

DIJAGNOSTIČKI POSTUPCI ZA PROCJENU RAZINE RAVNOTEŽE

Robert Zekić¹, prof., dr.sc. Vlatko Vučetić²

¹doktorand pri Kineziološkom fakultetu

²Kineziološki fakultet

Abstract

Balance measurement tools

Top sports achievements and top results can be achieved in conditions of planned, programmed and controlled training process based on precisely measured and quantified data in athlete's motor area using different diagnostic procedures and applying results of sports science research. Each successfully performed movement or complex structure of movements depends on the balance that can be defined as the ability to maintain balance in static and dynamic conditions or to create and re-establish impaired balance. Many researchers have studied balance as a motor ability, its effect on athletic performance as well as the tests for measuring and evaluating the results. They created various instruments, from simple standing on one or both feet with eyes closed or open where the result was the time required for keeping the balance, until today's new tech-

nologies which using different software register the force on the ground in two axes, the acceleration of primary center of gravity, the speed, the distance covered by the primary centre of gravity and the distance from the force center on the ground. For the successful measurement of certain motor activity based on which a motor ability will be assessed the measuring instrument should be of good metric characteristics and must be applicable either in a certain space and time or on a specific target group. The use of exercises developing balance by recreational or top athletes can reduce the number of injuries, improve their technical and tactical performance movement motor structures which consequently has a positive impact on situational success and achievement of top results.

1. Uvod

Uspjeh u sportu i visoki sportski rezultati mogu se postići u uvjetima planiranog, programiranog i kontroliranog trenažnog procesa. Kako bi se dobili ulazni parametri za svakog sportaša i njegovo inicijalno stanje motoričkih sposobnosti temeljem kojega se trening planira i programira, a sukladno jednadžbi specifikacije sporta ili parametara modalnih vrijednosti uspješnosti, dijagnostika motoričkih sposobno-

sti je osnovna pretpostavka. Uvjet za efikasno funkcioniranje tog sustava je i definiran skup mjernih instrumenata visoke pouzdanosti i faktorske valjanosti koji su pogodni za procjenu relevantnih obilježja. Motoričke sposobnosti se mogu opisati kao latentne motoričke strukture koje su odgovorne za beskonačan broj manifestnih motoričkih reakcija, a mjerljive su i mogu se opisati. Područje ravnoteže prvi je definirao koristeći

faktorsku analizu R.I.Bass (1939) analizirajući komponente testova u vezi s funkcijom polukružnih kanala i testove statičke i dinamičke ravnoteže, te je ukazao na indikacije po kojima ravnoteža ovisi od toga dali su pri testiranju oči otvorene ili zatvorene. Tijekom vremena ravnoteža se definirala kao motorička sposobnost odgovorna za održavanje željenog stava pod utjecajem gravitacije (Shumway-Cook i sur., 1988), održavanje tijela u ravnoteži

nom položaju i to statička u stajanju na mjestu i dinamička u kretanju (Prskalo, 2004), sposobnost održavanja ravnotežnog položaja uz analizu informacija o položaju tijela koje dolaze putem kinestetičkih i vidnih receptora (Sekulić i Metikoš, 2007), sposobnost koja se očituje u uspostavljanju i zadržavanju ravnotežnog položaja uspješnim suprotstavljanjem silama koje narušavaju ravnotežu (Milanović, 2013), sposobnost održavanja stabilnog položaja na osnovi informacija iz vidnog i kinestetičkih analizatora te vestibularnog sustava (Neljak, 2013). Danas je možemo definirati kao sposobnost održavanja ravnoteže u statičkim i dinamičkim uvjetima ili zauzimanja i ponovnog uspostavljanja narušenog ravnotežnog položaja što je u sportu i svakodnevnim aktivnostima sveprisutna pojava.

2. Fiziološka pozadina motoričke sposobnosti – ravnoteža

Prvi osjetilni sustav koji se razvija u djeteta je vestibularni sustav koji kontrolira osjet kretanja i ravnoteže te se smatra najznačajnijim sustavom koji utječe na svakodnevno kretanje i djelovanje protiv gravitacije, Hannaford (2007). S obzirom da se ravnoteža nalazi u osnovi svakog složenijeg motoričkog zadatka neovisno o vrsti i intenzitetu, stalna je potreba čovjeka ili zadržati ravnotežni položaj u mirovanju ili uspostaviti narušeni ravnotežni položaj u prostoru. Mehanizam za sinergijsku regulaciju i regulaciju tonusa je regulativni i integrativni sustav koji istovremeno kontrolira redoslijed, omjer i intenzitet uključivanja i isključivanja agonističkih

i antagonističkih mišićnih skupina, kao i veličinu sile koja se u njima generira. (Sekulić i Metikoš, 2007).

Vestibularni aparat smješten u srednjem uhu kao specifičan receptor registrira smjer djelovanja sile teže kao i sila koja nastaju linearnim i kutnim ubrzanjem i usporenjem kod promjena brzina kretanja tijela odnosno glave.

