

Utjecaj vježbanja balansa na osjet u stopalu

Cicvarić, Lucia

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:004531>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-26**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ FIZIOTERAPIJE

Lucia Cicvarić
UTJECAJ VJEŽBANJA BALANSA NA OSJET U STOPALU: rad s istraživanjem
Završni rad

Rijeka, 2022.

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF HEALTH STUDIES UNDERGRADUATE
PROFESSIONAL STUDY OF PHYSIOTHERAPY

THE EFFECT OF BALANCE EXERCISE ON FOOT SENSATION: research
Bachelor thesis

Rijeka, 2022.

Izvješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija
Studij	Preddiplomski stručni studij fizioterapije
Vrsta studentskog rada	Završni rad
Ime i prezime studenta	Lucia Cicvarić
JMBAG	10087910

Podatci o radu studenta:

Naslov rada	UČINKOVITOST SCHROTH METODE U LIJEČENJU SKOLIOZA
Ime i prezime mentora	Verner Marijančić mag.rehab.educ.
Datum predaje rada	20. lipanj 2022.
Identifikacijski br. podneska	1858688159
Datum provjere rada	17. lipanj 2022.
Ime datoteke	ZAVR_NI_RAD_CICVARI_LUCIA_1.docx
Veličina datoteke	952.68K
Broj znakova	51803
Broj riječi	8650
Broj stranica	38

Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	1%
-----------------	----

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	17. lipanj 2022.
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/> Da
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

17. lipanj 2022.

Potpis mentora

Verner Marijančić mag.rehab.educ.

Rijeka, 12. 5. 2022.

Odobrenje nacrt završnog rada

Povjerenstvo za završne i diplomske radove Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci
odobrava nacrt završnog rada:


UTJECAJ VJEŽBANJA BALANSA NA OSJET U STOPALU: rad s istraživanjem
THE EFFECT OF BALANCE EXERCISE ON FOOT SENSATION: research

Student: Lucia Cievarić
Mentor: Verner Marijančić, mag. rehab.educ.

Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija
Preddiplomski stručni studij Fizioterapija

Povjerenstvo za završne i diplomske radove

Predsjednik Povjerenstva



Pred. Helena Štrucelj, dipl. psiholog – prof.

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	1
ABSTRACT	2
1. UVOD.....	3
1.1. Osjet	3
1.2. Osjet u stopalu	4
1.3. Balans	7
1.4. Važnost stopala za balans.....	9
1.5. Vježbanje balansa.....	12
1.6. Povezanost osjeta stopala i balansa.....	15
2. CILJEVI I HIPOTEZE.....	18
3. ISPITANICI I METODE.....	19
3.1. Ispitanici	19
3.2. Statistika	19
3.3. Metode.....	19
4. REZULTATI	22
5. RASPRAVA	25
6. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA.....	28
PRIVITCI	33

SAŽETAK

Specijalizirane receptorne stanice prenose podražaje (fizičke ili kemijske) iz periferije u živčane impulse koji se zatim prenose u senzorne centre u središnjem živčanom sustavu pri čemu nastaje osjet. Balans je stanje ravnoteže u kojemu je sveukupno djelovanje sila međusobno poništeno. Balans i osjet su ključni dijelovi somatosenzornog sustava. Stopalo je segment donjih ekstremiteta i omogućuje prijenos sile težine tijela na podlogu, omogućava hod podrška je i oslonac cijelog tijela, omogućuje statički i dinamički balans, apsorbira šok sile i prenosi povratnu silu reakcije tla. U ovom istraživanju osjet je mjereno prije i nakon vježbi balansa u četiri točke na plantarnoj strani stopala: palčevima, petama te glavicama prve i pete metatarzalne kosti. Osjet je mjereno esteziometrom. Vježbe balansa su se provodile petnaest minuta na balansnoj dasci. Kvaliteta osjeta nakon vježbanja je bila bolja u desnoj i lijevoj peti, lijevoj glavici pete metatarzalne kosti, lijevom stopalu općenito i ukupno odnosno gledajući sve točke zajedno. Razlika u osjetu stopala između spolova nije dobivena.

Ključni pojmovi: balans, stopalo, osjet

ABSTRACT

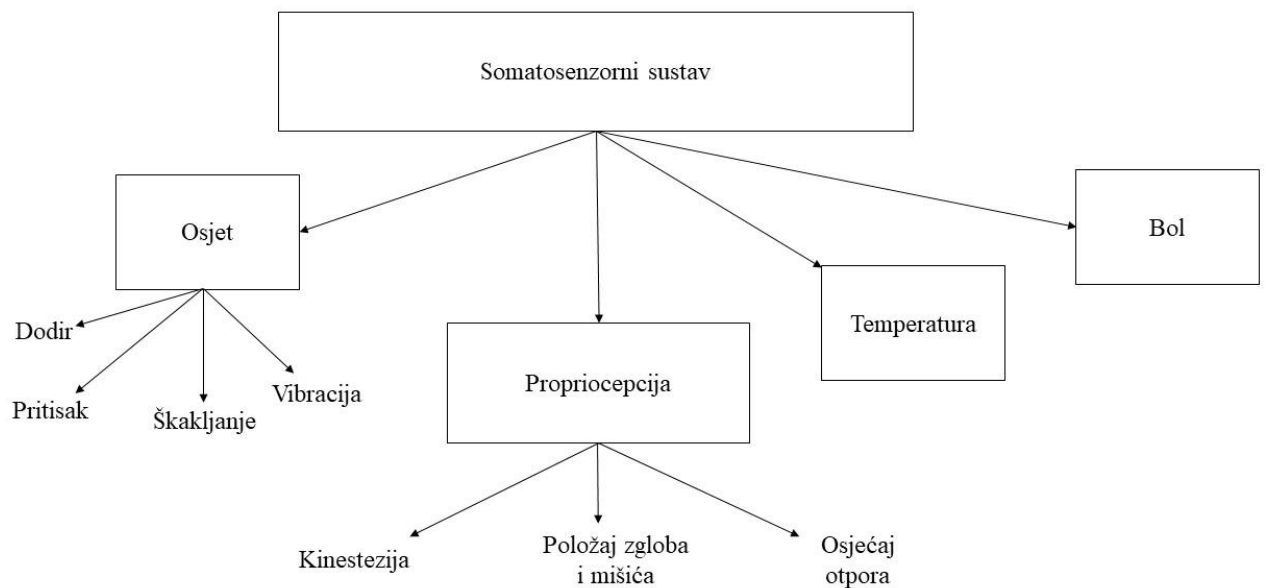
Specialized receptor cells transmit stimuli (physical or chemical) from the periphery to the nerve impulse which are then transmitted to the sensory center in the central nervous system creating a sensation. Balance is a state of equilibrium in which the overall action of forces is neutralized. Balance and sensation are very important parts of the somatosensory system. The foot is a segment of the lower extremities and allows the transfer of body weight force to the ground, allows gait support and support of the whole body, allows static and dynamic balance, absorbs shock forces and transmits the feedback force of the ground. In this study, the sensation was measured before and after balance exercises on the plantar side of the foot in four points: toes, heels, and heads of the first and fifth metatarsal bones. The sensation was measured with an esthesiometer. Balance exercises were conducted for fifteen minutes on a balance board. The quality of sensation improved after exercise in the right and left heel, the left head of the fifth metatarsal bone, the left foot in general and including all areas together. No difference in foot sensation between the genders was found.

