Objektivizacija stanja ravnoteže primjenom terenskih i laboratorijskih testova

Tranfić, Ilija

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:176:806076

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Sveučilišni odjel zdravstvenih studija
SVEUČILIŠTE U SPLITU

Repository / Repozitorij:

Repository of the University Department for Health Studies, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
Podružnica
SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
FIZIOTERAPIJA

Ilija Tranfić

OBJEKTIVIZACIJA STANJA RAVNOTEŽE PRIMJENOM TERENSKIH I LABORATORIJSKIH TESTOVA

Završni rad

Split, 2021.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

Podružnica

SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA

PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ

FIZIOTERAPIJA

Ilija Tranfić

OBJEKTIVIZACIJA STANJA RAVNOTEŽE PRIMJENOM TERENSKIH I LABORATORIJSKIH TESTOVA

STATE OF BALANCE OBJECTIVIZATION BY THE APPLICATION OF FIELD AND LABORATORY TESTS

Završni rad/Bachelor's Thesis

Mentor:

Prof. dr. sc. Damir Sekulić

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu

Sveučilišni odjel zdravstvenih studija

FIZIOTERAPIJA

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Mentor: prof. dr. sc. Damir Sekulić

OBJEKTIVIZACIJA STANJA RAVNOTEŽE PRIMJENOM TERENSKIH I LABORATORIJSKIH TESTOVA

Ilija Tranfić, 511124

Sažetak: Ravnoteža je jedna od najvažnijih sposobnosti ljudskog organizma koja sudjeluje u izvršavanju praktički svih lokomotornih radnji. Nju čine brojne međusobno povezane anatomske cjeline. Testiranje ravnoteže je od velike važnosti u raznim populacijama, osobito kod sportaša i zdravstveno rizičnih skupina. Osnovna podjela tih testova je na terensku i laboratorijsku. Ovaj rad analizira randomizirane kliničke pokuse u kojima se koriste ti testovi. U analizi smo pažnju obratili na potrebe mjerenja za koje su testovi korišteni, uspoređene su populacije nad kojima su ti testovi provedeni te njihove eventulane modifikacije. Pozornost je obraćena i na pitanje sigurnosti provedbe.

Ključne riječi: ravnoteža, terenski, laboratorijski, testiranje, vestibularni

Rad sadrži: 34 stranice, 15 slika, 1 tablica, 0 priloga, 34 literaturne reference

Jezik izvornika: hrvatski

BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR'S THESIS

University of Split

Univeristy Department for Health Studies

PHYSIOTHERAPY

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Supervisor: prof.dr.sc. Damir Sekulić

STATE OF BALANCE OBJECTIVIZATION BY APPLICATION OF FIELD AND LABORATORY TESTS

Ilija Tranfić, 511124

Summary: Balance is one of the most important abilities of human organism which takes part in executing practically all locomotor actions. It is consisted of a number of interconnected anatomical parts. Balance testing is of great importance in various populations, especially in athletes and in people of endangered health. Basic distinction is on field and laboratory tests. This paper analyzes randomized controlled trials in which these tests are used. In the analysis we observed the specific parameters that were measured by each test. Populations that were tested were compared. Also possible modifications of certain tests were analyzed. The notion of safety was also paid attention to.

Keywords: balance, field, laboratory, testing, vestibular

Thesis contains: 34 pages, 15 figures, 1 table, 0 supplements, 34 references

Original in: Croatian

SADRŽAJ

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA I

BASIC DOCUMENTATION CARD.....II

SADRŽAJ III

1. UVOD 1

1.1 Ravnoteža..... 1

1.2 Anatomija i fiziologija 2

1.2.1. Vestibularni sustav 2

1.2.2. Somatosenzorni sustav 4

1.2.3. Osjet vida..... 5

2. TESTIRANJE RAVNOTEŽE 6

2.1. Rizične skupine..... 6

2.1.1. Rehabilitacija bolesti..... 6

2.1.2. Starija populacija..... 7

2.2. Sportaši..... 7

2.2.1. Trening..... 7

2.2.2. Prevencija..... 7

2.2.3. Oporavak 8

3. PODJELA 9

3.1. Terenska testiranja 9

3.2. Laboratorijska testiranja 14

4. PREGLED LITERATURE 18

4.1. Terenski testovi **21**

4.2. Laboratorijski testovi **22**

4.2.1 Mjerenje centra pritiska **22**

4.2.2. Mjerenje granice stabilnosti **24**

4.2.3. Ostala mjerenja **25**

4.2.4. Osiguranje od pada **26**

5.ZAKLJUČAK **27**

6. LITERATURA **28**

7. ŽIVOTOPIS **33**

8. POPIS KRATICA **34**

1. UVOD

1.1 Ravnoteža

Ravnoteža je stanje u kojem težište tijela okomito pada na bazu oslonca istog tijela, što omogućava zadržavanje položaja. U biomehaničkom smislu, ravnoteža je sposobnost zadržavanja linije gravitacije tijela unutar baze oslonca uz minimalan posturalni otklon (eng. *postural sway*) (1). Posturalni otklon, odnosno pomicanje u odnosu na prethodni ravnotežni položaj, je nužan i neizbježan zbog konstantnih malih perturbacija unutar samog tijela (disanje, prebacivanje težine se jednog stopala na drugo) ili zbog nekih vanjskih podražaja. omogućava odupiranje ljudskog tijela gravitaciji te zauzimanje položaja koji omogućava najefikasnije izvođenje neke motoričke radnje. U svakodnevnom životu ravnoteža je dakako neizostavna sposobnost, a o kvaliteti njene razvijenosti uvelike ovisi rizik od ozljeđivanja kod sportskih aktivnosti te kakvoća zdravlja starije populacije. U istom ili sličnom značenju koriste se pojmovi posturalna stabilnost, posturalna kontrola, ekvilibrij, ekvilibriocepcija (2).

Dvije najčešće podjele ravnoteže su:

1. Na statičku i dinamičku:

   -Statička: sposobnost zadržavanja linije gravitacije tijela unutar baze oslonca uz minimalan posturalni otklon, podrazumijeva izostanak voljnih kretnji i stabilnu podlogu

   -Dinamička: sposobnost izvršavanja motoričkog zadatka uz zadržavanje stabilnosti
2. Na onu otvorenih i zatvorenih očiju

1.2 Anatomija i fiziologija

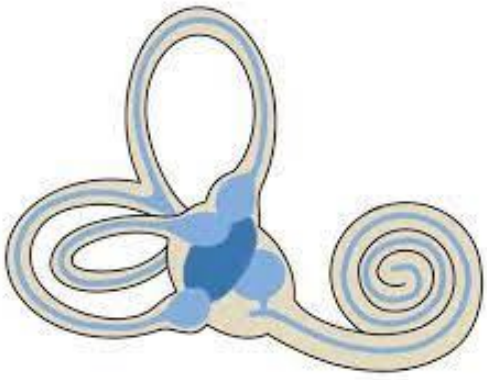
Sposobnost održavanja ravnoteže nije sačinjena od jednog izdvojenog sustava u organizmu, već se ostvaruje kompleksnim međudjelovanjem više različitih osjetnih i lokomotornih mehanizama. Glavni izvori osjeta su vestibularni susutav, somatosenzorni sustav i osjet vida (3).

1.2.1. Vestibularni sustav

Vestibularni sustav je dio unutarnjeg uha, a sastoji se od dvaju struktura unutar koštanog labirinta srednjeg uha, polukružnih kanalića i vestibula, te struktura membranoznog labirinta koji se nalazi u njima (4).