U većini sportova stalna je potreba sportaša zauzimati ravnotežne položaje s obzirom na česte izmjene smjera kretanja i registriranja sila koja utječu na tijelo s ciljem narušavanja ravnoteže. Vestibularni živac prosljeđuje impulse u vestibularne jezgre i dalje u dijelove malog mozga i koru mozga, u primarni kortikalni centar za ravnotežu te nakon toga impulsi silaznim putem prenose leđnoj moždini naredbe za aktivaciju ili inhibiciju antigravitacijskih mišića koje su prije toga obrađene temeljem analize položaja tijela ili dijelova tijela. Narušena ravnoteža se korigira trenutnom aktivacijom mišića dok je percepcija promjena brzine i smjera kretanja odgovorna za predviđanje, odnosno pravovremeno uključivanje one muskulature koja će spriječiti narušavanje i gubitak ravnoteže. Osim vestibularnih receptora važnu ulogu u održavanju ravnoteže imaju i ostali receptori poput vidnih i kinestetičkih receptora koji govore o odnosima poluga unutar ljudskog tijela, ali i o pritiscima i silama koje se javljaju i djeluju na određene površinske dijelove ljudskog tijela, (Sekulić i Metikoš, 2007). Ravnoteža promatrana nešto detaljnije, ukazuje na postojanje dva segmenta ili dva podfaktora ukupne ravnotežne sposobnosti i to:

- ravnoteža otvorenim očima;
- ravnoteža zatvorenim očima.

Prema Milanoviću (2013) ravnoteža se definira kao sposobnost koja se očituje u uspostavljanju i zadržavanju ravnotežnog položaja uspješnim suprotstavljanjem silama koja ravnotežu narušavaju te se može definirati kao:

- dinamička ravnoteža;
- statička ravnoteža.

3. Povijesni pregled kroz postupke mjerenja ravnoteže

Počeci istraživanja u motoričkom prostoru započinju 1902. godine kada je Sargent konstruirao prvu bateriju testova za procjenu motoričke sposobnosti pod nazivom „Univerzalni test snage“. Bass (1939) je prvi autor koji istražuje faktor ravnoteže i ističe mogućnost postojanja dvije funkcionalne strukture koje se angažiraju u ovsnosti o tome jesu li oči otvorene ili zatvorene. Phillips (1949) je podvrgla matricu interkorelacija (testova agilnosti, motoričkih sposobnosti, ravnoteže, motoričke edukabilnosti, snage, kardiovaskularne i respiratorne efikasnosti) multifaktorskoj analizi. Izolirane faktore interpretirala je kao generalni faktor snage, faktor abdominalne snage i faktor brzine. Nadalje, Hempel i Fleichman (1956) utvrdili su dva faktora ravnoteže, statičku i dinamičku te ih nazvali „ravnotežom ekvilibrijuma“ i „ravnotežom dostignuća“. Fleichman (1964) je izradio značajnu studiju u području tjelesne kulture na 25 000 ispitanika u 45 gradova SAD-a i utvrdio postojanje faktora fleksibilnosti istezanja, eksplozivne snage, dinamičke fleksibilnosti, ravnoteže s zatvorenim i otvorenim očima i brzine pokreta ekstremite-

ta. Ismail i Gruber (1967) izolirali su osim faktora statičke i dinamičke ravnoteže i opći faktor ravnoteže, dok su Ismail, Kane i Kirkendall (1969) u svom radu utvrdili statičku ravnotežu na objektima, statičku ravnotežu na tlu i faktor koji su objasnili kao utjecaj mjera tijela na dinamičku ravnotežu. Momirović i sur. (1970) su na uzorku učenika i učenica srednjih škola ekstrahirali primjenom faktorske analize četiri faktora i to eksplozivnu snagu, statičku snagu, kardiovaskularnu efikasnost i koordinaciju za dječake odnosno ravnotežu za djevojčice. Kurelić i sur. (1971) faktorskom analizom motoričkih testova izoliraju sedam latentnih dimenzija i to dinamičku snagu, statičku snagu, brzinu, gipkost, koordinaciju, ravnotežu i preciznost. Iste godine izvode četiri testa za procjenu ravnoteže i to dva sa zatvorenim i dva sa otvorenim očima te uz faktorsku analizu izoliraju faktor ravnoteže no bez podjele na ravnotežu sa zatvorenim i otvorenim očima. Tkalčić i Hošek (1974) ispitujući metrijske karakteristike mjernih instrumenata za procjenu ravnoteže utvrdili su postojanje razlike s obzirom na uključenost vidnog analizatora i veličine površine na kojoj je potrebno zadržati ravnotežni položaj.

4. Dosadašnja istraživanja

Faigenbaum i sur. (2014) u svom istraživanju o izvedivosti i pouzdanosti testova za procjenu dinamičke ravnoteže i posturalne kontrole upotrijebili su **Y balance test** na 188 ispitanika od prvog do petog razreda osnovne škole i utvrdili ponovljivost mjerenja kroz razvojna razdoblja djetinjstva. U istraživanju je potvrdila da Y ba-

lance test može kvantificirati normalan razvoj motoričkih sposobnosti kod zdrave djece te da loša stabilnost i posturalna kontrola mogu biti ograničavajući faktor savladavanju temeljnih vještina kretanja što onda sputava djecu da se uključuju u neki oblik tjelesnog vježbanja ili sporta a trajno kao izbor sedentarnog ili neaktivnog načina ponašanja. Ritmička gimnastika je sport u kojem dominiraju elementi gimnastike, plesa i visokouravnoteženih gracilnih pokreta. Despina i sur. (2013) u istraživanju utjecaja eng. *whole body vibration* treninga na ravnotežu, fleksibilnost i eksplozivnu snagu nogu u ritmičkih gimnastičarki, na uzorku od 11 elitnih ispitanica procijenila je pomoću **Rhythmic weight shift** (RWS) testa i **Limit of stability** (LOS) testa koji se temelji na **Equi testu** dinamičke posturografije pozitivne učinke treninga. Dokazala je da trening na platformi jednom nogom može značajno povećati performanse fleksibilnosti, snage i ravnoteže. Nedostatak tjelesne aktivnosti i niži stupanj motoričkih sposobnosti u mladima i adolescentima povezani su sa negativnim zdravstvenim ishodima. Istraživanje je obuhvatilo 10 302 ispitanika u osam zemalja Europe s ciljem definiranja referentnih standardnih mjera prema spolu i dobi u prostoru nekih motoričkih i funkcionalnih sposobnosti među njima i ravnoteže Flamingo testom. De Miguel i sur. (2014) utvrdili su da je ravnoteža uz fleksibilnost dominantna motorička sposobnost u djevojčica dok u dječaka je to brzina, snaga i funkcionalna sposobnost aerobnog tipa testirana 20 m shuttle-run testom. Gorman i sur. (2012) istražili su pouzdanost Y balance testa za