Key words: balance, foot, sensation

1. UVOD

1.1. Osjet

Osjet kontrolira mreža živčanih završetaka i receptora za dodir u koži poznatih kao somatosenzorni sustav. Ovaj sustav je odgovoran za sve osjete: hladno, toplo, glatko, grubo, pritisak, svrbež, bol, vibracije itd. Unutar somatosenzornog sustava postoji četiri glavne vrste receptora: mehanoreceptori, termoreceptori, nociceptori i proprioceptori. (Slika 1.)



Slika 1. Podjela somatosenzornog sustava

Preuzeto sa: <https://www.scinapse.io/papers/2132311651>

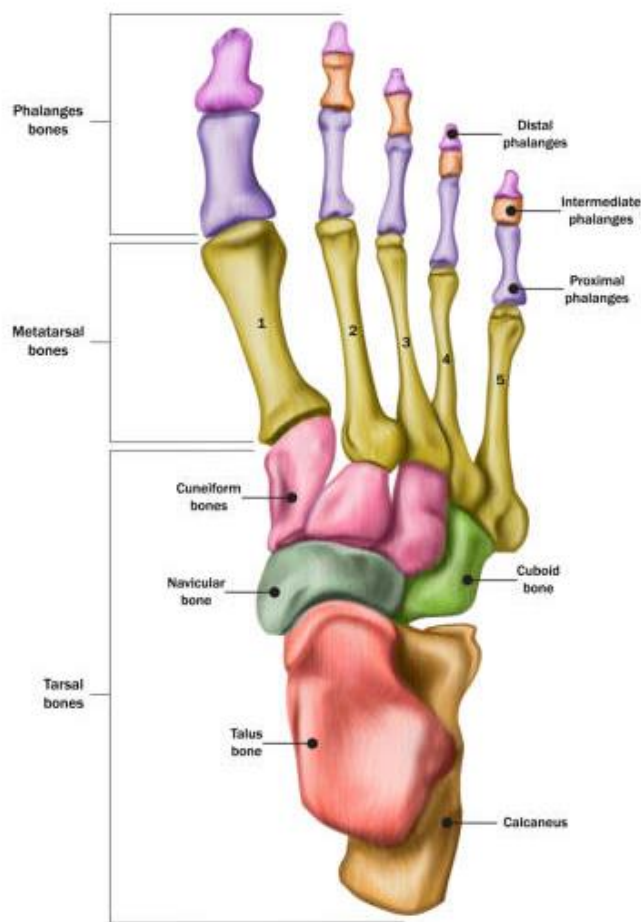
Ovaj sustav se sastoji od tri reda neurona koji prenose osjete otkrivene na periferiji putem kroz leđnu moždinu, moždano deblo i jezgre talamusa do osjetnog korteksa u parijetalnom režnju (1,2).

Impulsi se prenose od receptora preko senzornih aferentnih vlakana do dorzalnih korijenskih ganglija, gdje se nalaze stanična tijela neurona prvog reda. Njihovi aksoni tada putuju kroz leđnu moždinu bilo ipsilateralno ili kontralateralno. Ta se tijela neuronskih stanica drugog reda nalaze u različitim anatomskim područjima ovisno o osjetu koji nose. Leđna moždina sadrži neurone drugog reda za vlakna koja nose osjećaje boli, dodira i temperature. Medula sadrži neurone drugog reda za vlakna koja nose osjećaje duboke boli, položaja i vibracija. Vlakna se zatim ili prenose do talamusa (gdje se nalaze neuroni trećeg reda) ili do malog mozga. Iz jezgre

talamusa, senzorni aferentni impulsi se projiciraju u kortikalna osjetilna područja, gdje se informacije integriraju i analiziraju (1–3). Osjet se dakle percipira putem receptora kože, vezivnog tkiva, mišića, zglobova i unutarnjih organa. Razlikujemo dvije kvalitete osjeta, površinski i dubinski. Površinski osjet je osjet boli, dodira i temperature. Duboki osjet predstavlja osjet duboke boli, osjet položaja i vibracije (4).

1.2. Osjet u stopalu

Stopalo čini krajnji segment donjih ekstremiteta i omogućuje prijenos težine tijela na podlogu, hod i općenito stajanje. Stopalo ima gornju odnosno dorzalnu stranu koju nazivamo dorzum stopala. Dorzum ima poprečni konveksitet. Donja ili plantarna strana se naziva još i planta stopala. Planta ima poprečni konkavitet. Stopalo sa svojih dvadeset i osam kostiju možemo podijeliti na tri različite skupine: stražnji, srednji i prednji dio (5). Stražnji dio stopala ili tarzus čine sedam kratkih tarzalnih kostiju. Najveća tarzalna kost je petna kost ili kalkaneus, na njenom stražnjem dijelu nalazi se tuber kalkaneusa koji čini jednu od tri točke oslonca i prenosi najveći dio težine tijela na podlogu. Kalkaneus zajedno sa talusom izgrađuje zglob subtalaris, a te dvije kosti sa još jednom tarzalnom kosti, naviculare izgrađuju talokalkaneonavikularni zglob. Ova dva zgloba zajedno čine funkcionalnu cjelinu koju nazivamo donji nožni zglob. Donji nožni zglob zajedno sa gornjim nožnim zglobom, spoj potkoljeničnih kostiju i talusa, čine gležanj. Još jedna tarzalna kost je kuboidna koja u svojem spoju s kalkaneusom (kalkaneokuboidni zglob) i talokalkaneonavikularnom zglobom čine transverzalni tarzalni zglob ili poznatiji kao *Chopartov zglob*. Još postoje tri tarzalne kosti koje se nalaze ispred kosti naviculare: madijalna, intermedijalna i lateralna kuneiformna kost (5). Srednji dio stopala ili metatarzus čine 5 dugih metatrzalnih kostiju. Ove kosti se dijele na tri dijela: bazu, trup i glavicu. Baze su u spoju sa kuboidnom i kuneiformnim kostima i zajedno ti tarzometatarzalni zglobovi čine *Lisfrancov zglob*. Glavice prve i pete metatarzalne čine druge dvije točke oslonca (5). Prednji dio stopala je područje nožnih prstiju, oni se sastoje od tri falange odnosno od tri dugih kostiju: proksimalne, medijalne i distalne kosti. Palac je izuzetak i ima samo dvije falange odnosno proksimalnu i distalnu falangu (5). (Slika 2.)