Polukružni kanalići registriraju rotacijsko ubrzanje. Tri polukružna kanalića se, u skladu s njihovim položajem, nazivaju gornji, horizontalni i stražnji. Gornji i stražnji kanalić se položeni u dijagonalnim vertikalnim ravninama koje se sijeku pod pravim kutom. Svaki kanalić ima prošireni kraj, ampulu, koji se otvara u vestibul. Ampule gornjeg i horizontalnog kanala su položene blizu jedna drugoj, neposredno poviše tzv. ovalnog prozora, dok se stražnja ampula otvara na suprotnoj strani vestibula (4). Drugo krajevi horizontalnog i gornjeg kanalića se udružuju i formiraju zajednički završetak u vestibulu. Drugi kraj stražnjeg kanalića također završava u vestibulu, te vestibul tako završava kružnu povezanost za svaki od kanalića. Svaka membranozna ampula sadržava tzv. kristu, osjetni organ. Ona je pokrivena neuroepitelom, sa stanicama trepetljika i potpornim stanicama. Iz kriste se izdiže želatinozna struktura, kupula, koja dijeli unutrašnjost ampule na dva otprilike jednaka dijela. Trepetljike, odnosno kinocilije i stereocilija, izlaze iz svojih stanica u kupulu, zauzimajući paralelne kanale (4). Tako je kupula vezana za kristu kao svoju bazu ali se može slobodno kretati u prostoru u odnosu na utrikul. Tekućina koja se nalazi u kanalićima se zbog inercije pokreće u smjeru suprotnom od rotacijskih pokreta glave u slučaju istih, te stvarajući pritisak na ampulu pokreće kupulu. Cilije se kreću zajedno s kupulom te tako utječu na povećanje ili smanjenje intenziteta signala kojeg vestibularni živac šalje prema moždanom deblu

depolarizirajući ili hiperpolarizirajući aksone, ovisno o smjeru svog gibanja. Polukružni kanalići se uvijek aktiviraju u parovima, po jedan na svakoj strani za odgovarajući pokret.



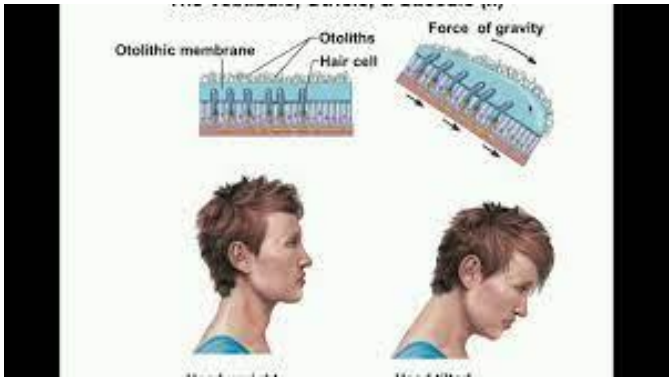
Slika 1. Vestibularni sustav

Izvor: https://www.neuroscientificallychalleged.com

Dvije membranozne vreće u vestibulu su utrikul i sakula, također zajednički nazvani otolitni organi. Oni detektiraju položaj glave i linearno ubrzanje. Građeni su slično kao i makule, s razlikom da imaju naslagu kristalića kalcijeva karbonata na vrhu želatinaste mase koju pokreće s istim učinkom kakav je i kod djelovanja tekućine polukružnih kanalića na kupulu. S obzirom na to da odgovaraju na silu gravitacije, zovu se i gravitacijski receptori. Svaki otolitni organ na svojoj unutarnjoj površini ima nakupinu osjetnih stanica koja prati poziciju glave u odnosu na vertikalu. Sastoje se od neuroepitela, koji je sačinjen od potpornih i osjetnih stanica, kao i od bazne membrane, živčanih vlakana, živčanih završetaka, te vezivnog tkiva (4). Osjetne stanice pružaju cilije, tjelešca nalik trepetljikama. Stereocilije su krute dok su kinocilije fleksibilne. Živčana vlakna dolaze iz gornjeg, tj. vestibularnog, dijela vestibulokohlearnog živca.

Iz svake svoje stanice u vestibularnim organima izlazi snop trepetljika, kojeg čini oko 100 nepokretnih stereocilija različitih duljina i jedna pokretna kinocilija. Ta jedna kinocilija, koja je veća i dulja od stereocilija, izlazi iz nekutikularnog područja stanične membrane s jedne strane kutikularne ploče. Najdulje stereocilije su najbliže kinociliji. Tračci sitnih filamenata povezuju vrhove i tijela stereocilija jedno za drugo. Kada je snop

cilija nakošen – npr. zbog naginjanja glave – one su stimulirane da mijenjaju gustoću živčanog signala kojeg stalno šalju preko vlakana vestibularnog živca u moždano deblo.



Slika 2. otolitni organi

Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=5iZAnn5HlVw

1.2.2. Somatosenzorni sustav

Somatosenzorni sustav prvenstveno podrazumijeva osjete dodira i propriocepcije (5).

Osjet dodira nastaje u različitim, više ili manje specijaliziranim receptorima na površini kože i ispod nje, aferentnim živčanim vlaknima ide prema cnsu.

Propriocepcija je osjet kretnji i položaja dijelova tijela. Senzorna vlakna tipa Ia su zadužena za osjet brzine i kretanja, a neuroni II grupe za statičku duljinu mišića (6). Ta dva tipa neurona zajedno čine mišićna vretena. Neuroni tipa IIb u Golgijevom tetivnom aparatu služe za određivanje opterećenja na udu. Tu su također i Ruffinijevi završeci i Pacinijeva tjelešca, koji primjećuju kada je zglob u određenom položaju (7).

1.2.3. Osjet vida

Iako ravnotežu možemo održavati zatvorenih očiju, vizualne informacije su važan faktor u stvaranju svijesti o položaju tijela i predviđanju pokreta (3).

Za uspješno održavanje ravnoteže je bitan i vestibulo-okularni refleks (VOR). Pomoću njega mišići očiju preko aktivacije vestibularnog sustava kompenziraju i najmanje pokrete glave (kakvi se neprestano događaju) tako što pomiču oči u smjeru suprotnom od njihovog, te tako omogućavaju zadržavanje smjera pogleda (8). VOR ima i translacijske i rotacijske aspekte. Polukružni kanalići osiguravaju rotacijsku, a otolitni organi translacijsku komponentu. Da bi se osigurala jasna slika, pokreti glave moraju biti kompenzirani gotovo trenutno. Signali se iz polukružnih kanalića šalju preko svega tri neurona, što rezultira zaostajanjem manjim od 10 ms. To ga čini jdnim od najbržih refleksa u ljudskom tijelu.

Informacije iz svih izvora osjeta se sakupljaju i obrađuju u malom mozgu, gdje značajnu ulogu ima vermis, njegov dio koji se nalazi između dvaju polutki. Dalje mali mozak upravlja radom mišića kao bi tijelo ostalo u ravnotežnom položaju (3).

2. TESTIRANJE RAVNOTEŽE

2.1. Rizične skupine

2.1.1. Rehabilitacija bolesti

Važnost testiranja ravnoteže u rehabilitaciji ćemo objasniti na primjeru moždanog udara. Moždani udar je bolest kod koje dolazi do trajnog oštećenja moždanog tkiva uslijed odumiranja stanica uzrokovanog ishemijom ili krvarenjem (9). Posljedice na lokomotorni sustav se prezentiraju kao djelomična ili potpuna oduzetost na jednoj polovici tijela, što ovisno o težini bolesti može rezultirati problemima kao što su manje smetnje u hodu u lakšim, ili nemogućnost hoda i znatno otežane svakodnevne aktivnosti u najtežim slučajevima (10). U rehabilitaciji nastojimo iskoristiti preostale neuromuskularne resurse bolesnika, kao i potaknuti aktivaciju svojstva neuroplastičnosti, tj. stvaranja novih neuronskih veza različitim mehanizmima.