procjenu snage i opsega pokreta u ramenu. Svrha istraživanja bila je ispitati temeljna mjerna svojstva za ovu vrstu pokreta. 96 zdravih i tjelesno aktivnih ispitanika u dobi od 19-47 godina podvrgnuto je mjerenju dohvata u tri smjera prema utvrđenom protokolu. Dobiveni rezultati potvrđuju hipoteze da nema značajne razlike među spolovima, ne postoje razlike između lijeve i desne ruke te visoku pouzdanost Y balance testa za procjenu mobilnosti gornjih ekstremiteta i ravnoteže. Buduća istraživanja trebala bi istražiti razlike prema dobi i sportu, te primjenjivost u dijagnostici bilateralnih asimetrija i stabilnosti gornjih ekstremiteta kao prediktora mogućih ozljeda. U istraživanju koje je Sabin i sur. (2015) proveo s ciljem utvrđivanja povezanosti ravnoteže i agilnosti na sportsku izvedbu u odbojci, ravnotežu je mjerio s tri različita testa. Primijenio je **Storck balance test**, **Standing balance test** i modificirani **BASS test** za dinamičku ravnotežu. Na 12 odbojkašica proveo je inicijalno mjerenje, zatim proveo intervenciju u treningu, dvije specifične vježbe, te nakon devet mjeseci analizirao učinke svog programa temeljene na razlici inicijalnog i finalnog mjerenja i usporedbi te dvije grupe podataka. Utvrdio je da specifični trening ravnoteže i agilnosti može utjecati na poboljšanje performansi odbojkašica i sportske izvedbe u igri. Gregov i sur. (2014) u svom radu vezanom za kondicijsku pripremu i važnost u prevenciji ozljede prednje ukrižene sveze naveli su da smanjena pokretljivost i stabilnost u zglobovima može biti dobar prediktor potencijalnih ozljeda u sportaša te naveli kao često korištene testove u procjeni ozljeda **Star excursion**

balance test (SEBT) i Y balance test. Clagg i sur. (2015) su u istraživanju o performansama u osoba s ozljedom ACL, maksimalni doseg i mišićnu snagu, a koje su se nakon operativnog zahvata vratili u redovan trenažni program koristili modificirani SEBT test, zapravo Y balance test jer je mjerila doseg pokreta u tri pravca, prednji, posteromedijalni i posterolateralni doseg. U istraživanju je usporedila 66 ispitanika s operativno saniranim ozljedama s 47 zdravih sportaša te utvrdila Y balance testom smanjeni prednji doseg u ispitanika s ozljedom ACL. Sekulić i sur. (2012) u svom istraživanju o utjecaju ravnoteže, brzine i snage na rezultate u procijeni agilnosti testirali 32 studenta i 32 studentice sportaša sa pet testova agilnosti i LOS testom za procjenu ravnoteže. Dokazao je da je ravnoteža u muškaraca dobar prediktor za uspjeh u testovima agilnosti. U istraživanju Star balance testa kao prediktora ozljeda donjih ekstremiteta u košarkaša srednjoškolaca, Plisky i sur. (2006) istraživali su duljinu dosega i povezanost s rizikom ozljeđivanja. Na uzorku od 235 košarkaša srednjoškolaca koristio je Star balance test u tri smjera, prednji, posteromedijalni i posterolateralni na obje noge. Dokazali su da igrači s razlikom u testu većom od četiri centimetra u prednjem dosegu lijevom i desnom nogom imaju više nego dvostruko veću vjerojatnost ozljeđivanja. Predlažu SEBT test koristiti u dijagnostici i prevenciji ozljeda.

5. Mjerni instrumenti za procjenu ravnoteže

Za uspješno mjerenje određene motoričke aktivnosti, a temeljem

koje će se procijeniti neku motoričku sposobnost mjerni instrument mora biti dobrih metrijskih karakteristika. S obzirom na rezultate dosadašnjih istraživanja koji ravnotežu mogu definirati kroz dvije dimenzije, najčešće utvrđivane kao ravnoteža sa otvorenim očima i ravnoteža sa zatvorenim očima u dosadašnjim istraživanjima je utvrđeno da vizualna kontrola značajno utječe na manifestacije ravnoteže. U istraživanjima je primijenjen izvjestan broj kretnih zadataka koji od ispitanika zahtijeva isključenje vizualne kontrole. Neki od korištenih testova su **Romberg test, Tandem Romberg test, Stick balance test, Flamingo, Stork balance test, Balance beam test, Y-Balance test** za procjenu dinamičke ravnoteže na jednoj nozi koji zahtijeva snagu, fleksibilnost, kontrolu trupa i propriocepciju. Test je korišten za procjenu motoričke izvedbe, pokazuje funkcionalnu simetriju i identificira mogući rizik od ozljede donjih ekstremiteta. **Bass balance test** za mjerenje dinamičke ravnoteže je jednostavan za provedbu s jeftinom opremom no međutim dugotrajan za izvedbu na velikoj grupi, ne postoji stupnjevanje u postupku bodovanja tako da se raspon sposobnosti ne može utvrditi. **Balance board test** se koristi za procjenu agilnosti i ravnoteže te je dizajniran posebno za starije populacije. Ovaj test je dio protokola za Groningen test spremnosti za starije osobe. Prilagođen test za mjerenje u starijih osoba gdje uslijed narušene ravnoteže može dovesti do pada i ozljede, Koen A.P.Lemmink (2001). **Star excursion balance test (SEBT)** dinamički test koji zahtijeva snagu, fleksibilnost i propriocepciju. Test dinamičke ravno-