Slika 2. Kostii stopala

Preuzeto sa: <https://www.istockphoto.com/illustrations/foot-bone>

Na plantarnoj strani razlikujemo medijalnu, srednju i lateralnu skupinu mišića koji uglavnom polaze od tarzalnih i metatarzalnih kostiju i hvataju se na falange prstiju. Ove mišiće inerviraju medijalni i lateralni plantarni živac. Glavna funkcija tih mišića je osiguravanje uzdužnog i poprečnog svoda stopala. Također uzdužni svod uzdržava fascija odnosno plantarna aponeuroza (5). Mišići aktivno uzdržavaju svodove dok kosti i ligamenti pasivno uzdržavaju svod (6). Uzdužni svod možemo podijeliti na unutarnji i vanjski uzdužni svod. Unutarnji čini medijalnu stranu stopala odnosno pruža se od tubera kalkaneusa uzduž talusa, navikularne i prve metatarzalne kosti do prednje medijalne točke oslonca. Vanjski svod povezuje tuber kalkaneusa i prednju lateralnu točku oslonca preko kuboidne i pete metatarzalne kosti. (6) Poprečni svod dijelimo na prednji i stražnji. Prednji svod čini poveznicu između medijalne i lateralne prednje točke oslonca i povezuje glavice svih metatarzalnih kostiju. Stražnji svod povezuje kuboidnu kost sa medijalnom, intermedijalnom i lateralnom kuneiformnom kosti (6).

Na koži se nalaze slobodni živčani završetci i razna tjelešca koji kožu čine osjetnim organom. Koža stopala je uglavnom glatka odnosno na njoj ne rastu dlake. Na mjestima najvećeg uporišta stopala o podlogu koža je zadebljala i ispod kože se nalaze komore masnog tkiva. To su područja pete i glavica metatarzalnih kostiju odnosno poprečnog prednjeg svoda. Kožu stopala inerviraju medijalni i lateralni plantarni živac, suralni živac, safenski i tibijalni živac. (Slika 3.)



Slika 3. Inervacija stopala

Preuzeto sa: <https://rmur.edu.pk/wp-content/uploads/2020/03/Sole-of-Foot.pdf>

Buso i Shitoot ispitali su razinu osjetljivosti na pritisak dvadeset različitih područja stopala u 2 različita položaja. Prvi položaj je u stavu na prstima (propulzija pri hodu) i pritom je opterećen samo prednji dio stopala dok je u drugom položaju cijelo stopalo odnosno plantarni dio oslonjen na podlogu. Istraživač je primjenjivao pritisak naprednim mjeračem sile na dvadeset mjesta na stopalu sve dok ispitanici nisu počeli osjećati nelagodu. Osjetljivost je u oba položaja bila podjednaka u šesnaest točaka odnosno samo u četiri točke je osjetljivost bila drukčija ovisno o položaju stopala. Također valja spomenuti da nije nađena značajna statistička razlika među spolovima u osjetljivosti stopala (7). Prilikom stajanja cijela težina tijela prenosi se na stopala tj. preko stopala djeluje na podlogu i pritom se održava posturalni odnosno statički balans. Wiggermann, Werner i Keyserling su napravili studiju u kojoj se mjerio osjet u stopalu nakon dugotrajnog stajanja. Osjet je mjereno na dvanaest različitih područja stopala dorzalne i plantarne strane. Tako je osjet mjereno na: palcu, metatarzalnim glavicama, sredinom stopala, peti i

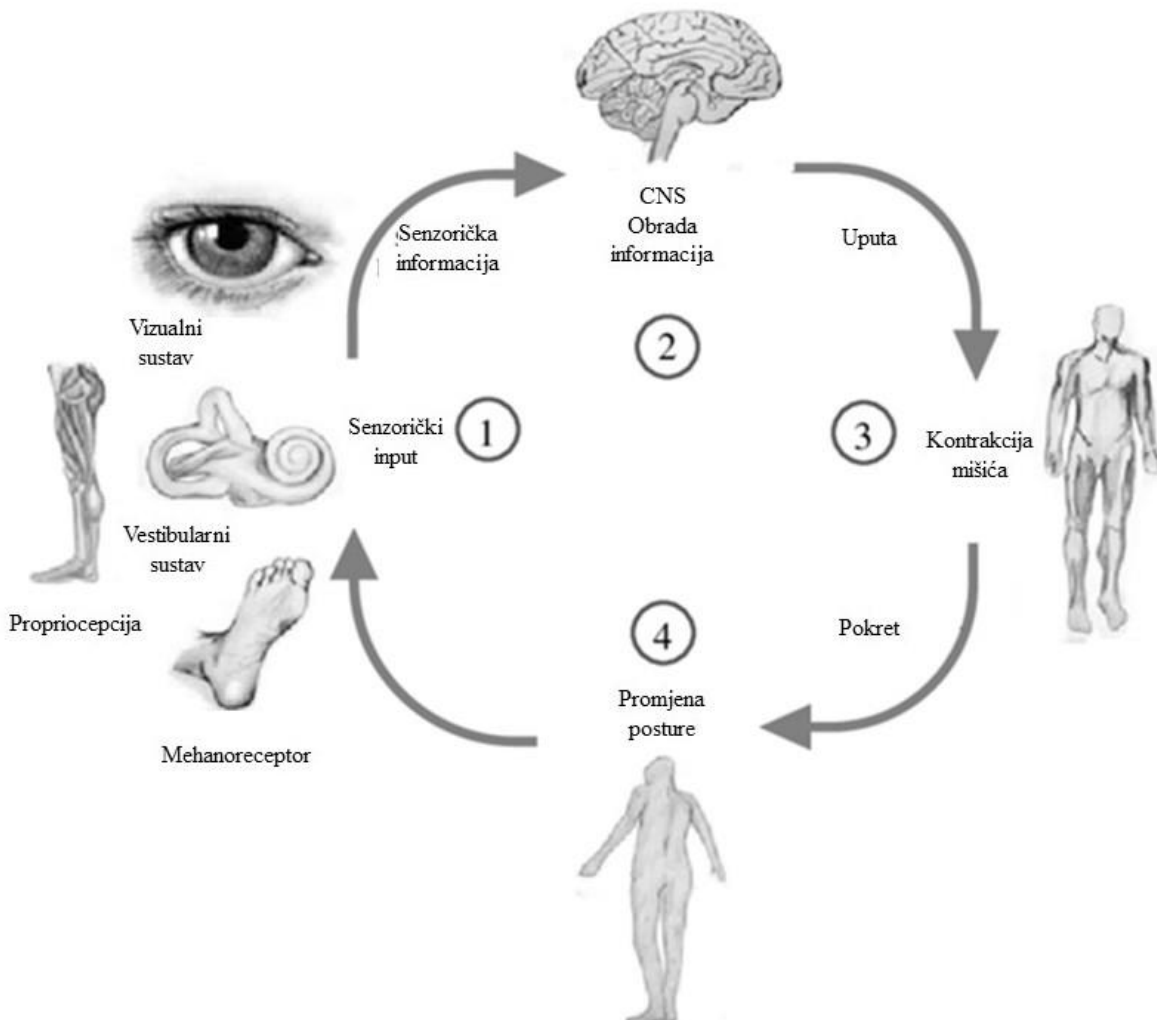
dorzumu stopala. Osjet se mjerio prije i nakon četiri sata stajanja. Rezultati su pokazali da stopalo ima veću osjetljivost na dodir nakon duljeg stajanja što je moguća posljedica djelovanja sile i potencijalno povezano sa održavanjem balansa (8). Pri mjerenju osjeta u stopalu dobivaju se različite vrijednosti ovisno o području mjerenja. Hennig i Sterzing su pri istraživanju napravili mapu osjetljivosti stopala sa trideset različitih točaka osjeta. U ispitivanju je sudjelovalo četrdeset muškaraca i žena, a instrument je bio vibrotaktilni odnosno osim dodira koristila se i vibracija pri mjerenju osjeta. Rezultati su pokazali da pri dodiru nema značajne razlike među spolovima no vibraciju su žene bolje osjetile. Također područje pete je imalo najbolji osjet i općenito plantarna strana stopala je bila osjetljivija od dorzalne posebice pri vibraciji (9).