U terapiji se fokusiramo na oporavku sposobnosti koje će omogućiti što bolje funkcioniranje bolesnika u aktivnostima svakodnevnog života, dakako inzistirajući pritom na sigurnosti više nego na brzini obavljanja zadataka. Sustavno testiranje ravnoteže bolesnika u procesu rehabilitacije stoga je od velike važnosti zbog kako samog inicijalnog oblikovanja terapije, tako i kasnijeg praćenja rezultata i prilagođavanja iste, te naposlijetku zbog definiranja konačnog stanja pacijenta i određivanja uputstava za nastavak samostalnog života.

Jedan od prvih ciljeva je uspostaviti ravnotežu u sjedećem položaju. Tako omogućavamo zadovoljavajuću funkciju pluća i početni položaj za ustajanje. U to položaju također radimo i prve testove ravnoteže. U stojećem radimo na statičkoj ravnoteži. U trenutku kada testiranjem iste ustanovimo da pacijent zadovoljava uvjete za iduću fazu rehabilitacije, počinjemo raditi na hodanju. U vježbanju hoda fokusiramo se na koračanje prema naprijed i okretanje u mjestu. U koračanju prema naprijed posebnu pažnju usmjeravamo fazi iskoraka zdravom nogom, odnosno oslonca na bolesnu. U tom trenutku je tijelo svom težinom oslonjeno na bolesnu nogu, te je dinamička ravnoteža pacijenta je ključna. U naprednoj fazi radimo i na ravnoteži zatvorenih očiju.

2.1.2. Starija populacija

Kod starije populacije, testiranje ravnoteže je sastavni dio treninga prevencije pada, ali se također može koristi i kao mjerilo opće fizičke spreme, s obzirom da je ravnoteža, a pogotovo u starijoj dobi, od velike važnosti za uspješno funkcioniranje cjelokupnog lokomotornog sustava.

Jedna od najtežih posljedica pada u starijih je lom kuka, koji zahtjeva dugotrajnu i skupocjenu rehabilitaciju, a pritom taj proces nerijetko završava invaliditetom ili smrću (11).

2.2. Sportaši

U sportu dijagnostiku ravnoteže koristimo u samom treningu specifičnih sportskih vještina, u svrhu prevencije ozljeda te u procesu oporavka od istih.

2.2.1. Trening

Uspješnost u izvedbama kod brojnih sportova uvelike ovisi o razini razvijenosti sposobnosti ravnoteže, pri čemu je za različite sportove naglasak na različitim oblicima ravnoteže. Statička ravnoteža je izrazito bitna u streljaštvu, dok je dinamička ključna u sportovima slobodnog stila kao što su snowboard, skateboard i jedrenje na dasci. U penjanju, planinarenju, umjetničkom klizanju i hokeju na ledu je od velike važnosti kontrola centra mase. Ravnoteža u sjedećem položaju je bitna kod veslanja, kajak-kanua i konjičkih sportova. Dobra kontrola centra mase je također važna za izvedbu u dizanju utega, golfu i bacačkim sportovima. U ovom kontekstu također treba spomenuti i borilačke sportove kao što su mačevanje, boks, judo ili hrvanje (12).

2.2.2. Prevencija

U prevenciji ozljeda naglasak se stavlja na trening dinamičke ravnoteže.

Kod sportova koji zahtijevaju akrobatske sposobnosti (gimnastika, akrobatski rock'n'roll, umjetničko klizanje) kao i onih koji uključuju brojne okomite skokove (košarka, odbojka), vertikalne sile pri doskoku uz manjak ravnoteže često uzrokuju

ozljede gležnja. S druge strane, kod sportova koji iziskuju nagle i nepredvidive postranične i rotacijske pokrete (tenis, badminton, nogomet, rukomet) nedostatna ravnoteža često rezultira povredama koljena (12).

Naravno, dobra ravnoteža je ključna i za izbjegavanje bilo kojih drugih povreda, bilo zbog samog lošeg prijenosa opterećenja, ili kao rezultat pada.

2.2.3. Oporavak

U procesu oporavka od ozljeda također se koristi redovito i sustavno testiranje ravnoteže, što zbog njene velike važnosti u sportskoj izvedbi o kojoj smo već pričali, što zbog činjenice da samim ozljedama često bude pogođen i neki anatomski dio sustava za održavanje ravnoteže. Najčešće se radi o ozljedama ligamenata donjih udova, ali zapravo svaka ozljeda lokomotornog sustava može narušiti sposobnost ravnoteže, pogotovo ako su njome zahvaćeni proprioceptori ili više razine živčanog sustava. U pravilu se u početku se trenira, pa tako i usporedno testira statička ravnoteža, te se nakon zadovoljavajućih rezultata prelazi na dinamičku. O specifičnostima sporta ovisi koliko će se inzistirati na održavanju ravnoteže zatvorenih očiju.

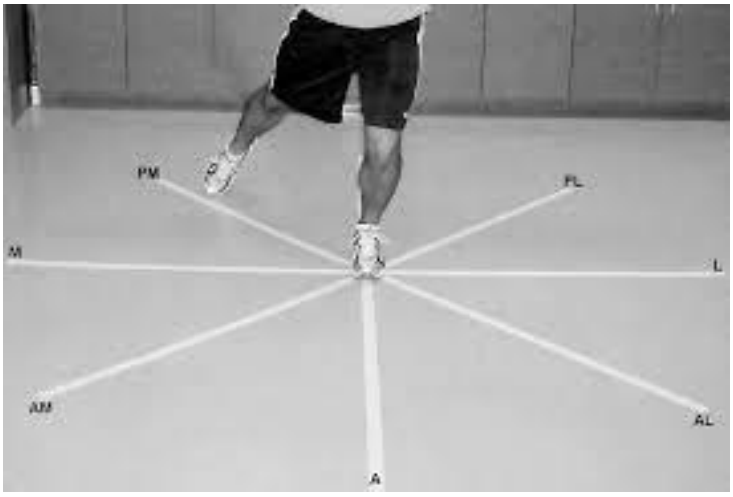
3. PODJELA

Kao i većina mjernih procedura u kineziologiji, dijagnostika ravnoteže se može podijeliti na terensku i laboratorijsku.

3.1. Terenska testiranja

Terenska mjerenja ravnoteže su vrlo jednostavno koncipirana. Ne zahtijevaju uporabu visoke tehnologije već samo osnovne dvoranske opreme, i eventualno asistenta. Kod terenskih testova je problematično što isti test pri jednoj provedbi može polučiti rezultate visoke preciznosti, a pri drugoj potpuno suprotne. To je iz razloga što preciznost terenskog testa uvelike ovisi o razini obučenosti mjeritelja. Jednako vrijedi i za pouzdanost. Unatoč svim nedostacima, terenska mjerenja se redovito primjenjuju. To je primarno posljedica njihove primjenjivosti i jeftinosti. Naime, terenski testovi ne zahtijevaju posebne uvjete provođenja ili skupu opremu, te se redovito mogu primjenjivati na svim populacijama, omogućujući pritom testiranje velikog broja ispitanika u maloj količini vremena. Sljedećim terenskim testovima će se baviti ovaj pregled:

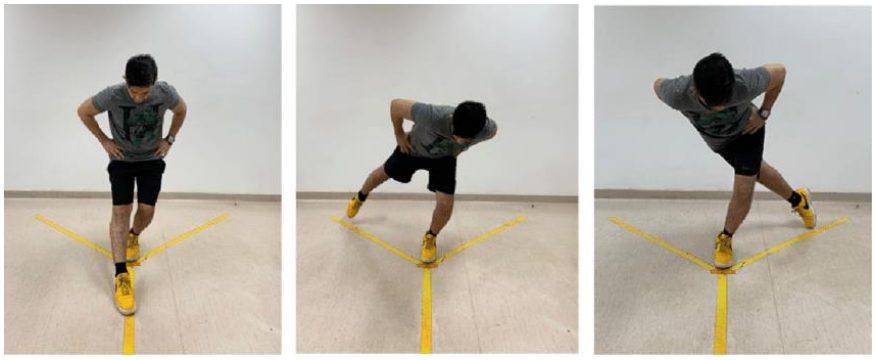
Star excursion balance test (SEBT) - ispitanik mora nogom doseći što veću udaljenost od stajaće u 8 označenih smjerova, označenih linijama postavljenima tako da svaka sa susjednom čini kut od 45° (13). Jedan je od testova ravnoteže koji se najčešće koriste među sportašima.



