnih nalog. Naloge so trajale 30 s in so si sledile v sledečem zaporedju: 1) stoja na obeh nogah z odprtimi očmi, 2) stoja na obeh nogah z zaprtimi očmi, 3) stoja na poškodovani nogi z odprtimi očmi ter 4) stoja na zdravi nogi z odprtimi očmi. Sklop vseh štirih nalog je predstavljal eno serijo. Med nalogami so imeli preiskovanci 30 s premor. Zaradi večje zanesljivosti podatkov so preiskovanci vsako nalogo ponovili trikrat, v nadaljnjo analizo je bila vzeta povprečna vrednost. Med serijami je bil dvominutni odmor. Naloge so preiskovanci opravljali bosi, pogled je bil usmerjen naprej, roke so bile oprte v bok. Pri vseh nalogah je bila oporna noga v kolenu iztegnjena. Pri tretji in četrti nalogi je bila prosta noga pokrčena v kolenu za 90°, stegenici sta biti vzporedni (Slika 1). Vsem preiskovancem je bil pojasnjen pomen zbranosti, zato med samo nalogo ni bilo dovoljeno biti osredotočen na nič drugega, kar bi lahko odvrčalo njihovo pozornost.



Slika 1: Položaj preiskovanca pri tretji in četrti nalogi.

Po končanem testiranju so bili preiskovanci vključeni v pettedenski standardiziran program vadbe na ravnotežni deski. Vaje so bile tedensko sistematično nadgrajene, kjer so se vaje iz prejšnjega tedna ponovile, hkrati pa so preiskovanci prejeli težje vaje, ki so vključevale dodatne naloge. Preiskovancu so bile na začetku vsakega tedna razložene in demonstrirane, nato jih je vsakodnevno izvajal doma. Vadili so enako z zdravo in poškodovano nogo. Pri nobeni vaji ni merjenec stal na ravnotežni deski z obema nogama hkrati. Zaradi vse večjega števila vaj je bil tudi obseg treninga iz tedna v teden

večji. Prvi teden so za vadbo potrebovali 10 min časa, zadnji teden že okoli 45 min. Tako je bil vadbeni protokol precej intenzivnejši od tistih, ki so večinoma opisani v literaturi. Po petih tednih vadbe smo testiranje v enakih okoliščinah ponovili.

Izmed množice spremenljivk, ki nam jih test stabilometrije poda, smo analizirali naslednje: skupna nihajna hitrost, nihajna hitrost v anteroposteriorni smeri, nihajna hitrost v mediolateralni smeri, povprečna amplituda nihaja v anteroposteriorni smeri, povprečna amplituda nihaja v mediolateralni smeri, povprečna frekvenca nihanja v anteroposteriorni smeri ter povprečna frekvenca nihanja v mediolateralni smeri. Za omenjene parametre smo se odločili na podlagi predhodnih raziskav (16), po katerih naj bi ti parametri najbolj pokazali ravnotežne funkcije.

Dobljene rezultate smo obdelali s programskim paketom SPSS (verzija 18) (IBM, Armonk, New York). V tabeli so prikazane povprečne vrednosti in njen standardni

odklon (SD). Za preverjanje statistično značilnih razlik med začetnim in končnim stanjem smo uporabili dvosmerni t-test za odvisne vzorce, za ugotavljanje statistično značilnih razlik med zdravo in poškodovano nogo pa dvosmerni t-test za neodvisne vzorce. Pri opazovanju interakcije med levo in desno nogo pred in po vadbi je bila uporabljena dvosmerna analiza variance za odvisne vzorce. Za statistično značilne smo vzeli vrednosti p pod 0.05 %. Razlike med prvim in drugim obiskom ter med levo in desno nogo smo prikazali z diagramom, kjer krog predstavlja povprečno vrednost, črta pa prikazuje 95% interval zaupanja.