Nakon dugotrajnog stajanja osjet u stopalu je kvalitetniji (8) no utjecaj dugometražnog trčanja na osjet u stopalu pri istraživanju Alfuth i Rosenbaum nije pronađena statistički značajna razlika u promjeni osjeta. Istraživanje je provedeno na petnaest trkača koji su pretrčali deset kilometara, osjet u stopalu se mjerio prije i nakon tračanja (8,10).

1.3. Balans

Propriocepcija, definirana kao svjesnost vlastitog tijela u prostoru i kroz kinesteziyu, zajedno s osjetom dodira čini somatosenzorni sustav. Kinesteziya je osviještenost dijelova tijela i njegova položaja kroz pokret (1). Balans je stanje ravnoteže odnosno stanje u kojemu su sve sile koje djeluju na sustav međusobno neutralizirane (11,12). Balans se odnosi na sposobnost pojedinca da usprkos djelovanje sile gravitacije unutar svoje baze oslonca zadrži određeni položaj. Baza oslonca je površina koja uključuje svaku dodirnu točku koju predmet ili osoba čini s površinom oslonca (13). To može biti dio tijela npr. ekstremiteta, ili mogu biti predmeti poput štaka ili stolice na kojoj osoba sjedi. Baza oslonca je nužna za shvaćanje sposobnosti balansiranja, jer se ravnoteža definira kao sposobnost održavanja položaja tijela, djelovanjem gravitacijske sile, unutar baze oslonca. Balans se također može opisati kao sposobnost održavanja ravnoteže, pri čemu se ravnoteža može definirati kao stanje u kojem se sve sile poništavaju što rezultira stabilnim uravnoteženim sustavom. Kada je riječ o balansu može biti u smislu: posturalne kontrole, posturalne stabilnosti i općenito balansu (14). Posturalna kontrola je način na koji naš središnji živčani sustav kontrolira senzorne informacije iz drugih sustava da se omogući pravilan mehanički učinak i održi uspravno držanje. Vizualni, vestibularni i somatosenzorni sustavi su glavni senzorički sustavi koji su ključni za posturalnu kontrolu i ravnotežu (15). (Slika 4.) Vizualni sustav čine oči, parni organ vida, odnosno dvije očne jabučice i pomoćni

organi oka (vanjski mišići, obrve, vjeđe). Vestibularni sustav čine dijelovi unutrašnjeg uha: koštane stijenke, membranozni labirint ispunjen endolimfom i prostor između koji je ispunjen perilimfom (16).



Slika 4. Funkcioniranje glavnih senzoričkih sustava

Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/figure/Human-Balance-system-35_fig1_348590510

Kako bi tijelo bilo u mogućnosti održavati balans potrebne su određene predispozicije koje su prikazane u (Tablica 1.).

Tablica 1. Predispozicije potrebne za održavanje balansa

Potrebna snaga u mišićima ekstremiteta i trupa	→	Omogućena stabilnost, uspravno držanje i pokret
Normalna posturalna osjetljivost		Prenošenje informacija vezanih uz kretnju
Normalna funkcija vestibularnog i vizualnog sustava		Svjesnost okoline, položaja i kretanja
Pravilno funkcioniranje središnjeg koordinacijskog mehanizma, malog mozga i bazalnih ganglija		Prijenos i obrada impulsa i informacija te pravilna koordinacija
Pravilan rad centra odgovornih za voljne i nevoljne aktivnosti		Voljno i nevoljno kretanje i održavanje stabilnosti

Balans možemo podijeliti na statički i dinamički. Statički balans je mogućnost održavanja ravnoteže i posturalne stabilnosti dok je tijelo u stanju mirovanja. Dinamički balans je mogućnost održavanja ravnoteže, posturalne stabilnosti i orijentacije pri pokretu odnosno pri promjeni baze oslonca i težišta tijela. Unutar dva istraživanja tražila se korelacija između statičkog i dinamičkog balansa, međutim nije pronađena statistička značajnost povezanosti (17,18).

1.4. Važnost stopala za balans

Najvažnije funkcije stopala su: podrška i oslonac cijelog tijela i njegove mase, omogućuje ravnotežu odnosno balans, apsorbira šok sile i prenosi povratnu silu reakcije tla te kompenzira proksimalne neusklađenosti. Za pravilno funkcioniranje stopala potrebna je mobilnost i stabilnost stopala. Mobilnost je neophodna za apsorpciju povratne sile reakcije tla. Ulogu amortizacije ima subtalarna pronacija pri početnom kontaktu tla s petom. Pronacija je važna kako bi se omogućila rotacija donjeg ekstremiteta i apsorbirao utjecaj te rotacije. Subtalarna pronacija apsorbira udarac kroz ekscentričnu kontrolu supinatora. Mobilost *Chopartova zgloba* omogućuje da prednji dio stopala ostane opušten i fleksibilan. Srednji dio stopala mora biti mobilan da se stopalo može prilagoditi različitim površinama. Stopalo mora biti stabilno kako bi se tijelo imalo stabilnu bazu oslonca. Donji ekstremitet treba biti u mogućnosti izdržati prijenos težine tijela i biti stabilna poluga koja omogućuje kretanje tijela. Kod ove funkcije je neizostavna pronacija subtalarnog zgloba (19). Za potpuno razumijevanje ovih funkcija važne su faze hoda u kojima stopalo ima ključnu ulogu. Pri hodu u dodiru s podlogom stopalo je u položaju inverzije i dodiruje podlogu vanjskim uzdužnim svodom i kalkaneusom. Kako se postepeno težina prenosi i opterećuje stopalo polako prelazi u položaj everzije i medijalni dio stopala se postepeno približava podlozi i stopalo se izravnavava. U sljedećoj fazi, stopalo je

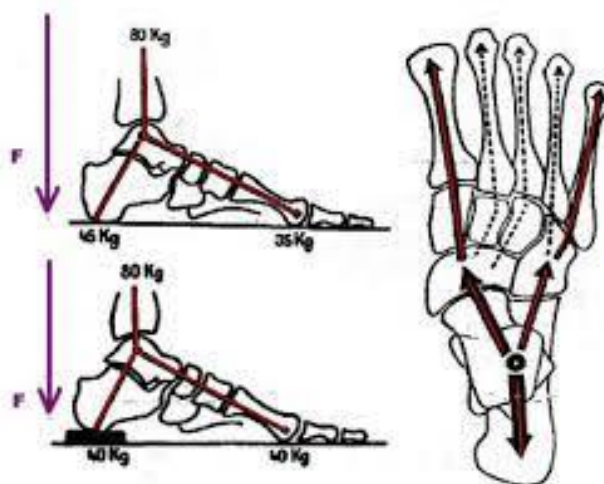
spreмно za iskorak i kalkaneus se polako odiže od podloge prilikom plantarne ekstenzije i oslonac je u potpunosti na poprečnom prednjem svodu i prstima. U završnoj fazi plantarne ekstenzije odiže se i poprečni prednji svod i palcem se izvrši propulzija odnosno iskorak (6,20). (Slika 5.)