Slika 3. Star excursion balance test- SEBT

Izvor: https://www.researchgate.net/

Y Balance test (preciznije *Lower quarter balance test*- onaj o kojem će u ovom radu biti riječ). Tokom njega ispitanik stoji na jednoj nozi, a drugom pravocrtno pokušava doseći što veću udaljenost od stajaće noge u tri različita smjera: anteriorni, posteromedijalni i lateromedijalni. Posteromedijalni i posterolateralni su postavljeni pod kutem od 135° u odnosu na anteriorni. Razvijen je kao pojednostavljena verzija SEBT-a, te se smatra dobrim za korištenje u svrhu prevencije ozljeda (14). Izvodi se pomoću korištenja samoljepive trake ili pak specijalnog postolja.



Slika 4. *Y Balance test* ili *Lower quarter balance test*

Izvor: https://www.researchgate.net/



Slika 5. *Y Balance test* ili *Lower quarter balance test*

Izvor: https://www.scielo.br/j/rbfis/a/KkdH9VthB37pRS9g4PxtGSt/?lang=en

Push and release test (PRT) se izvodi tako da se ispitanik koji stoji na nogama leđima nasloni na dlanove ispitivača, koji dlanove naglo zatim povuče k sebi, te promatra reakciju ispitanika (15). Ona se potom stupnjuje od najbolje prema sljedećim kriterijima:

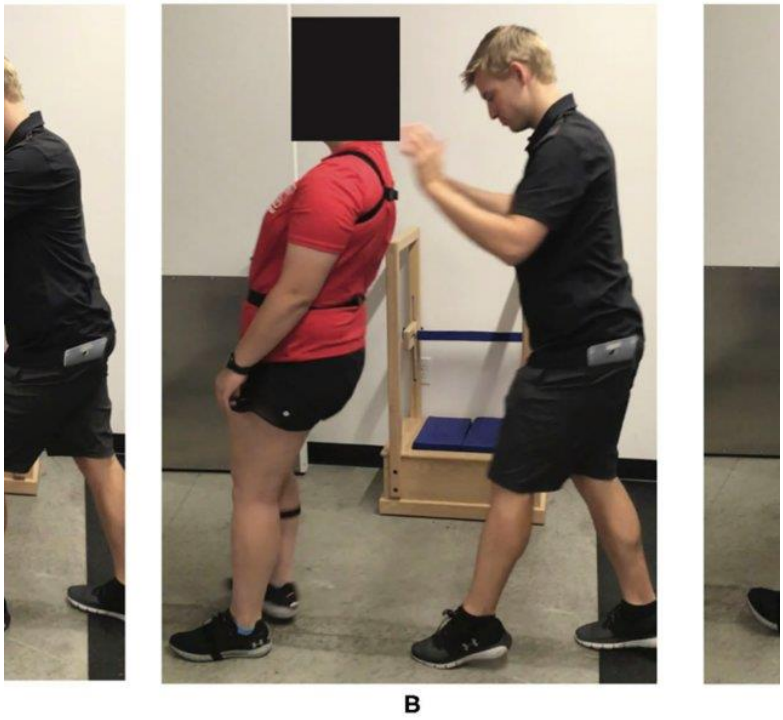
0 – ispitanik samostalno povraća ravnotežu jednim normalnim korakom unatrag

1 – dva ili tri manja koraka unatrag, ali samostalno održi ravnotežu

2 – četiri ili više koraka unatrag, ali samostalno održi ravnotežu

3 – korača unatrag i treba mu pomoć da bi se spriječio pad

4 – pada bez ikakvog pokušaja povraćanja ravnoteže ili uopće ne može stajati samostalno bez asistencije



Slika 6. *Push and release test* (PRT)

Izvor: https://www.researchgate.net

Berg balance test (BBS) je ljestvica koja se koristi u svrhu objektivizacije stanja ranoteže. Ispitanik obavlja unaprijed određene zadatke, što se boduje u 14 kategorija od 0 do 4 boda.

Timed-up and go test (TUG) – određuje rizik od pada i stanje ravnoteže, ustajanja i hoda. Provodi se tako da se mjeri vrijeme koje je potrebno ispitaniku da se ustane sa stolice, hoda 3 metra, okrene se, vrati natrag do stolice i sjedne. Najčešće se primjenjuje na starijoj populaciji (16).

Balance evalutaion systems test (BESTtest) – kompleksan sustav testiranja koji za cilj ima odrediti u kojem od 6 pretpostavljenih sustava je problem koji u konačnici narušava sposobnost ravnoteže. Ti sustavi su: biomehanička ograničenja, granice stabilnosti/vertikalnost, anticipatorni odgovori, posturalni odgovori, senzorna orijentacija, stabilnost u hodu. Postoji i manje opsežna verzija, tzv. mini BESTest (mBEST).

Short physical performance battery (SPPB) – skup mjerenja koji kombinira rezultate brzine hoda, ustajanja sa stolice, i ravnoteže. Uglavnom služi za predviđanje nesposobnosti i praćenje zdravlja starijih ljudi.

Mctsib - ovaj test služi za utvrđivanje koliko dobro se osoba služi određenim osjetom pri održavanju ravnoteže dok je za neki drugi osjet uskraćena.

Flamingo test – u početnom položaju ispitanik je bos s objema nogama na podu. Ispitanik zatim ostaje na jednoj nozi te stopalo druge stavlja na koljeno stajaće, te se diže na prste. Pokušava što dulje zadržati taj položaj. Postoje različite varijacije ovog testa (zatvorenih očiju, ili pak na punom stopalu – pogodnije za stariju populaciju), te se može izvoditi neovisno o fizičkoj formi. U engleskom govornom području se naziva Standing stork test (SST)



Slika 7. Flamingo test

Izvor: https://quizlet.com/

(*Balance error scoring system*) BESS test – niz testova izvorno osmišljen za procjenu potresa mozga kod sportaša. Testira se stav na jednoj nozi, na obje i s jednim stopalom ispred drugog, svaki na spužvastoj i na tvrdoj podlozi.

3.2. Laboratorijska testiranja

Laboratorijska mjerenja nastala su zahvaljujući razvitku tehnologije. Suprotno terenskim, uglavnom su financijski i vremenski zahtjevna, ali su zato znatno bolje preciznosti i pouzdanosti. Pripisuje im se velika preciznost jer, ako se ispravno provode, vrlo jasno prikazuju razliku između ispitanika koji su u njima sudjelovali. To znači da osim izravne usporedbe ispitanih po rezultatima također točno određuju i veličinu razlike između njih.