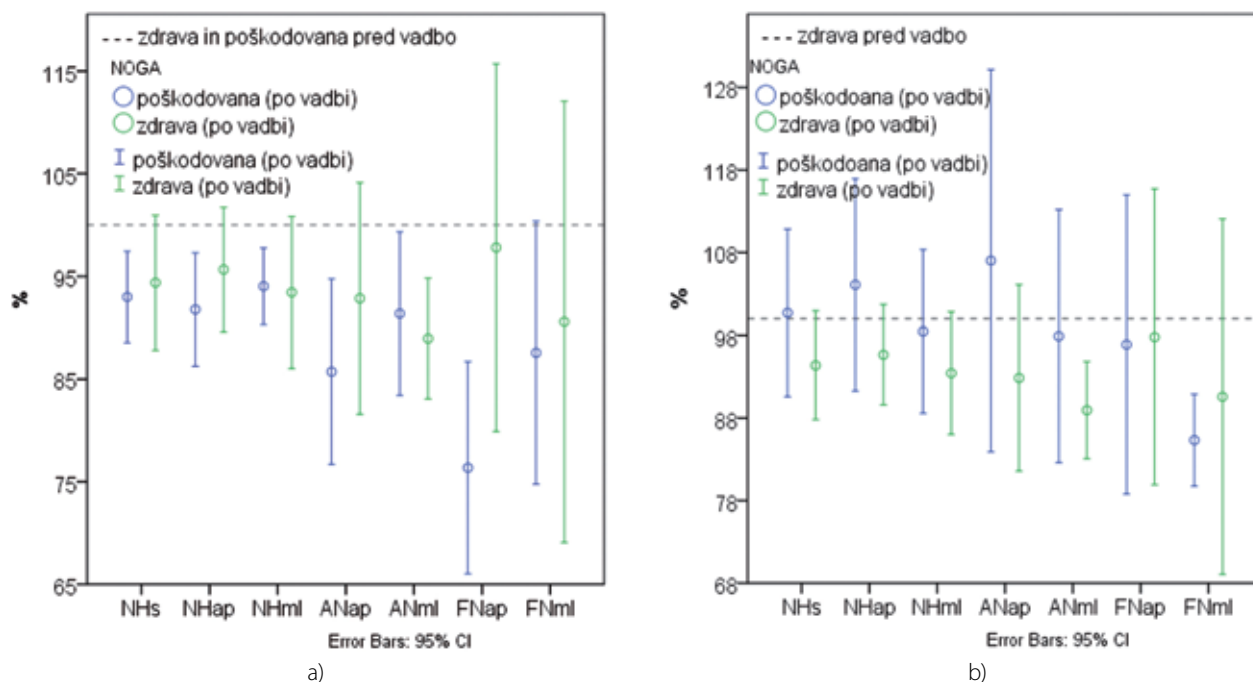
Rezultati

Iz Tabele 1 vidimo, da se vrednosti pred in po vadbi pri stoju na obeh nogah tako z odprtimi kot zaprtimi očmi skoraj niso spremenile. Z izjemo frekvence nihanja so višje pri stoju z zaprtimi očmi. Pri stoju na eni nogi so vrednosti spremenljivk pri prvem

Tabela 1: Prikaz povprečnih (\pm SD) vrednosti spremenljivk pred in po vadbi. Z odebeljeno označene statistično značilne razlike pred in po vadbi