teže koji je izazovan za sportaše i tjelesno aktivne pojedince. Test se može koristiti za procjenu fizičke performanse, ali može se koristiti za procjenu deficita posturalne kontrole u dinamičnim uvjetima zbog koštano-mišićnih ozljeda, za identifikaciju sportaša na veći rizik ozljeda donjeg ekstremiteta, kao i tijekom rehabilitacije ortopedskih ozljeda kod zdravih aktivnih odraslih osoba.

6. Nove tehnologije u dijagnostici procjene ravnoteže

Kako je za uspješnu dijagnostiku u sportu izmjereni podatak osnova za planiranje i programiranje transformacijskih procesa razvojem novih tehnologija trenerima je dostupan izbor novih sofisticiranih mjernih instrumenata, a i mnoga mjerenja koja su zahtijevala skupu laboratorijsku opremu sada mogu provoditi u situacijskim uvjetima i na sportskom borilištu.

Test dinamičke ravnoteže na BIODEX „Balance System-u“ (slika 1), platformi za testiranje statičke i dinamičke ravnoteže se odvija u zatvorenom prostoru, osvijetljenom za sportske aktivnosti i bez buke. Ispitanici test izvode u sportskoj opremi. Test dinamičke ravnoteže izvodi se sa osloncem na oba stopala, otvorenih očiju i bez pridržavanja rukama za sigurnosne rukohvate na platformi. Zadatak u testu je da ispitanik u što kraćem vremenu izvrši zadatak sa pomicanjem kursora na ekranu platforme gdje isti vodi od „kućice“ do slijedeće zadane „kućice“ te se pozicijom svog težišta tijela (OCT) zadrži na jednom mjestu 3 sekun-

de. Kompletan test ima 9 kvadrata „kućica“. Po kompletiranju testa, računalno automatski bilježi vrijeme trajanja izvedbe testa. Test se može izvoditi na različitim nivoima težine. Ovim testom dobiti će se uvid u percepcijske sposobnosti kandidata, koordinacijske sposobnosti i sposobnosti koncentracije na zadani zadatak istovremeno sa izvođenjem gracijskih pokreta cijelim tijelom sa ograničenim promjenama točke težišta tijela. Potrebno vrijeme za unošenje podataka u „Biodex system“ i testiranje jednog kandidata je između 2 i 5 min.

U procjeni ravnoteže svoju primjenu nalazi i **Nintendo Wii** konzola (slika 2).

Test stillness pokazuje dobre rezultate za procjenu ravnoteže. Primjenjiv je kod mladih i odraslih ispitanika zbog jednostavnosti primjene i njima zanimljive provedbe. Izvodi se na postolju Wii konzole na obje noge. Zadatak je zadržati stabilan položaj dok se okolinosti u vidnom polju (na ekranu) mijenjaju. Test traje 30 sekundi, a rezultat se izražava u postocima. Utvrđene su dobre karakteristike osjetljivosti i pouzdanosti testa Stillness (slika 3).

I neki drugi testovi primjenjivi u praksi kao **Probalance master test** i **Equi test** uglavnom se koriste za procjenu i rehabilitaciju ortopedskih ozljeda te procjenu neuroloških patologija. **SOT test** (sensory organization test) procjenjuje učinak vida, propriocepcije i vestibularnog aparata tokom stajanja i primjenjiv je kod mladih i starijih ispitanika. **Kinesthetic ability trainer** sustav sa centralnom osovinom i senzorima nagiba gdje se stabilnost platforme kontrolira tlakom u pneumatskom jastuku dok senzor nagiba nadzire odstupanje



Slika 1. Biodex balance system.



Slika 2. Nintendo Wii konzola.

OCT od referentne točke. **Biodex medical system** koristi dinamičke platforme do 20 stupnjeva nagiba u

svim smjerovima i povezan je računalom koje mjeri otklon u stupnjevima i sposobnost kontrole nagiba.

FITRO sway check sustav temelji se na tenziometrijskoj platformi koja registrira sile na podlozi u dvije osi, ubrzanje, brzinu, prijeđeni put, udaljenost od centra sile na podlozi i kvadratnu udaljenost od centra sile na podlozi (slika 4).

HUBER uređaj koji je sastavljen od pokretnog stupa s ekranom, ergonomskih rukohvata i oscilirajuće platforme koja neprestano mijenja smjer, nagib i brzinu rotacije (slika 5). Na taj se način tijelo dovodi u labilne položaje te je zadatak ispitanika uspostaviti narušenu ravnotežu. Primjenjiv je u rehabilitaciji ozljeda.