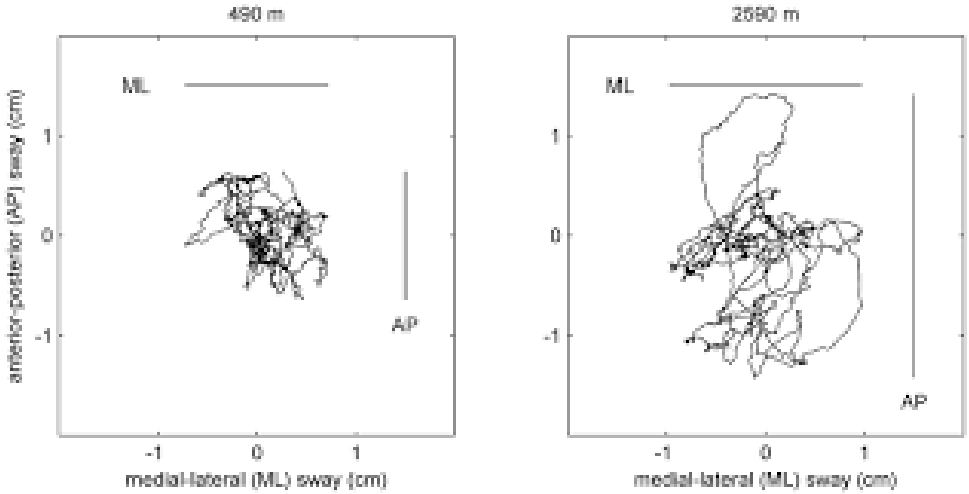
Uz navedeno, ovi su testovi i jako pouzdani. Drugim riječima, pogreške u mjerenju su izrazito male, te će ponovljena testiranja na istom ispitaniku proizvesti međusobno približno jednake rezultate.

Jedna od negativnih odlika laboratorijskih mjerenja je što su generalno zahtjevna za provedbu. Nadalje, zahtijevaju korištenje nerijetko skupocjene opreme, te iziskuju visok stupanj obučenosti onoga koji ih provodi. Uz to što često zahtijevaju velika financijska sredstva, također potroše mnogo vremena, jer se može testirati samo jedan ispitanik u datom trenutku. Zbog svih navedenih prednosti i nedostataka, ovakve metode ispitavnja se najčešće koriste kod sportaša gdje je bitno izolitrati pojedine elemente njihove izvedbe, ili kod zdravstveno rizičnih skupina, kod kojih je potrebna visoka razina sigurnosti.

Kada pričamo o laboratorijskom testiranju ravnoteže, uglavnom se radi o uređajima koji se sastoje od pokretne ili nepokretne ploče na kojoj ispitanik stoji, a koja očitava promjene pritiska, softvera koji te informacije obrađuje te sučelja na kojem se one prikazuju i preko kojeg se upravlja uređajem. Postoji nekoliko bitnih parametara:

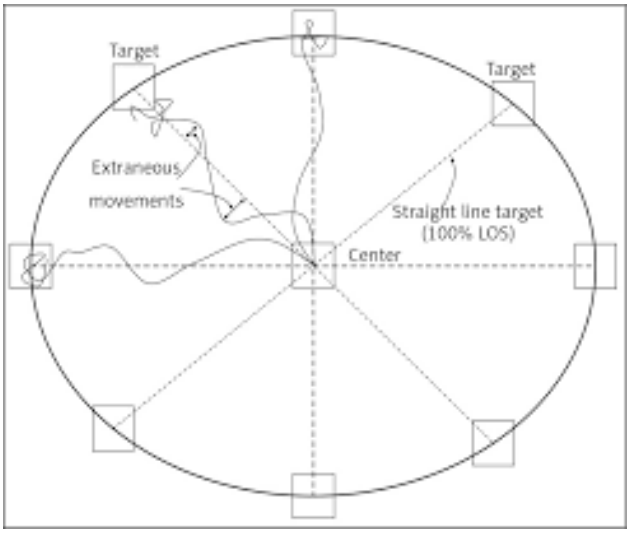
1. Centar pritiska – CoP (*center of pressure*) – označava imaginarnu mjesto na kojem bi bio pritisak cijelog tijela preko tabana da je koncentriran u jednu točku. Također se opisuje i kao točka u koju je usmjeren vektor sile reakcije podloge, odnosno zbroja svih sila koje djeluju između ljudskog tijela i podloge (17).
2. Granica stabilnosti – LoS (*limit of stability*) – opisujemo kao točke u kojima centar gravitacije dodiruje granice baze oslonca. Drugim rječima, ta mjera opisuje koliko se pojedinac u stojećem položaju nagnuti u svim smjerovima bez da izgubi ravnotežu ili učini korak (18).

3. Posturalni otklon (*postural sway*) – horizontalni pokret oko centra gravitacije, izračunava se iz CoP-a (19).



Slika 8. Centar pritiska

Izvor: https://www.researchgate.net/



Slika 9. Granice stabilnosti

Izvor: https://www.researchgate.net/

Najjednostavniji i najstariji, no također i danas često korišteni takvi uređaji su tzv. *force plate* – ploče koje mjere silu otpora podloge po jednoj ili više osi pri stajanju na njima koristeći se piezoelektričnim senzorima u svakom svom uglu. U istraživanjima se najčešće koriste one koje mjere u tri osi. Također se često koriste i u kombinaciji s videokamerama i „*motion-capture*“ sustavima.

Od naprednijih uređaja tu su *Biodex Balance System SD* te *Tecnobody Prokin 252*, „*flagship*“ modeli uređaja za trening i testiranje ravnoteže svojih proizvođača. To su veliki uređaji načinjeni od postolja na kojem se nalazi balansna ploča koja može biti nepokretna (statička ravnoteža) ili pokretna (dinamička ravnoteža), i koja vrlo precizno i pouzdano detektira promjene pritiska, rukohvata te ekrana u visini očiju preko kojeg se test programira i preko kojeg ispitanik dobiva povratnu informaciju o svom učinku u realnom vremenu.



Slika 10. *Force plate*-ploče koje mjere silu otpora podloge

Izvor: https://summitmedsci.co.uk/



Slika 11. *Biodex balance system SD*

Izvor: https://www.biodex.com/



Slika 12. *Tecnobody prokin 252*

Izvor: https://www.linkedin.com/

4. PREGLED LITERATURE

Ovim pregledom literature usporedit ćemo različite metode objektivizacije stanja ravnoteže, načine na koje su korištene te njihove prednosti i nedostatke.

U svrhu ovog pregleda, pretražili smo bazu Pubmed. U tražilicu smo upisali „*balance testing*“, ograničili rezultate samo na RCT studije i zatim odabrali 15 radova provedenih na zdravim ispitanicima čije su glavne mjere ishoda podrazumijevale jednu ili više metoda objektivizacije stanja ravnoteže.