Slika 5. Faze hoda

Preuzeto sa: <https://repozitorij.mef.unizg.hr/islandora/object/mef%3A553/datastream/PDF/view>

Također važno je spomenuti kako sila težine nije jednako raspoređena u tri točke oslonca odnosno preko donjih ekstremiteta se prenosi preko talusa i zatim na kalkaneus koji je onda više opterećen od prednjeg dijela stopala. U prednjem dijelu također nije jednako opterećenje pa tako veća sila djeluje na glavicu prve metatarzalne kosti nego na glavicu pete metatarzalne kosti. Djelovanje sile težine u tri točke oslonca stopala tako možemo staviti u omjer kalkaneus : glavica prve metatarzalne kosti : glavica pete metatarzalne kosti koji približno iznosi 3:2:1. Pri povišenju pete za 2cm sila težine se jednako prenosi na stražnji i prednji dio stopala kao što je prikazano na (6,21–23). (Slika 6.)



Slika 6. Prijenos sile težine tijela na stopalo

Preuzeto sa: <https://hrcak.srce.hr/file/355161>

Ferrari i suradnici su pokušali dokazati djeluje li manje fluktuacija unutarnje ekscitacije mišića stopala kao odgovor na povećan izazov posturalne ravnoteže. Sedamnaest ispitanika je sudjelovalo koji su izvršili tri zadatka ravnoteže: dvonožni stav; jednoonožni stav i dvonožni vrh prstiju. Kretanje središta tlaka (CoP) izračunato je iz istovremeno snimljenih vrijednosti sile na ploču. Manje fluktuacije unutarnje ekscitacije mišića stopala pojavile su se pri težoj vježbi balansa za posturalnu ravnotežu. Fluktuacije pri određenim zadacima tijekom vježbanja balansa moraju biti uglavnom uzrokovane ekscitacijom mišića izvan stopala. Unutarnji mišići stopala su vjerojatno važniji u stabilizaciji stopala nego kod vježbanja balansa tijekom navedenih zadataka za posturalnu ravnotežu (23).

Odnos između držanja stopala, funkcije mišića *core-a* i donjih ekstremiteta te posturalne stabilnosti je prikazan u studiji gdje je prisustvovalo sto osam ispitanika. Izdržljivost *core-a* procijenjena je pokušajima vježbi sve do neuspjeha, a izometrijska snaga kuka i gležnja procijenjena je pomoću ručnog dinamometra, odnosno izokinetičkog dinamometra. Struktura stopala određena je metodom digitalnog fotografskog mjerenja. Vrijeme stajanja na jednoj nozi procijenjeno je korištenjem balansne ploče i pritom ispitanik ima zatvorene oči. Provedene su hijerarhijske analize višestruke regresije za predviđanje ravnoteže, koristeći snagu donjih ekstremiteta, držanja stopala i izdržljivosti *core-a*. Povećanje visine luka povezano je sa smanjenom mediolateralnom kontrolom stava na jednoj nozi. Međutim, odnos između vremena do granice i rizika od ozljeda nije istražen. Stoga se odnos između povećanja visine luka i ozljede zbog posturalne nestabilnosti ne može utvrditi iz ovog istraživanja. Odnos između veće snage pri inverziji stopala i lošijeg balansa zahtijeva dodatno istraživanje kako bi se dodatno razjasnio odnos između stopala i ravnoteže (22). Balans je ključan pri hodu odnosno cijelo tijelo mora imati sposobnost kinestezije i posturalne ravnoteže kako bi hod bio moguć. U istraživanju Zulkifli i Loh je prikazan cjelokupni pregled gdje se pobliže objašnjava prirodni hod u odnosu na aspekte osjetljivosti, opterećenja, trajanja i stabilnosti te razmatra ostala istraživanja o plantarnom pritisku. Kod pritiska stopala proučavaju se sile koje djeluju na različite regije stopala zajedno s pritiskom koji se vrši na plantarnu površinu. Dobiveni rezultati su utjecali na biomehaničku procjenu ravnoteže tijela i ergonomskog držanja tijekom hoda (21). Jedan od senzoričkih sustava je vizualni, koji prikuplja informacije o okolini i djeluje na balans. Schneiders i suradnici su istražili utjecaj položaja stopala na sposobnost ravnoteže u stavu s jednom nogom sa i bez vizualne povratne informacije. Svrha ovog istraživanja bila je odrediti prirodni položaj stopala i kvantificirati učinak položaja stopala na izvedbu ravnoteže tijekom stava na jednoj nozi. U ovom istraživanju sudjelovalo je 40 zdravih ispitanika. Radili su vježbe balansa s jednom nogom na balansnoj dasci u svom vlastitom prirodnom položaju i četiri

unaprijed određena položaja stopala s otvorenim i zatvorenim očima. Udaljenost zamaha, površina i brzina izračunati su za svaki položaj. Postojale su značajne interakcije između vizualnih uvjeta i položaja stopala za sve parametre njihanja. Sa zatvorenim očima, parametri ljuhanja bili su najveći za položaj stopala koji su ispitanici sami odabrali u usporedbi s drugim položajima stopala. Pri otvorenim očima nisu otkrivene razlike u parametrima njihanja između položaja stopala. Udaljenost ljuhanja, površina i brzina bile su veće za stanje zatvorenih očiju nego kod otvorenih očiju. Samostalno odabrano postavljanje stopala nije dovelo do najstabilnijeg stava jedne noge. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da položaj stopala nije važan za procjenu ravnoteže ili za rehabilitacijske vježbe u uvjetima otvorenih očiju te da treba jasno specificirati položaj stopala kada se koriste protokoli sa zatvorenim očima (24). Važnu ulogu pri balansiranju imaju mišići stopala koji svojim kontrakcijama pridonose u održavanju ravnoteže. Ovisno o svom položaju svaki je mišić dio jednog od četiri svoda stopala. Jankowicz-Szymanska i suradnici dokazali su korelaciju između Flamingo testa i Clarkeovog kuta. Odnosno da je bolja ravnoteža uočena u adolescenata s višim svodom stopala (25). Kao što se svodovi i stopala općenito razlikuju kod svake osobe tako i sila težine drugačije djeluje na podlogu kod svakog pojedinca. Shakibi i suradnici su pokušali dokazati utječe li držanje i raspodjela plantarnog pritiska na tip stopala i nasljednost. Stoga je svrha bila procijeniti utjecaj tipa i heritabilnosti stopala te njihov utjecaj na karakteristike stopala. Procijenjena je statička i dinamička ravnoteža i raspodjela plantarnog pritiska, a sudionici su bili parovi ženskih blizanaca. Tip stopala i heriditet nisu imali utjecaja na balans. Genetski čimbenici umjereno su utjecali na posturalnu ravnotežu, ali ne i na plantarni pritisak (26). Održavanje ravnoteže u stojećem položaju uključuje multisenzorsku obradu i integraciju za proizvodnju dinamičkih motoričkih odgovora. U istraživanju Wallace i suradnika pokazalo se da vestibularna kontrola ravnoteže u stojećem položaju može biti održana unutarnjim mišićima stopala i da imaju posturalnu ulogu u moduliranju pri mirnom uspravnom stavu (27).