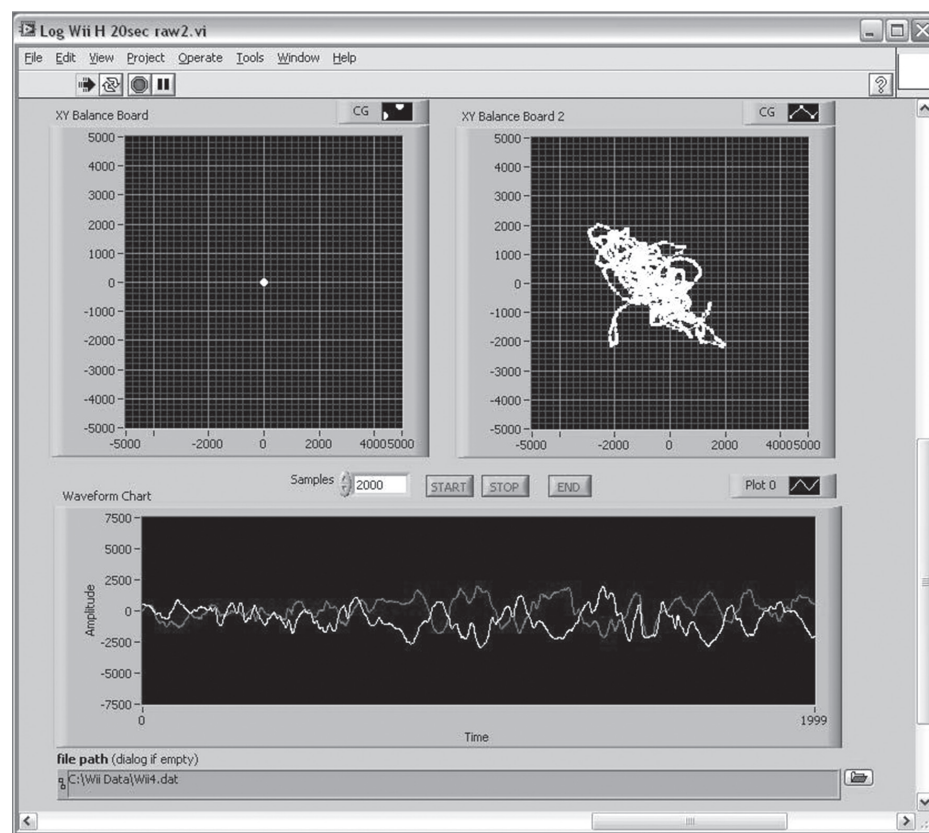
Limits of stability (LOS) test granice stabilnosti na tenziometrijskoj platformi, na zvučni signal ispitanik se naginje maksimalno prema naprijed koliko može da ne podigne pete i ne izgubi ravnotežu (slika 6). Pomak bi trebao izvoditi u skočnom zglobu prema naprijed. Unutar 30 sekundi test bi trebao biti gotov, a ukupno ima 10 ponavljanja s dvije minute pauze između svakog ponavljanja.

Optojump – Microgate GYKO sustav često se koristi za procjenu stabilnosti i ravnoteže u održavanju stabilnog stava, u kretanju ili različitim vrstama skokova sukladno protokolima mjerenja. GYKO sen-

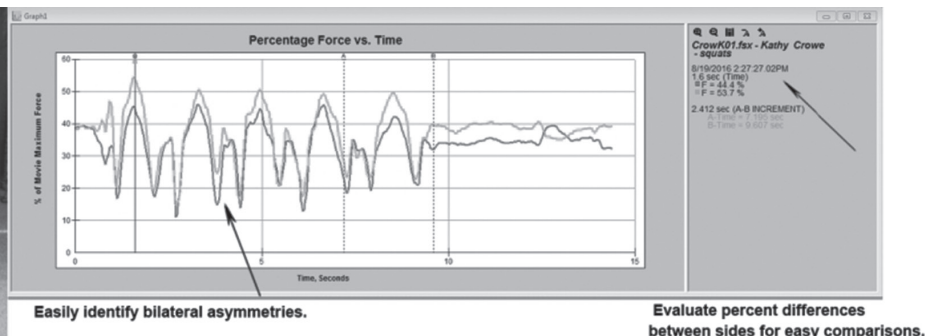
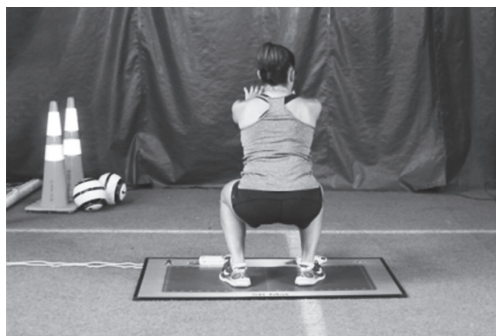
zor, smješten na trupu ili u razini centra težišta omogućuje procjenu statičke i dinamičke ravnoteže te pomoću odgovarajućih programa izračunava pokazatelje koji se odnose na projekciju težišta tijela na terenu.

OPTO JUMP - GYKO sustav (slika 7) za procjenu dinamičke

stabilnosti, grafičkim prikazom pomoću elipse predstavlja rotaciju trupa u AP i ML smjeru gdje veća površina elipse definira i veća gibanja OCT, duži prijeđeni put OCT te prevalenciju smjera gibanja OCT. Posturalna analiza ovim sustavom se koristi za procjenu stabilnosti i ravnoteže u mirnom stojećem stavu. GYKO senzor je smješten



Slika 3. Rezultati kretanja OCT na Nintendo Wii konzoli.



Slika 4. FITRO sway check u primjeni i kretanje OCT u dvije osi.