Tablica 1. Izabrane RCT studije

Ce et al.	43 U-11 nogometaša	Kompjutorizirana stabilometrija, kompjutorizirana platforma	12 tjedana	Trening ravnoteže poboljšava razvoj tehničkih vještina u nogometu
Schedler et al.	30 djece i 42 adolescenta	CoP path length – force plate, YBT, PRT	5 tjedana	Statična ravnoteža se lakše razvija djece nego li u adolescenata, nema razlike za proaktivnu i reaktivnu
Ozmen et al.	20 adolescentnih igrača badmintona	SEBT	6 tjedana	Jačanje mišića corea pozitivno utječe na dinamičku ravnotežu
Hammami et al.	24 nogometaša u dobi od 12 i 13 godina	Standing Stork Test, YBT	8 tjedana	Specijalni trening ravnoteže utječe na tu

				sposobnost više od običnog treninga
Steffen et al.	226 nogometašica u dobi od 13 - 18 godina	Stajanje na jednoj nozi na balance padu, SEBT	4 i pol mjeseca	Pridržavanje neuromuscular injury prevention programme - a (FIFA 11+) poboljšava ravnotežu
Willeford et al.	29 studenata igrača američkog nogometa	YBT	Jedan trening	Ni samoprijanjajuća traka ni ortoza za gležanje ne uzrokuju promjenu u dinamičkoj ravnoteži
Lynn et al.	24 volontera studentske dobi	AMTI forceplate – CoP, motion capture system, stajanje na jednoj nozi, YBT na forceplateu	4 tjedna	Short-foot vježbe za intrinzične mišie stopala bolje utječe na ravnotežu od towel-curl vježbe
Norouzi et al.	60 muškaraca starije životne dobi	Berg balance scale	12 tjedana	Dual task trening pobošljava ravnotežu kod starijih
Azarpaikan et al.	45 zdravih pripadnika starije populacije	Biodex - postural stability test i fall risk of stability test, BBS, TUG	5 tjedana	Neurofeedback trening pozitivno utječe na statičku, somatosenzorni na dinamičku ravnotežu

Morat et al.	51 pripadnik starije populacije	Posturomed – postural sway upon preturbation, YBT, TUG	8 tjedana	Vježbe iskoraka poboljšavaju ravnotežu u starijih
Tisher et al.	11 starijih odraslih	ABC, LLFDI, TUG, BBS, SPPB, mctsib	12 tjedana	Program nenadziranih vježbi kod kuće može očuvati ili poboljšati sposobnost ravnoteže kod starijih kod kojih postoji rizik od pada i koji su prethodno prošli nadzirani program vježbi
12 Anson et al.	40 starijih odraslih	BESTest, mBEST, BBS, TUG, ABC	4 tjedna	VBF hodanje po traci poboljšava ravnotežu u starijih
13 Tekin et al.	33 plesačica i plesača modernog plesa	Turn-out passe balance tests, airplane balance test, monopodalic balance tests (Libra balance board)	8 tjedana	I PN trening i primjena KT-a su bili učinkovitiji u poboljšavanju ravnoteže od običnog trening modernog plesa
14 Lopez et al.	71 malonogometaš	AMTI – postural sway, YBT	10 tjedana	FIFA 11+ program nije značajno poboljšao ravnotežu ispitanika
15 Zech et al.	6 zdravih odraslih	Stabilometrijska platforma, BESS	7 tjedana	Vježbanje s i ono bez obuće

				podjednako utječu na razvoj ravnoteže

4.1. Terenski testovi

Najzastupljeniji terenski testovi su YBT te Flamingo test.

YBT je proveden u 6 (21,23,25,26,29,34) studija, u 5 (21,23,25,26,34) od kojih su ispitanici bili adolescenti ili studentske dobi, što navodi na zaključak da su neki drugi testovi zbog veće jednostavnosti izvođenja i sigurnosti po ispitanike prikladniji za stariju populaciju. Za 4 rada znamo da je prije testiranja provedena normalizacija s obzirom na duljinu nogu, dok za preostale dvije (29,23) taj podatak nije naveden. U svima izuzev jedne je duljina mjerena od spine iliace anterior superior do medijalnog maleola (prilikom jedne od tih je dodatno korišten Weber-Barstow manevar kako bi se ujednačila zdjelica i povećala preciznost). U jednoj (26) studiji duljina noge mjerena je od velikog trohantera do poda, što ne utječe na kvalitetu usporedbe rezultata unutar studije, ali otežava onu između različitih studija. U istom radu je YBT proveden na force plateu, s primarnim ciljem određivanja kretanja centra pritiska, što će biti opisano kasnije. Broj pripremnih i testnih pokušaja varira od rada do rada, ali uglavnom se zadržava između 3 i 6. U jednom (26) radu je navedeno da su ispitanici po vlastitoj volji odredili broj pripremnih pokušaja, što je u inkonzistenciji sa svim u ovom radu obrađenim terenskim i laboratorijskim testovima.

Flamingo test, čije izvođenje u praksi inače podrazumijeva različite modifikacije, u ovdje prikazana 4 slučaja (23,24,26,32) korišten je također s varijacijama. Samo jednom (23) je korišten u osnovnom obliku. U dva rada korištena je posebna podloga, u jednom (24) obični balansni podložak, a u drugom (26) force plate, koji je istovremeno mjerio putanju centra pritiska. U preostalom radu (32), čiji su ispitanici bili plesači modernog plesa, položaj ruku nije bio na kukovima, već je odgovarao tzv. passe položaju. U jednom svom dijelu test je korišten u kombinaciji s elektroničkom oscilacijskom pločom, što će biti obrađeno u nastavku.

Timed-up and go test je također korišten u 4 navrata (28,29,30,31), uvijek kod starije populacije, što odgovara i izvornoj namjeni ovog testa. Korišten je standardni oblik testa, s izuzetkom jednog rada (29) u kojem su ispitanici dodatno morali nositi čašu vode.

Kod starije populacije redovito se koristi i BBS (27,28,30,31).

SEBT u potpunom formatu je korišten svega jednom (22) (u jednom radu je imenovan, no iščitavanjem opisa provedbe dolazi se do zaključka da se zapravo radi o YBTu, koji u svojoj biti i je pojednostavljena varijanta SEBTa), što navodi na zaključak da je YBT mnogo praktičniji, a pritom ne presudno manjkaviji po pitanju kvalitete rezultata. U navedenom radu SEBT je proveden u čarapama, nije normaliziran s obzirom na duljinu noge ispitanika, te su ispitanici isključivo bili testirani prvo stojeći na dominantnoj nozi (tj. izbor prve testirane noge nije randomiziran), što je u suprotnosti sa načinom provedbe većine terenskih testova u ovim pregledom obuhvaćenim radovima. Nisu dana objašnjenja za nijedno od navedenih odstupanja.

4.2. Laboratorijski testovi

4.2.1. Mjerenje centra pritiska

Kod laboratorijskih mjerenja najčešće uzimana mjera je pomak centra pritiska (CoP).

Najopsežnije je ispitana u radu koji se bavio povezanošću treninga ravnoteže s napretkom u specifičnim nogometnim vještinama kod U11 nogometaša (20). CoP pri statičkoj ravnoteži je testiran na uređaju „*Stability*“ proizvođača „*Tecnobody*“.

Statička ravnoteža s osloncem na oba stopala otvorenih očiju je testirana tako da je ispitanik uspravno stao na platformu uređaja, medijalnih maleola razmaknutih 5 cm i stopala 30° lateralno postavljenih u odnosu na sagitalnu ravninu. Ni u samom radu, ni u priručniku za korištenje uređaja nije obrazloženo postavljanje stopala u upravo ovaj položaj. Pogled je trebao biti fokusiran na x oznaku na ekranu ispred njega. Tokom 30 sekundi testiranja bilježeno je kretanje CoP-a. Isto mjerenje je provedeno i zatvorenih očiju.

Statička ravnoteža na jednom stopalu mjerena također tokom 30 sekundi, sa stopalom na platformi postavljenim tako da bude poravnato s sagitalnom linijom. Ako uzmemo u obzir da je ispitanik prilikom i ovog testa morao gledati u ekran koji je fiksno postavljen također u sagitalnoj liniji, možemo pretpostaviti da, ukoliko njegov prirodni položaj stopala prilikom jednonožnog stava odstupa od onog u koji je bilo postavljeno, je bio prisiljen na određenu rotaciju u trupu ili pogled ustranu, što je možebitno utjecalo na rezultate.

Mjereni su površina i opseg (ukupan put) CoP-a.