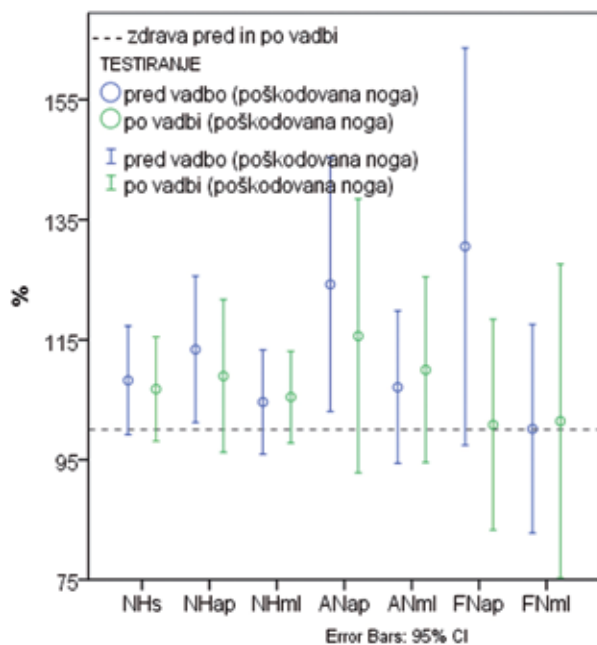
Spremenljivka	Naloga			
	Obe nogi	Obe nogi, zaprte oči	Poškodovana noga	Zdrava noga
NHs [mm/s]				
Pred vadbo	29 \pm 5.2	32 \pm 4.5	53 \pm 7.5	49 \pm 8.5
Po vadbi	29 \pm 6.3	31 \pm 5.7	49 \pm 4.5	46 \pm 6.2
NHap [mm/s]				
Pred vadbo	21 \pm 3.6	23 \pm 3	33 \pm 4.5	30 \pm 4.2
Po vadbi	21 \pm 3.7	23 \pm 3.2	30 \pm 3.3	28 \pm 3.3
NHml [mm/s]				
Pred vadbo	16 \pm 3.3	17 \pm 3.3	34 \pm 6	33 \pm 7.1
Po vadbi	17 \pm 4.5	17 \pm 4.4	32 \pm 4	31 \pm 5
ANap [mm]				
Pred vadbo	0.99 \pm 0.19	1.23 \pm 0.21	2.58 \pm 0.86	2.11 \pm 0.68
Po vadbi	0.98 \pm 0.14	1.22 \pm 0.21	2.16 \pm 0.55	1.91 \pm 0.49
ANml [mm]				
Pred vadbo	0.74 \pm 0.14	0.79 \pm 0.15	2.98 \pm 1.41	2.84 \pm 1.39
Po vadbi	0.75 \pm 0.19	0.75 \pm 0.18	2.69 \pm 1.15	2.46 \pm 1.05
FNap [Hz]				
Pred vadbo	0.41 \pm 0.12	0.38 \pm 0.08	0.63 \pm 0.18	0.5 \pm 0.12
Po vadbi	0.48 \pm 0.16	0.39 \pm 0.13	0.47 \pm 0.11	0.48 \pm 0.13
FNml [Hz]				
Pred vadbo	1.24 \pm 0.87	0.92 \pm 0.45	0.74 \pm 0.18	0.75 \pm 0.19
Po vadbi	1.09 \pm 0.73	1.03 \pm 0.53	0.63 \pm 0.15	0.66 \pm 0.17

Legenda: Obe nogi – stoja na obeh nogah z odprtimi očmi; Obe nogi, zaprte oči – stoja na obeh nogah z zaprtimi očmi; Poškodovana noga – stoja na poškodovani nogi z odprtimi očmi; Zdrava noga – stoja na zdravi nogi z odprtimi očmi; NHs – skupna nihajna hitrost; NHap – nihajna hitrost v anteroposteriorni smeri; NHml – nihajna hitrost v mediolateralni smeri; ANap – povprečna amplituda nihaja v anteroposteriorni smeri; ANml – povprečna amplituda nihaja v mediolateralni smeri; FNap – povprečna frekvenca nihanja v anteroposteriorni smeri; FNml – povprečna frekvenca nihanja v mediolateralni smeri.



Slika 2: Povprečne razlike v odstotkih (s pripadajočim 95 % intervalom zaupanja) pred in po vadbi za stojo na poškodovani in zdravi nogi.

Legenda: NHs – skupna nihajna hitrost; NHap – nihajna hitrost v anteroposteriorni smeri; NHml – nihajna hitrost v mediolateralni smeri; ANap – povprečna amplituda nihaja v anteroposteriorni smeri; ANml – povprečna amplituda nihaja v mediolateralni smeri; FNap – povprečna frekvenca nihanja v anteroposteriorni smeri; FNml – povprečna frekvenca nihanja v mediolateralni smeri; prekinjena črta predstavlja pretvorjene vrednosti v izhodiščne odstotke (100 %) pred vadbo.



Slika 3: Razmerje med poškodovano in zdravo nogo pred in po vadbi pri stoju na eni nogi (povprečje s pripadajočim 95 % intervalom zaupanja).