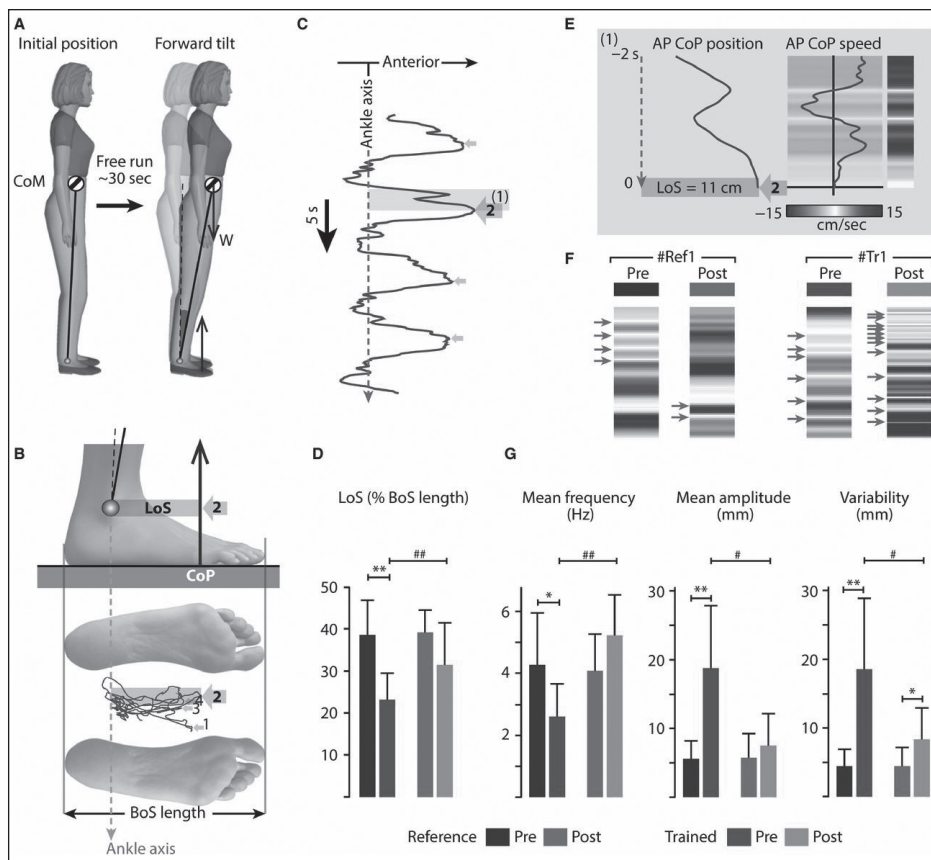


Slika 5. Nikola Karabatić na HUBER tenziometrijskoj platformi.

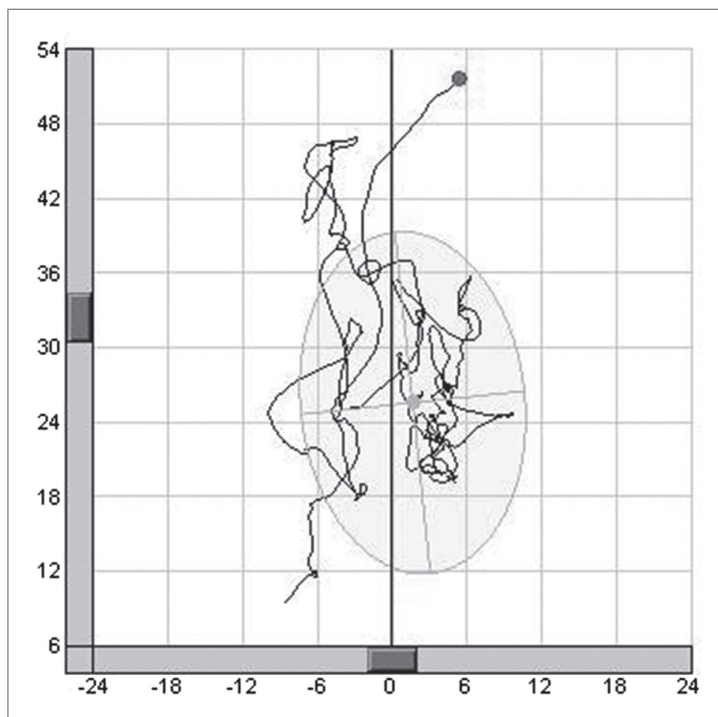
na stražnjoj strani trupa ili u visini OCT te pruža informacije pomoću odgovarajućih protokola o utjecaju i udjelu vizualnih i kinestetičkih receptora te vestibularnog aparata na održavanje ravnoteže. Glavni indikatori koji se odnose na projekciju OCT na tlu su površina kretanja OCT, ukupna duljina kretanja OCT i brzina kretanja OCT i frekvencija gibanja. Test se može izvoditi u statičkim uvjetima sa održavanjem stabilne ravnoteže ili njihanjem tijela te ponovnom uspostavljanju ravnoteže a sukladno predviđenim protokolima (slika 8).



Slika 7. Opto jump GYKO sustav.



Slika 6. Rezultati LOS testa.



Slika 8. Rezultati testa Opto jump GYKO sustava.



Slika 9. TEKSCAN i F-SCAN sustav u sportskoj opremi.

HODANJE u mjestu je test koji se izvodi hodanjem s visoko podignutim koljenima, stupanjem, u mjestu s otvorenim i zatvorenim očima u trajanju od 30 sekundi. Test započinje desnom nogom i nakon izvedena oba testa softver izračunava i analizira podatke kretanja OCT u AP i ML smjeru.

BODY SWAY test je test koji se izvodi iz početnog položaja sunožnog i to otvorenim i zatvorenim očima u trajanju od 30 sekundi svaki. Ispitanik mora zadržati ravnotežu unutar zadanog vremena i sa što manje gibanja.