Dinamička ravnoteža je mjerna na uređaju „*Prokin*“ istog proizvođača. Test je proveden u dvonožnom i jednonožnom stavu, u istim položajima i istog trajanja kao i u prethodno opisanim procedurama. U slučaju ovog testiranja platforma je bila pomična, a zadatak je bio zadržati CoP što bliže središtu, odnosno manja disperzija CoP-a je odgovarala boljem rezultatu.

U 3 rada (21,26,33) centar pritiska je mjeren AMTI *force plateom*.

U radu u kojem se mjerila opća sposobnost ravnoteže djece i mladih u svrhu međusobne usporedbe (21), mjerenje je provedeno bez obuće, stojeći na nedominantnoj nozi, podbočenih ruku. Slično kao kod prethodno opisanih mjerenja pomaka CoP-a, pogled je bio usmjeren u oznaku na zidu i testiranje je trajalo 30 sekundi.

U istraživanju koji je za zadatak imao ispitivanje utjecaja različitih vježbi snage na intrinzičnu muskulaturu stopala (26), važno je bilo odrediti sposobnost održavanja ravnoteže u medio-lateralnom pravcu. Ti podaci su se izolirali tako da je u smjeru x osi na force plateu zalijepljena traka paralelno s kojom je postavljeno stopalo, tako da je pomak CoP-a po osi y podrazumijevao poprečan pokret. Dodatna specifičnost ovog testiranja je bila to da je force plate bio presvučen u podlogu nalik na umjetnu travu. Za mjerenje CoP-a statičke ravnoteže se koristio Flamingo test, a za dinamičku YBT na opisanom *force plateu*.

U radu koji je mjerio ravnotežu amaterskih malonogometaša (33), iz pomoću force platea utvrđenog CoP-a se upotrebom posebno pripremljene jednadžbe izračunao posturalni otklon (engl. *postural sway*).

U jednom radu je korištena „Libra“ elektronička balansna ploča (32), u suštini *force plate* koji mjeri silu po samo jednoj osi, pa su ispitanici na njoj isti test (verziju Flaminga) odrađivali uzdužno i poprečno postavljenog stopala.



Slika 13. Libra balansna ploča

Izvor: https://www.studioporsia.it/libra-easytech/

4.2.2. Mjerenje granice stabilnosti

Granica stabilnosti (LoS) je mjerena u 2 istraživanja.

U jednom (20) je radu korišten već spomenuti „*Prokin*“ uređaj. Stopala su bila postavljena paralelno, u širini kukova, a na ekranu je bilo prikazano 9 točaka: jedna u središtu, a ostale raspoređene po nepravilnom, fiziologiji ljudske ravnoteže prilagođenom obodu. Zadatak je bio prebacivajući težište pomicati kursor na ekranu od točke do točke. Mjerilo se vrijeme i duljina putanje, koja je predstavljala inklinaciju.

Isti test, uz manje detaljan opis postupka, rađen je u drugom istraživanju (9) na starijoj populaciji pomoću „*Biodex Balance SD*“ uređaja.

4.2.3. Ostala mjerenja

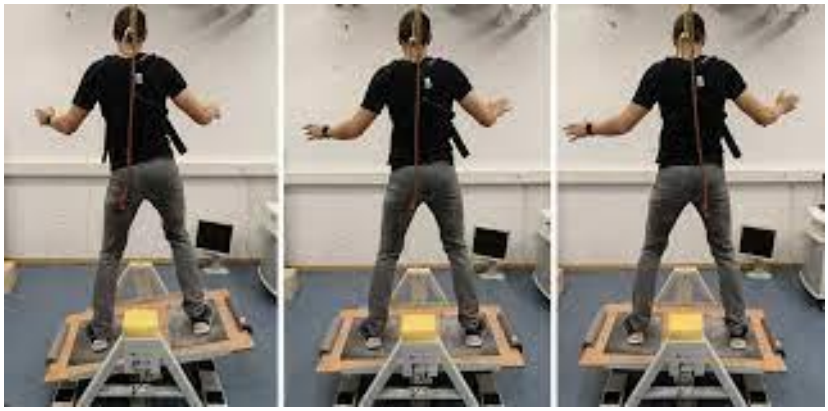
Već spomenuti posturalni otklon izravno je testiran na uređaju „*Posturomed*“ (29), platformi koja se pomiče u svim smjerovima unutar horizontalne ravnine, a ispod koje se nalazi senzor ubrzanja.



Slika 14. Posturomed

Izvor: https://www.sport-thieme.com/Therapy-psychomotricity/Physiotherapy/Physio_Fitness_Products/art=2046004

Stabilometar, platforma koja se slobodno kreće oko središnje sagitalne osi, u jednom je radu (34) korištena za mjerenje dinamičke ravnoteže. Ispitanik stoji simetrično objema nogama, te tokom 30 sekundi nastoji što dulje zadržati platformu unutar 3° nagiba.



Slika 15. Stabilometar

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Stability-platform-stabilometer-used-for-balance-exercising-and-testing_fig1_327943956

4.2.4. Osiguranje od pada

Za povećanje sigurnosti tokom ovih testiranja korištene su oko ispitanika postavljene strunjače ili elastična užad koja u slučaju potpunog gubitka ravnoteže prevenira pad. Nema podataka o tome koliko te metode osiguranja utječu na inhibiranje refleksa sprečavanja pada tj, održavanja ravnoteže, kako nakon prvog tako ni nakon više neuspjelih pokušaja. „*Biodex*“ je razvio posebne rukohvate koje ispitanik drži ali nisu u kontaktu s uređajem dok ne dođe do gubitka ravnoteže kojim se riskira pad, ali položaj ruku prilikom korištenja tog rukohvata utječe na opću posturu, čijoj se pravilnosti prilikom testiranja pridaje velika količina pažnje i koja utječe na kvalitetu rezultata.

5. ZAKLJUČAK

Biomehanička sposobnost održavanja ravnoteže posljedica je izrazito kompleksnog i fino ugođenog međudjelovanja nekoliko sustava ljudskog organizma. Ta sposobnost je od presudne važnosti za obavljanje praktički svih lokomotorni aktivnosti.

Testiranje ljudske ravnoteže od velike je važnosti u brojnim granama kineziologije i zdravstva, a pogotovo kod rizičnih skupina kao što su oboljeli od kroničnih bolesti ili starija populacija, te kod sportaša u svrhu unaprjeđenja treninga, prevencije ozljeda ili oporavka od istih.

Osnovna podjela testova ravnoteže je na terenske i laboratorijske. Terenski testovi su jeftiniji i jednostavniji za provedbu, ali zato pati pouzdanost i preciznost, pogotovo zbog velike ovisnosti istih o obučenosti mjeritelja. S druge strane, njihove pozitivne strane su to što se mogu pomoću njih testirati velike skupine ljudi u malom vremenskom periodu i što uz sitne modifikacije mogu postati posebno prilagođeni za određenu populaciju. Laboratorijski testovi su se razvili zajedno s tehnološkim mogućnostima i, naprotiv terenski, uglavnom iziskuju velike količine novca i vremena. Ono što je kod njih dobro je da uz pravilnu provedbu osiguravaju veliku preciznost i pouzdanost, što olakšava uspoređivanje rezultata provedenih u različitim vremenima ili na različitim ispitanicima.

U ovom pregledu je obuhvaćeno 15 randomiziranih kliničkih pokusa u kojima su se koristile laboratorijske ili terenske metode objektivizacije stanja ravnoteže. Sukladno njihovim gore navedenim osobinama, terenski testovi su se koristila kada je primarno bilo potrebno testirati veću skupinu ispitanika. Najčešće je korišten Y balance test, uglavnom kod mlađih ljudi i sportaša, dok su neki drugi korišteni kod starije populacije, primjerice Timed-up and go test. Flamingo test je korišten uz različite modifikacije.