Legenda: NHs – skupna nihajna hitrost; NHap – nihajna hitrost v anteroposteriorni smeri; NHml – nihajna hitrost v mediolateralni smeri; ANap – povprečna amplituda nihaja v anteroposteriorni smeri; ANml – povprečna amplituda nihaja v mediolateralni smeri; FNap – povprečna frekvenca nihanja v anteroposteriorni smeri; FNml – povprečna frekvenca nihanja v mediolateralni smeri; prekinjena črta predstavlja pretvorjene vrednosti zdrave noge v izhodiščne odstotke (100 %).

testiranju (pred vadbo) višje pri poškodovani nogi. Te so se tako pri zdravi kot pri poškodovani nogi po vadbi znižale. Statistično značilne razlike pred in po vadbi so se pri poškodovani nogi pokazale pri skoraj vseh spremenljivkah, izjema je povprečna amplituda nihaja v mediolateralni smeri ($t = 2.045$; $p = 0.08$). Pri slednji so se statistično značilne razlike pokazale pri zdravi nogi (pri poškodovani ne), in to je edina spremenljivka, kjer je prihajalo do statistično značilnih razlik pri zdravi nogi ($t = 3.023$; $p = 0.019$).

Na Sliki 2 so prikazane spremembe po vadbi v odstotkih pri stoju na poškodovani in zdravi nogi (tretja in četrta testna naloga). Z drugimi besedami, koliko je vadba vplivala na vrednosti parametrov. Vrednosti so se pri zdravi in poškodovani nogi glede na testiranje pred predpisano vadbo znižale. Spremembe pri poškodovani nogi so bolj homogene. Največje znižanje pri poškodovani nogi se je pokazalo pri spremenljivki povprečne frekvence nihanja v smeri naprej-nazaj (Slika 2a). Vrednosti poškodovane noge se po vadbi znižajo na vrednosti zdrave noge pred vadbo oziroma še nižje (Slika 2b).

Na Sliki 3 je prikazano, kakšna je razlika med poškodovano in zdravo nogo pred in po vadbi. Pri pregledu razmerja med zdravo in poškodovano nogo (tretja in četrta testna naloga) je dvosmerna analiza variance pokazala, da so statistično značilne razlike pred in po vadbi pri frekvenci nihanja v anteroposteriorni smeri ($F(1,7) = 5.59, p < 0.05$). Po vadbi srednje vrednosti poškodovane noge dosežejo vrednosti zdrave noge. To je razvidno iz Slike 3. Pri večini spremenljivk (izjema so spremenljivke, ki se nanašajo na mediolateralno smer) se po vadbi razlike med zdravo in poškodovano nogo znižajo.

Razprava

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, če pettedenska vadba posturalne stabilnosti na ravnotežni deski vpliva na funkcionalno stabilnost gležnja. Na podlagi do sedaj ugotovljenih dejstev smo predpostavili, da bi lahko bil izboljšán rezultat na stabilometrijskem testu po vadbi eden od razmeroma dobrih pokazateljev izboljšane funkcionalne stabilnosti gležnja. Rezultati so pokazali statistično značilne razlike pred in po vadbi pri stoji na poškodovani nogi. Vrednosti so se tako pri poškodovani kot pri zdravi nogi z vadbo znižale. Kljub temu da razlike med poškodovano in zdravo nogo pred vadbo niso statistično značilne, so vrednosti nižje pri zdravi nogi (izjema spremenljivka frekvenca nihanja). Pri poškodovani nogi so se vrednosti parametrov (hitrost, amplituda in frekvenca nihanja) bolj znižale tako v skupni kot v anteroposteriorni smeri, medtem ko so bile spremembe pri zdravi nogi večje v mediolateralni smeri. Dvosmerna analiza variance je pokazala statistično značilne razlike med poškodovano in zdravo nogo pri povprečni frekvenci nihanja v anteroposteriorni smeri, kjer po vadbi srednje vrednosti poškodovane noge dosežejo vrednosti zdrave noge. Vadba ni vplivala na testa, ki sta potekala na obeh nogah. Omenjenemu pripisujemo velik pomen, saj podaja informacije, da je potrebno vadbo prilagoditi specifičnim zahtevam športne panoge.

Pred vadbo je test stoji na poškodovani nogi pokazal slabše rezultate pri večini opazovanih parametrih (Tabela 1). Rezultat se ujema s predpostavko, da dajo stabilometrijski testi pri funkcionalno nestabilnem gležnju slabše rezultate glede na zdrave (Tropp, Odenrick in Gilquist, 1985). Vendar