TEKSCAN sustav i F-SCAN mobilni uređaj za mjerenje sila koji je u obliku uloška za cipele smješten u sportsku obuću, tenisicu, kopačku ili skijašku cipelu i daje korisne informacije za dijagnosticiranje određenih lokomotornih patologija, evaluaciju treninga ili tretmana ili procjenu stanja subjekta (slika 9). S obzirom na prijenosne uvjete uređaja aplikativan je na sportskom terenu i u natjecanju te može dati korisne informacije o parametrima natjecateljske izvedbe i efikasnosti koji se zasigurno razlikuju od labo-

ratorijskih testiranja i korisniji su treneru za dijagnostiku sportaša. S obzirom da je sustav prijenosan, ulošci su tanki i lagani, ne limitiraju sportaša u njegovoj izvedbi te je bežičnom vezom spojen na softver.

7. Zaključak

Za prikupljanje podataka o inicijalnom stanju motoričkih sposobnosti ispitanika, gdje je podatak kvalitativna ili kvantitativna vrijednost kojom je opisano određeno obilježje na kojoj se temelji razrada strategije treninga ili postupka vježbanja kojim se želi to obilježje poboljšati ili povećati, neosporno je da mjerni instrument mora biti pouzdan, objektivan, homogen, valjan i osjetljiv. Procjena ravnoteže kao motoričke sposobnosti odgovorne za održavanje ravnotežnog položaja uz analizu informacija o položaju tijela koje dolaze putem kinezičkih i vidnih receptora (Sekulić i Metikoš, 2007), je od posebnog interesa kako u sportu tako i u području edukacije, rekreacije i kineziterapije. Gotovo ne postoji pokret ili motorički zadatak koji se mora manifestirati aktivacijom mišićja a

da ravnoteža kao sposobnost nije odgovorna za njegovu izvedbu. Naime, mehanizam za sinergijsku regulaciju i regulaciju tonusa je odgovoran za pravovremeno zajedničko djelovanje većeg broja mišićnih grupa no zajedničko djelovanje u stvari označava i pravovremeno uključivanje i pravovremeno isključivanje mišićnih grupa koje su potrebne da bi se kretanja izvela i održala ravnoteža. S obzirom na podjelu ravnoteže na ravnotežu s otvorenim ili zatvorenim očima prema Sekulić i Metikoš (2007) te prema Milanoviću (2013), ravnoteža se definira kao sposobnost koja se očituje u uspostavljanju i zadržavanju ravnotežnog položaja uspješnim suprotstavljanjem silama koja ravnotežu narušavaju te se može definirati kao dinamička ravnoteža i statička ravnoteža. Tako u streljaštvu i streličarstvu dominira statička ravnoteža te je uz preciznost bitan faktor uspješnosti, u skijanju, snowboardu, jedrenju na dasci i skateboardu dominira dinamička ravnoteža. Aktivnosti kao tai-chi, karate-kate, yoga, balet ili gimnastika zahtijevaju održavanje ravnoteže u sportski specifičnim položajima. Kontrola gibanja osnovnog centra težišta (OCT) važna je u penjanju, umjetničkom klizanju i hokeju dok je specifična ravnoteža u sjedećem ili klečećem položaju važan prediktor uspjeha u kajaku, kanu, veslanju i konjičkom sportu. Loša kontrola gibanja OCT može utjecati na izvedbu u dizanju utega, golfu i bacačkim disciplinama. U sportovima koji zahtijevaju brze promjene pravca kretanja kao badminton, košarka odbojka, rukomet, nogomet, squash i drugi uz agilnost koja je bitan faktor uspjeha gubitak ravnoteže može

utjecati i na pojavu ozljeda osobito skočnog zgloba i koljena. Za uspjeh u sportu jedan od bitnih faktora je sposobnost održavanja ravnoteže u nestabilnim uvjetima stoga je dinamička posturografija pouzdanija za procjenu ravnoteže od sustava i testova koji to rade u statičkim uvjetima. No u primjeni svakako treba koristiti one mjerne instrumente koji su primjereni ispitaniku, zahtjevima trenera ili kinezioterapeuta a opet dostupni i provedivi. Stoga se u odgojnom i obrazovnom sustavu vrlo često koriste standardizirani testovi **MBAU20, MBAU10, MBAP20, MBAP10, MBAU2Z, MBAU1Z, MBAP2Z i MBAP1Z**. Mjerni instrument **Y-balance test** je korišten za procjenu motoričke izvedbe, pokazuje funkcionalnu simetriju i identificira mogući rizik od ozljede gornjih i donjih ekstremiteta kao i **Star excursion balance test (SEBT)** koji se koristi za procjenu fizičke performanse, ali može se koristiti za procjenu deficita posturalne kontrole u dinamičnim uvjetima zbog koštano-mišićnih ozljeda, za identifikaciju sportaša na veći rizik ozljeda donjeg ekstremiteta, kao i tijekom rehabilitacije ortopedskih ozljeda kod zdravih aktivnih odraslih osoba. Kod djece i odraslih Nintendo Wii konzola i test stillness pokazuju dobre rezultate za procjenu ravnoteže i zbog jednostavnosti primjene i njima zanimljive provedbe. Sportaši i aktivni rekreativci trebaju puno više podataka o ravnoteži i gibanjima OCT te o silama na podlozi koju projiciraju u dvije osi, ubrzanju, brzini i svim ostalim parametrima koje današnji sofisticirani uređaji mogu mjeriti te se koriste **Optojump GYKO sustav i BIODEX Balance System**. Kako je u području mjerenja sta-

tičke ravnoteže ili održavanja ravnotežnog položaja na stabilnim ili nestabilnim podlogama konstruirano mnogo mjernih instrumenata, dinamička ravnoteža i uspostavljanje ravnoteže je od posebne važnosti za visoku sportsku i natjecateljsku izvedbu. U budućnosti bi trebalo procijeniti ravnotežu kao sposobnost uspostavljanja ravnotežnog položaja na nestabilnoj podlozi u testu naskok na mini trampolin, ili na poluloptu u odnosu na vrijeme uspostavljanja ravnoteže, oscilacije i prijedeni put OCT i veličine projicirane sile na podlogu što bi u metodici treninga ravnoteže stvorilo nove razvojne mogućnosti.