Od laboratorijskih testiranja najviše su se koristili uređaji koji mjere centar pritiska i granice stabilnosti, mjere pomoću kojih su se eventualno dalje računali neki drugi prametri. Najčešći princip rada ovih uređaja je pomična ili nepomična platforma osjetljiva na pokret i/ili promjenu sile otpora podloge. Korist od njihove preciznosti kod testiranja sportaša i sigurnosti kod testiranja rizičnih skupina se pokazala i u praksi.

6. LITERATURA

(1) Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. Arch Phys Med Rehabil. 1988 Jun;69(6):395-400.

(2) Physiopedia, Balance: https://www.physio-pedia.com/Balance

(3) Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human Postural Control. Front Neurosci. 2018 Mar 20;12

(4) Khan S, Chang R. Anatomy of the vestibular system: a review. NeuroRehabilitation. 2013;32(3):437-43

(5) Robles-De-La-Torre G. The Importance of the Sense of Touch in Virtual and Real Environments. IEEE Multimedia. 2006 Jul;13(3):24-30

(6) Röijezon U, Clark NC, Treleaven J. Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. Man Ther. 2015 Jun;20(3):368-77

(7) Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. Journal of Sport and Health Science. 2016 Mar;5(1):80-90

(8) Fetter M. Vestibulo-ocular reflex. Dev Ophthalmol. 2007;40:35-51.

(9) Campbell BCV, Khatri P. Stroke. The Lancet. 2020 Jul;396(10244):129-42

(10) Guzik A, Bushnell C. Stroke Epidemiology and Risk Factor Management. Continuum (Minneap Minn). 2017 Feb;23(1, Cerebrovascular Disease):15-39.

(11) LeBlanc KE, Muncie HL Jr, LeBlanc LL. Hip fracture: diagnosis, treatment, and secondary prevention. Am Fam Physician. 2014 Jun 15;89(12):945-51.

(12) Zemková, Erika. (2011). Assessment of balance in sport: Science and reality. Serbian Journal of Sports Sciences. 5. 127-139

(13) Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. J Athl Train. 2012 May-Jun;47(3):339-57.

(14) Shaffer SW, Teyhen DS, Lorenson CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, Childs JD. Y-balance test: a reliability study involving multiple raters. Mil Med. 2013 Nov;178(11):1264-70.

(15) l-Gohary M, Peterson D, Gera G, Horak FB, Huisinga JM. Validity of the Instrumented Push and Release Test to Quantify Postural Responses in Persons With Multiple Sclerosis. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2017 Jul;98(7):1325-31

(16) Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go Test. Physical therapy. 2000 Sep 1;80(9):896-903

(17) Mettler A, Chinn L, Saliba SA, McKeon PO, Hertel J. Balance training and center-of-pressure location in participants with chronic ankle instability. J Athl Train. 2015 Apr;50(4):343-9

(18) Juras G, Słomka K, Fredyk A, Sobota G, Bacik B. Evaluation of the Limits of Stability (LOS) Balance Test. Journal of Human Kinetics. 2008 Jan 1;19(2008):39-52

(19) Yamamoto T, Smith CE, Suzuki Y, Kiyono K, Tanahashi T, Sakoda S, et al. Universal and individual characteristics of postural sway during quiet standing in healthy young adults. Physiol Rep. 2015 Mar;3(3):e12329

(20) Cè E, Longo S, Paleari E, Riboli A, Limonta E, Rampichini S et al. Evidence of balance training-induced improvement in soccer-specific skills in U11 soccer players. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 2018;28(11)

(21) Schedler S, Brock K, Fleischhauer F, Kiss R, Muehlbauer T. Effects of Balance Training on Balance Performance in Youth: Are There Age Differences?. Research Quarterly for Exercise and Sport. 2020;91(3):405-14.

(22) Ozmen T, Aydogmus M. Effect of core strength training on dynamic balance and agility in adolescent badminton players. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 2016;20(3):565-70.

(23) Hammami R, Granacher U, Makhlouf I, Behm DG, Chaouachi A. Sequencing Effects of Balance and Plyometric Training on Physical Performance in Youth Soccer Athletes. J Strength Cond Res. 2016;30(12):3278-3289.

(24) Steffen K, Emery CA, Romiti M, Kang J, Bizzini M, Dvorak J, et al. High adherence to a neuromuscular injury prevention programme (FIFA 11+) improves functional balance and reduces injury risk in Canadian youth female football players: a cluster randomised trial. Br J Sports Med. 2013;47(12):794-802.

(25) Willeford K, Stanek JM, McLoda TA. Collegiate Football Players' Ankle Range of Motion and Dynamic Balance in Braced and Self-Adherent–Taped Conditions. Journal of Athletic Training. 2018;53(1):66-71.

(26) Lynn SK, Padilla RA, Tsang KK. Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. J Sport Rehabil. 2012;21(4):327-33.

(27) Norouzi E, Vaezmosavi M, Gerber M, Pühse U, Brand S. Dual-task training on cognition and resistance training improved both balance and working memory in older people. Phys Sportsmed. 2019;47(4):471-478

(28) Azarpaikan A, Taheri Torbati H. Effect of somatosensory and neurofeedback training on balance in older healthy adults: a preliminary investigation. Aging Clin Exp Res. 2018;30(7):745-753.

(29) Morat M, Bakker J, Hammes V, Morat T, Giannouli E, Zijlstra W, et al. Effects of stepping exergames under stable versus unstable conditions on balance and strength in healthy community-dwelling older adults: A three-armed randomized controlled trial. Experimental Gerontology. 2019;127:110719.

(30) Tisher K, Mann K, VanDyke S, Johansson C, Vallabhajosula S. Functional measures show improvements after a home exercise program following supervised balance training in older adults with elevated fall risk. Physiother Theory Pract. 2019;35(4):305-317.

(31) Anson E, Ma L, Meetam T, Thompson E, Rathore R, Dean V, Jeka J. Trunk motion visual feedback during walking improves dynamic balance in older adults: Assessor blinded randomized controlled trial. Gait Posture. 2018;62:342-348.

(32) Tekin D, Agopyan A, Baltaci G. Balance Training in Modern Dancers: Proprioceptive-Neuromuscular Training vs Kinesio Taping. Med Probl Perform Art. 2018;33(3):156-165.

(33) Lopes M, Lopes S, Patinha T, Araújo F, Rodrigues M, Costa R, Oliveira J, Ribeiro F. Balance and proprioception responses to FIFA 11+ in amateur futsal players: Short and long-term effects. J Sports Sci. 2019;37(20):2300-2308

(34) Zech A, Meining S, Hötting K, Liebl D, Mattes K, Hollander K. Effects of barefoot and footwear conditions on learning of a dynamic balance task: a randomized controlled study. Eur J Appl Physiol. 2018;118(12):2699-2706.

7. ŽIVOTOPIS

Ime i prezime: Ilija Tranfić; Mjesto rođenja: Split, Hrvatska

Datum rođenja: 05/08/1999; spol: M

Obrazovanje:

- OŠ Bijaći Kaštel Novi (2006/7-2013/4)

- Zdravstvena škola Split (2014/5-2017/8)

- Sveučilišni odjel zdravstvenih studija (2018/9-2020/1)

Radno iskustvo:

- Kliničke vještine i ljetna praksa

8. POPIS KRATICA

CoP – center of pressure

LoS – limit of stability

YBT – Y balance test

SST – standing stork test/flamingo

SEBT – star excursion balance test

VOR – vestibulo-ocular reflex

PRT – push and release test

TUG – timed-up and go test