razlike v primerjavi z zdravo nogo niso bile statistično značilne. Le za spoznanje boljši rezultati pri testih na zdravi nogi pred vadbo bi lahko govorili za to, da testirane osebe pravzaprav sploh nimajo zdrave noge, ne glede na to, da na eni izmed njih v zadnjem letu ni bilo zvina. To bi potrjevalo predpostavko, da je pojem funkcionalna nestabilnost le v manjši meri posledica poškodbe ligamentov, sklepne ovojnice in tetiv oziroma receptorjev v njih, ampak gre dejansko bolj za motnjo živčno-mišičnega nadzora, kar ima za posledico deficit na obeh nogah. Tako je slabše ravnotežje bolj kot z mehansko nestabilnostjo povezano s funkcionalno nestabilnostjo (Tropp, Odenrick in Gilquist, 1985). Stanje funkcionalne nestabilnosti tako delno že obstaja, še preden do zvina sploh pride. O tem so poročali tudi raziskovalci, ki so ugotavljali, da trening samo z eno – poškodovano – nogo privede do obojestranskega napredka (Gauffin, Tropp in Odenrick, 1988).

Testi ravnotežja na obeh nogah pred in po vadbi so dali skoraj identične rezultate. Ti so, pričakovano, neprimerno boljši od rezultatov testov na eni nogi. Glede na to, da je vadba na ravnotežni deski potekala na eni nogi, lahko zaključimo, da le-ta nima vpliva na ravnotežje na obeh nogah. Po drugi strani lahko trdimo, da na rezultat drugega testiranja pet tednov za prvim tako ni vplival motorični spomin iz prvega testiranja. Zato sklepamo, da tudi pri testih na eni nogi motorično učenje iz prve testne situacije ni vplivalo na rezultate drugega testiranja in da je napredek dejansko posledica motoričnega učenja pri vadbi na nestabilni površini.

Testiranje po vadbi je pokazalo izboljšanje ravnotežja tako na poškodovani kot na zdravi strani (Slika 2), kar je v skladu z raziskavo Rozzija idr. (1999). Napredek je bil na poškodovani strani večji pri petih spremenljivkah (nanašajo na skupno in anteroposteriorni smer) (Slika 2a), pri katerih so vrednosti manj razpršene. Posledično so se razlike v določenih parametrih med poškodovano in zdravo stranjo zmanjšale (Slika 3). Največje spremembe so se pokazale pri spremenljivki povprečna frekvenca nihanja, še posebej v anteroposteriorni smeri. Tu so se pokazale statistično značilne razlike, saj je to parameter, ki pred vadbo dosega najvišje vrednosti. Po vadbi se te znižajo za največ in se podobne vrednostim, ki jih dosega zdrava noga po vadbi. Posledično lahko sklepamo, da je omenjeni parameter

indikator, ki nakazuje na izboljšanje stabilnosti. Pri drugih spremenljivkah ni prihajalo do statistično značilnih razlik. V večini so vrednosti po vadbi pri poškodovani nogi dosegle vrednosti zdrave noge pred vadbo. Vendar po vadbi poškodovana noga ni ujela zdrave noge. Seveda ni nobenega razloga, da bi ob identični vadbi slabša noga prehitela boljšo. Teoretično bi ob dovolj dolgi vadbi in če ne bi bilo nobenega vpliva na motorično učenje zaradi strukturnih sprememb poškodovane noge, testiranje obeh nog dalo enake rezultate. Rezultati prejšnjih raziskav so tudi pokazali, da je na poškodovani strani možen napredek celo preko normalnih vrednosti (Gauffin, Tropp in Odenrick, 1988). Izkazalo se je celo, da se lahko s pomočjo takšne vadbe dolgoročno (po šestih mesecih) zmanjša nevarnost za ponoven zvin na enako stopnjo, kot je pri tistih, ki zvina sploh še nikoli niso doživeli.

Metoda stabilometrije ima nekaj omejitev, saj ni določena standardizacija meritvenih protokolov (Rocchi, Chiari L in Capello, 2004). Vprašljiva bi lahko bila tudi pravilna izvedba oziroma rednost vadbe, ker je bil nadzor fizioterapevta omogočen le enkrat tedensko. Žal v znanstveni literaturi nismo zasledili raziskave, ki bi podajale referenčne vrednosti omenjenih parametrov zdrave noge. Predvidevamo, da so te normalne vrednosti odvisne tudi od populacije, saj se verjetno razlikujejo po spolu, starosti in športni aktivnosti. Zato bi bilo v prihodnje smiselno izvajati standardizirane meritve na določeni populaciji, ki bi omogočile pridobivanje teh referenčnih vrednosti.