Primijeniti vježbe za razvoj ravnoteže neophodno je u radu kako sa rekreativnim sportašima tako i s vrhunskim sportašima. Dijagnostika i analiza podataka dobivenih na mjernim instrumentima može ukazati na različite asimetrije lokomotornog sustava koje se manifestiraju u opsegu pokreta ili projekciji i brzini kretanja OCT što zasigurno utječe na kvalitativnu izvedbu tehničko-taktičkog elementa igre a samim time i sportaševu smanjenu natjecateljsku učinkovitost. Kako su opterećenja na lokomotorni sustav u vrhunskom sportu izrazito visoka uključenjem treninga ravnoteže u trenažni proces smanjuje se broj ozljeda u sportu jednako tako i u rehabilitaciji operativnih zahvata skraćuje se vrijeme oporavka i uključenja sportaša u trenažni proces. Situacijsku učinkovitost i uspjeh sportaša uvjetuje izvedba tehničkog elementa određenog sporta a na temelju dobivenih podataka može se utjecati i na ispravljanje pogrešaka izvođenja kretne strukture u cjelini ili djelomično te poboljšati performanse sportaša.

Literatura

1. Bass, R.I. (1939). An analysis at the components of semicircular canal function and of static and dynamic balance, *Research quarterly*.
2. Faigenbaum, A.D., Myer, G.D., Fernandez, I.P., Carrasco, E.G., Bates, N., Farrell, A., Ratamess, N.A., Kang, J. (2014). Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(2), 140.
3. Fleichman, E.A., Hempel, W.E. (1956). Factorial analysis of complex psychomotor performance and related skills, *Journal of Applied Psychology*, 96.
4. Fleichman, E.A. (1964). The structure and measurement of physical fitness. Englewood cliffs, Prentice-hall.
5. Hannaford, C. (2007). Pametni pokreti. Ostvarenje, Buševac.
6. Ismail, A.H., Gruber, J.J. (1967) Motor aptitude and intellectual performance. Ch.E.Merrill Books, Columbus, Ohio.
7. Ismail, A.H., Kane, J., Kirkendall, D.R. (1969). Relationships among intellectual and nonintellectual variables. *Research quarterly*, 1.
8. Koen, A.P., Lemmink, H.K., Mathieu de Greef, H.G., Piet Rispens, P., Stevens, M., (2001). Reliability of Groningen Fitness Test for the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 9, 194-212.
9. Kurelić, N., Momirović, K., Stojanović, M., Šturm, J., Radojević, Đ., Viskiće Štalec, N. (1971). Praćenje rasta, funkcionalnih i fizičkih sposobnosti djece i omladine SFRJ, Institut za naučna istraživanja FFV, Beograd.
10. Milanović, D. (2013). Teorija treninga, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
11. Momirović, K., Viskiće, N., Horga, S., Bujanović, R., Wolf, B., Mejovšek, M. (1970) Faktorska struktura nekih testova motorike. *Fizička kultura*, 5-6.
12. Neljak, B. (2013) Opća kineziološka metodika. Zagreb, Gopal d.o.o.

13. Phillips, M. (1949) Study of the series of physical education test by factor analysis, *Research quarterly*.
14. Prskalo I. (2004) Osnove kineziologije, Visoka učiteljska škola, Udžbenik za studente učiteljskih škola.
15. Sekulić, D., Metikoš, D. (2007) Osnove transformacijskih postupaka u kineziologiji – Uvod u osnovne kineziološke transformacije, Sveučilište u Splitu – udžbenik.
16. Shumway-Cook, A., Anson, D., Haller, S. (1988). Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Archives of Physical Activity and Rehabilitation*, 69, 395-400.
17. Tkalčić, S., Hošek, A., Šadura, T., Dujmović, P. (1974). Metrijske karakteristike mjernih instrumenata za procjenu faktora ravnoteže. *Kineziologija*, 2.
18. Despina, T., George, D., George, T., Sotiris, P., Alessandra, D.C., George, K., Maria, R., Stavros, K. (2014). Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Human Movement Science*, 33, 149-58.
19. De Miguel-Etayo, P., Gracia-Marco, L., Ortega, F.B., Intemann, I., Foraita, R., Lissner, L., Oja, L. (2014). Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study, *International Journal of Obesity*, 38, 57–66.
20. Paul, P., Gorman, P.P., Butler, R.J., Plisky, P.J., Kiesel, K.B (2012). Upper quarter y – balance test: reliability and performance comparison between genders in active adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 3043-8.
21. Sabin, S., Szabo, D.A, (2015). Testing agility and balance in volleyball game. Skinuto s internetske adrese: <https://www.researchgate.net/publication/282031425>.
22. Gregov, C., Jukić, I., Milanović, L. () Kondicijska priprema u funkciji prevencije ozljeda prednje ukrižene sveze. *Kondicijski trening*, 12(1), 45-55.
23. Claggs, S., Paterno, M.V., Hewett, T.E., Schmitt, L.C. (2015) Performance on the modified Star excursion balance test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(6).
24. Sekulić, D., Spasić, M., Mirkov, D., Cavar, M., Sattler, T. (2012). Gender specific influences of balance, speed and power on agility performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 802-811.
25. Plisky, P.J., Rauh, M.J., Kaminski, T.W., Underwood, F.B. (2006). Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players, *Journal of Orthopedics in Sports and Physical Therapy*, 36 (12).