1.5. Vježbanje balansa

Uz trening snage, fleksibilnosti i aerobni trening ubrajamo i balansni trening. To je prakticiranje različitih vježbi u svrhu poboljšanja sposobnosti održavanja ravnoteže i stabilnosti odnosno balansa. Ove vježbe uključuju snaženje mišića koji su odgovorni za održavanje posture u statički i dinamički odnosno snaženje mišića nogu i *core-a*. Vježbanje balansa: poboljšava posturu, povećava snagu, poboljšava kontrolu trupa pri kretanju, sjedenju i stajanju, prevenira padove i smanjuje strah od padova i općenito djeluje na bolju fizičku spremnost i sposobnost obavljanja različitih svakodnevnih izazova (28–33).

Balansni treninzi se mogu podijeliti na različite razine ovisno o zahtjevnosti i intenzitetu vježbi. Vježbe se prilagođavaju sposobnostima i ciljevima osobe koja vježba. Prilagođene vježbe poboljšavaju koordinaciju i snagu a mogu biti i prevencija određenih ozljeda (31). Vježbe balansa bi trebale sadržavati: komponente statičke i dinamičke stabilnosti posture, promjene baze oslonca, mijenjanje visine centra težišnice i različite površine podloge. Također vježbe bi s vremenom trebale postati zahtjevnije i složenije primjerice da uključuju uz motoričke i kognitivne zadatke (32,33). Vježbe se mogu provoditi iz različitih položaja poput: četveronožnog, sjedećeg, ležećeg, čučućeg, stojećeg položaja i sl. Također koriste se i razni rekviziti za bolji učinak vježbi. Jedan od najkorištenijih rekvizita je balansna daska. Balansne daske ili još nazvane ploče dolaze u mnogim oblicima i veličinama. Neke daske za balans pomiču se po sfernoj površini nalik polovine kugle i omogućuju kretanje u svim smjerovima (Slika 7.), dok druge nude bilateralno odnosno dvosmjerno kretanje i pomiču se po polovičnom valjku (npr. lijevo-desno ili naprijed-nazad).



Slika 7. Balansne daske

Preuzeto sa: <https://www.indiamart.com/proddetail/balance-board-20349059573.html>

Vježbe sa balansnom daskom se mogu izvoditi u svim položajima i na različite varijacije. Primjerice prilikom sklekova balansna daska može biti oslonac gornjim i/ili donjim ekstremitetima pri čemu se pokušava zadržati dasku u neutralnom položaju tj. da joj rubovi ne dotiču podlogu. Isto tako može biti oslonac ekstremitetima i pri vježbanju u četveronožnom položaju. Najčešće se vježbe provode u stojećem položaju pa se uz održavanje ravnoteže mogu raditi čučnjevi, bacati lopta ili primjerice oslonac može biti na jednoj nozi.

Osim balansne daske postoje i balansni jastuci koji izgledaju poput gumenog jastuka napuhanog zrakom i dizajnirani su da podupiru jednu ruku ili nogu. Često se koriste u paru a mogu se koristiti i izolirano za naprednije balansiranje (npr. čučnjevi na jednoj nozi). Osim što se koriste tijekom vježbanja, mogu se koristiti i kao jastuci, za promicanje boljeg držanja tijekom sjedenja i za pomoć u angažiranju *core-a* i drugih stabilizirajućih mišića tijekom sjedenja radi poboljšanja ravnoteže i cjelokupne posture. Balansni jastuci se često koriste u fizioterapiji tijekom rehabilitacije. Postoji još puno različitih balansnih rekvizita za vježbanje poput: BOSU lopte koja je nalik polukugli, trampolin, lopta za pilates, rotatorni diskovi, greda ili alternativa poput trake za hodanje, medicinska lopta, itd. Istraženi su učinci različitih balansnih treninga i napredak posturalne kontrole i sile koja djeluje na gležanj. Sudjelovalo je dvadeset i osam ispitanika koji su odradili dvanaest balansnih treninga tijekom četiri tjedna. Svaki se trening sastojao od kombinacije dinamičkih zadataka na nestabilnoj površini koji su uključivali BOSU loptu i trajali su oko trideset minuta. Dinamička ravnoteža mjerena testom ravnoteže *Star Excursion* i mjerenje sile gležnja u sve četiri ravnine gibanja je mjereno ručnim dinamometrom prije i nakon intervencije. Rezultati pokazuju da su balansni treninzi poboljšali dinamičku kontrolu držanja i djelovanje sile na gležanj kod zdravih mladih odraslih osoba (33). Čuđ i suradnici su tražili učinke samog programa treninga balansa te su uspoređeni sa programom treninga snage. Trening ravnoteže i snage izvodilo je petnaest ispitanika tijekom šest tjedana uključujući dvanaest treninga po dvadeset pet minuta. Trening balansa se izvodio na spravama za vježbanje nestabilnosti kao što su balansna daska, mali trampolin i velika gumena lopta. Trening snage se provodio na spravama za pregib nogu i potisak za noge u trajanju od dvadeset pet minuta. Mjerenja ravnoteže vršena su na balansnoj dasci na jednoj nozi tijekom 30 s; maksimalna izometrijska snaga mjerena je pomoću izokinetičkog uređaja za svaku nogu posebno. Izračunata je mišićna ravnoteža između dominantne i nedominantne noge. Dobitak snage bio je sličan za fleksore i ekstenzore u obje skupine. Ravnoteža jedne noge poboljšana je nakon treninga ravnoteže. Rezultati pokazuju da je trening ravnoteže učinkovit za povećanje mišićne snage te za razliku od treninga snage izjednačavanje mišićne neravnoteže može se

postići nakon treninga ravnoteže (32). Nadalje u više istraživanja je spomenuta učinkovitost balansnih vježbi kod različitih patologija gdje pritom pospješuju opće stanje oboljele osobe i preveniraju padove i atrofije mišića (29–31).