Zdi se, da je stabilometrija primerna metoda, ki nam preko ravnotežnih parametrov pove nekaj o funkcionalnem stanju gležnja. Hkrati lahko z njo merimo stanje po ukrepih, s katerimi skušamo nestabilnost gležnja odpraviti. S študijo smo potrdil rezultate prejšnjih raziskav, da vadba na nestabilnih površinah vpliva na izboljšanje ravnotežja pri funkcionalno nestabilnih gležnjih. Statistično pomembno izboljšani ravnotežni parametri se pojavijo že po pettedenski vadbi, kar je hitreje kot pri večini protokolov iz drugih študij. Test stoji na obeh nogah pred in po vadbi ni pokazal nobenih razlik. Morda bi bilo drugače, če bi vadba posturalne stabilnosti vsebovala tudi položaje na obeh nogah in ne samo na eni. V zvezi s tem obstaja odprto vprašanje, ali vadba na eni nogi kakor koli zmanjša verjetnost za zvin gležnja pri simetričnih (sonožnih) športih.

Literatura

1. Colville, M. R., Marder, R. A., Boyle, J. J. in Zarins, B. (1990). Strain measurement in lateral ankle ligaments. *American Journal of Sports Medicine*, 18: 196–200.
2. Cornwall, M. W. in Murrell, P. (1991). Postural sway following inversion sprain of the ankle. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 81: 243–247.
3. Dufek, J. S. in Bates, B. T. (1991). Biomechanical factors associated with injury during landing in jump sports. *Sports Medicine*, 12(5): 326–337.
4. Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical Basis of Kinesiology*. Champaign: Human Kinetics.
5. Gauffin, H., Tropp, H. in Odenrick, P. (1988). Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. *International Journal of Sports Medicine*, 9(2): 141–144.
6. Konradsen, L., Olesen, S. in Hansen, H. M. (1998). Ankle sensorimotor control and eversion strength after acute ankle inversion injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 26(1): 72–77.
7. Konradsen, L. in Raun, J. B. (1990). Ankle instability caused by peroneal reaction time. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 61(5): 388–390.
8. Konradsen, L., Voight, M. in Hojsgaard, C. (1997). Ankle inversion injuries. The role of the dynamic defense mechanism. *American Journal of Sports Medicine*, 25(1): 54–58.
9. Mack, R. P. (1982). Ankle injuries in athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 1: 13–18.
10. Richie, D. H. (2001). Functional instability of the ankle and the role of neuromuscular control: A comprehensive review. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 40(4): 240–251.
11. Robbins, S. E., Hanna, A. M. in Gouw, G. J. (1988). Overload protection: avoidance response to heavy plantar surface loading. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20: 85–92.
12. Rocchi, L., Chiari, L. in Capello, A. (2004). Feature selection of stabilometric parameters based on principal component analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 42(1): 71–79.
13. Rozzi, S. L., Lephart, S. M., Sterner, R. in Kuligowski, L. (1999). Balance training for persons with functionally unstable ankles. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8: 478–486.
14. Swenson, D., Collins, C., Fields, S. in Comstock, R. (2013). Epidemiology of US High School Sports-Related Ligamentous Ankle Injuries, 2005/06–2010/11. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 23(3): 190–196.
15. Šarabon, N., Zupanc, O. in Jakše, B. (2003). Pomen proprioceptivnega treninga v vrhunski košarki. *Šport* 51(3): 26–29.
16. Tropp, H., Odenrick, P. in Gillquist, J. (1985). Stabilometry recordings in functional and mechanical instability of the ankle joint. *International Journal of Sports Medicine*, 6(3): 180–182.
17. Vaes, P. H., Duquet, W., Casteleyn, P. P., Handelberg, F. in Opdecam, P. (1998). Static and dynamic roentgenographic analysis of ankle stability in braced and nonbraced stable and functionally unstable ankles. *American Journal of Sports Medicine*, 26(5): 692–702.
18. Yeung, MS, Chan, KM, So, CH in Yuan, WY. (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *British Journal of Sports Medicine*, 28(2): 112–116.

Martin Zorko, dr. med., specialist fizikalne in rehabilitacijske medicine
Center za medicino športa, Metelkova 9,
KIMDPŠ, UKC Ljubljana
martin.zorko@kclj.si