1.6. Povezanost osjeta stopala i balansa

Kao što je već navedeno propriocepcija koja je ključna za balans je dio somatosenzornog sustava isto kao i osjet dodira. Koža na stopalu je osjetni organ koji prima razne informacije iz okoline i one pomažu pri osvješćivanju prostora odnosno propriocepciji i na taj način utječu direktno i na balans. Različita istraživanja su istraživala povezanost osjeta u stopalu i balansa. Primjerice pri istraživanju kod osoba s poremećajem uporabe droga i lijekova dokazano je da imaju lošiji balans od zdravih osoba no kod osjeta u stopalu nije pronađena značajna razlika. U ovom istraživanju je sudjelovalo dvadeset i troje pacijenata koje je konzumiralo opojna sredstva (kanabis, narkotici) u vremenskom razdoblju od godinu dana i dvadeset zdravih ispitanika. Nakon detoksikacije ispitanika provedena je evaluacija kako bi istraživanje moglo biti provedeno. Osjet stopala je mjeren na plantarnoj strani sa laganim dodirrom i osjetom diskriminacije u dvije točke i također vibracijskim ispitivanjem. Balans je ispitan balansom platformom koja prima informacije djelovanja sila i obrađuje ih u tome posebno namijenjenom softveru (34). Cilj Taşcılar i suradnika je bio usporediti bol, plantarni osjet stopala, posturalnu kontrolu, strah od kretanja i funkcionalnu razinu između bolesnica s ranim stadijem gonoartroze i onih s kasnim stadijem gonoartroze. U istraživanje su bile uključene ukupno šezdeset i dvije žene s gonoartrozom. Ispitanice su potom podijeljene u dvije skupine: skupinu gonoartroze u ranom stadiju (trideset jedna žena) i skupinu s kasnim stadijem gonoartroze (trideset jedna žena) prema kriterijima Kellgren Lawrencea. Lagani osjet pritiska na dodir i osjet diskriminacije u dvije točke (esteziometar) te osjet vibracije (128 Hz) korišteni su za procjenu osjeta plantarne strane stopala. Intenzitet boli ocjenjivan je numeričkom ljestvicom ocjenjivanja, posturalna kontrola Bergovom ljestvicom ravnoteže, strah od pokreta Tampa ljestvicom, funkcionalna pokretljivost Timed Up and Go testom i rezultatom ozljede koljena i osteoartritisa. Utvrđeno je da bolesnici u ranoj fazi imaju bolji osjet laganog dodira na prvoj metatarzalnoj glavici dominantne strane, petoj metatarzalnoj glavici nedominantne strane, kalkaneusu nedominantne strane od pacijenata u kasnijoj fazi. Bolesnici u ranoj fazi imali su bolji osjet vibracije od pacijenata u kasnoj fazi. Ustanovljeno je da pacijenti u ranoj fazi imaju veći osjećaj diskriminacije u dvije točke na sredini dominantne strane stopala, kalkaneusu dominantne strane, sredini nedominantne strane stopala i kalkaneusu nedominantne strane od kasnije faze.

Utvrđeno je da je posturalna kontrola bolesnika u ranoj fazi bolja od pacijenata u kasnoj fazi. Pacijenti su u ranoj fazi imali manji strah od pokreta i višu funkcionalnu razinu od pacijenata u kasnoj fazi. Osjet laganog dodira, osjet vibracije i diskriminacija u dvije točke su pogoršani progresijom bolesti i trebali bi biti važni kriteriji u bolesnika s gonoartrozom (35). Citaker i suradnici su htjeli istražiti odnos između osjeta stopala i ravnoteže u stojećem položaju u bolesnika s multiplom sklerozom. Uključeno je dvadeset i sedam pacijenata s multiplom sklerozom (proširena skala statusa invaliditeta 1-3,5) i 10 zdravih dobrovoljaca. Procijenjen je prag laganog dodirnog pritiska, trajanje vibracije i udaljenost diskriminacije dodira u dvije točke. Mjereno je trajanje statičke ravnoteže na jednoj nozi. Lagani pritisak na dodir, vibracija, osjet diskriminacije u dvije točke i trajanje ravnoteže na jednoj nozi smanjeni su u bolesnika s multiplom sklerozom u usporedbi s kontrolnom skupinom. Osjet stopala bio je povezan s trajanjem ravnoteže na jednoj nozi u bolesnika s multiplom sklerozom. Kako se osjetljivost kožnih receptora smanjuje, u bolesnika s multiplom sklerozom se pogoršava ravnoteža u stojećem položaju. Osjet u dvije točke diskriminacije kalkaneusa i osjet vibracije prve metatarzalne regije glavice najbolji su prediktori statičkog balansa u stojećem položaju u bolesnika s multiplom sklerozom (36). Kod moždanog udara neurološki sustav se oštećuje i pojavljuju se lezije koje mogu zahvatiti mogućnost osjeta i mogući su problemi s održavanjem ravnoteže. Ciljevi sljedećeg istraživanja bili su istražiti odnos između plantarnog osjeta i mjera kontrole ravnoteže u stojećem položaju i odrediti prag osjetnog oštećenja povezanog s oštećenjem ravnoteže nakon moždanog udara. Rezultati testa monofilamenta, mjere djelovanja sile na balansnu platformu u stojećem položaju i rezultati Bergove ljestvice ravnoteže izdvojeni su iz 52 bolnička kartona različitih pacijenata. Rezultati pokazuju da deficiti plantarnog kožnog osjeta doprinose narušavanju ravnoteže nakon moždanog udara (37). Hemodijaliza je metoda pročišćavanja krvi što je fizički zahtijevan i zamoran proces. Erdoğanoğlu i suradnici su ispitali odnos između osjeta plantarne strane stopala i statičke ravnoteže, fizičke izvedbe, straha od pada i kvalitete života bolesnika na hemodijalizi. U istraživanju je sudjelovalo 24 ispitanika na hemodijalizi i 20 zdravih ispitanika. Lagani osjet pritiska na dodir, osjet diskriminacije u dvije točke (esteziometar) i osjet vibracije (128 Hz) korišteni su za procjenu osjeta plantarnog stopala. Statička ravnoteža procijenjena je testom ravnoteže u stojećem položaju na jednoj nozi, fizička izvedba *Timed Up and Go testom*, strah od pada s ljestvicom učinkovitosti pada, a kvaliteta života s verzijom *Ferrans and Powers Indeks* kvalitete života kod dijalize. Najvažniji rezultat ovog istraživanja su smanjeni: osjet laganog dodirnog pritiska, osjet vibracije, osjet diskriminacije u dvije točke, statička ravnoteža i fizička izvedba, što sve uključuje aktivnost kožnih senzornih receptora na stopalu kod osoba koje idu na hemodijalizu

(38). U navedenim istraživanjima razmatra se povezanost balansa i osjeta u stopalu no ne i sam utjecaj vježbanja balansa na osjet. Također ispitanici imaju prisutne patologije a svrha ovog istraživanja je ispitati utjecaj vježbanja balansa na osjet u stopalu kod zdravih osoba.

2. CILJEVI I HIPOTEZE

U ovom istraživanju glavni cilj je istražiti utjecaj vježbanja balansa na osjet u stopalu kod zdravih osoba odnosno hoće li ispitanici nakon vježbi balansa imati bolju kvalitetu osjeta. Osjet će se mjeriti na u tri točke oslonca stopala i plantarnoj površini palca prije i nakon vježbanja balansa. Također specifični cilj istraživanja je ispitati postoji li razlika u kvaliteti osjeta stopala između stopala.

Hipoteze koje su proizašle iz ciljeva:

H1: Vježbanje balansa je povezano s poboljšanim osjetom u stopalu.

H2: Osjet u stopalu ne ovisi o spolu.

3. ISPITANICI I METODE

3.1. Ispitanici

Planirani uzorak ispitanika biti će četrnaest studenata prve i druge godine preddiplomskog stručnog studija fizioterapije u rasponu od 20 do 23. godine života. Istraživanje je provedeno u svibnju 2022. godine na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Uzorak će biti sustavni slučajni, slučajnim odabirom sa popisa studenata odabrati će se sedam muških i sedam ženskih studenata. Prije provođenja istraživanja svim ispitanicima je objašnjen svaki korak i svrha ovog istraživanja te su ispunili pristanak za sudjelovanje u istraživanju, potpisivanjem obrasca obavijesti za ispitanike s informiranim pristankom.

3.2. Statistika

Statistički je ispitana razlika u osjetu stopala prije i nakon vježbanja pomoću Wilcoxonovog testa. Osjet stopala prije i nakon vježbanja je omjerna varijabla. Uzorak je mali ($N < 50$) i zavisan. Prikazana je aritmetička sredina i standardna devijacija prikupljenih podataka za svih osam točaka mjerenja osjeta u stopalu prije i nakon vježbi balansa. Te aritmetičke sredine su potom međusobno uspoređene. Razlika u osjetu stopala između muškog i ženskog spola je ispitana pomoću Mann-Whitney testa. Osjet stopala između muškog i ženskog spola je omjerna varijabla. Uzorak je mali ($N < 50$) i nezavisan. Uspoređene su aritmetičke sredine svih osam točaka mjerenja osjeta u stopalu prije vježbanja balansa između ispitanika muškog i ženskog spola. Sve vrijednosti $p < 0.05$ se smatraju statistički značajnom. Pri obradi podataka koristio se računalni program MedCalc (© 2022 MedCalc Software Ltd).

3.3. Metode

Istraživanje je provedeno na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci u fizioterapijskom kabinetu s individualnom primjenom. Podaci su prikupljeni od strane istraživača. Svaki je ispitanik prije početka istraživanja bio upoznat detaljno sa svakim korakom i potpisao obrazac obavijesti za ispitanike s informiranim pristankom. Ispitanik je zatim legao na terapijski stol u ležećem supinacijskom položaju. Svaki je ispitanik ležeći bez čarapa i obuće proveo dvije minute kako prijašnje aktivnosti ne bi utjecale na osjet u stopalu. Zatim kada je osjet neutraliziran počinje ispitivanje esteziometrom (Slika 8.). To je standardizirani uređaj koji mjeri kvalitetu osjeta. On se sastoji od ravnala dugog 135 milimetara i dvije plastične iglice. Jedna igla je fiksirana na ishodištu mjerenja odnosno na 0 milimetara a druga igla je pomična. Na početku testa igle su

priljubljene i ispitanik osjeti samo jednu točku dodira. Igle se postepeno razdvajaju i u trenutku kada ispitanik osjeti dvije točke dodira odnosno iglice, očituje se udaljenost među njima. Što je razmak između igla manji to je osjet kvalitetniji. Na stopalu se osjet mjerio na palcu i u tri točke oslonca lijeve i desne noge: glavica prve metatarzalne kosti, glavica pete metatarzalne kosti, tuber kalkaneusa i sredina plantarne površine palca.



Slika 8. Esteziometar

Nakon prikupljenih podataka odnosno izmjerene osjeta u svih osam točaka, ispitanik ustaje i počinje s vježbama balansa. Vrijeme vježbanja balansa je petnaest minuta i podijeljeno je u tri dijela. Cilj svih tri vježbe je da rubovi balanse daske što manje dodiruju podlogu odnosno zadržavati što je duže moguće srednji položaj daske bez nagiba naprijed-nazad ili u stranu. (Slika 9.) U prvoj vježbi ispitanik stoji na balansnoj dasci, stopala su postavljena do ruba daske a ruke se mogu slobodno kretati za održavanje ravnoteže. Ova vježba se provodi pet minuta i njena svrha je upoznavanje s balansnom daskom. Druga vježba traje isto pet minuta. Noge su u istom položaju a ruke su oslonjene na bokove. Fiksacijom gornjih ekstremiteta na bokovima otežano je održavanje ravnoteže. Kod treće vježbe noge su također u istom položaju a ispitanik u međuvremenu hvata i baca loptu istraživaču pokušavajući održavati balansnu dasku u

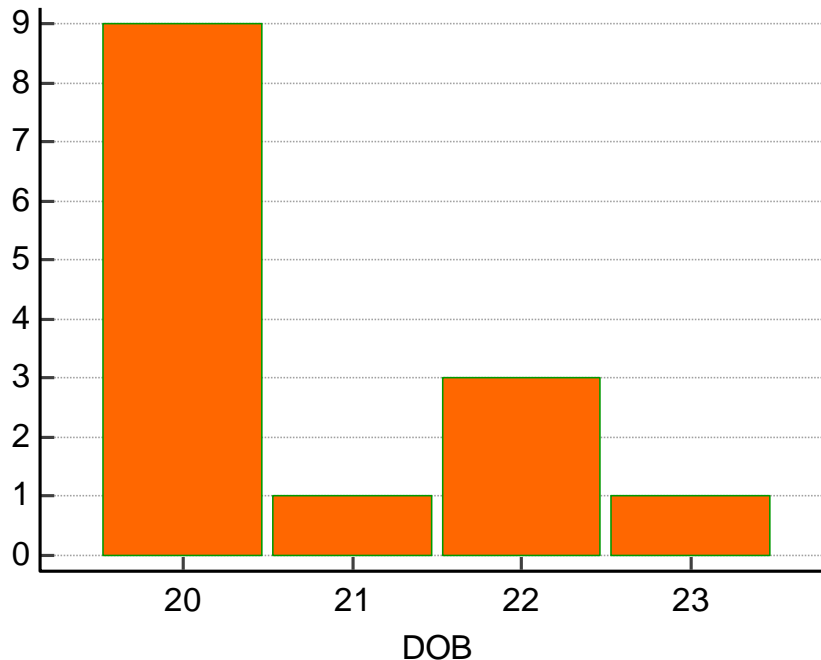
srednjem položaju. Trajanje ove vježbe je također petnaest minuta. Poslije provedenih vježbi ispitanik ponovno zauzima supinacijski ležeći položaj na terapijskom stolu i zatim se ponovo mjeri osjet u stopalu.



Slika 9. Vježbanje na balansnoj dasci

4. REZULTATI

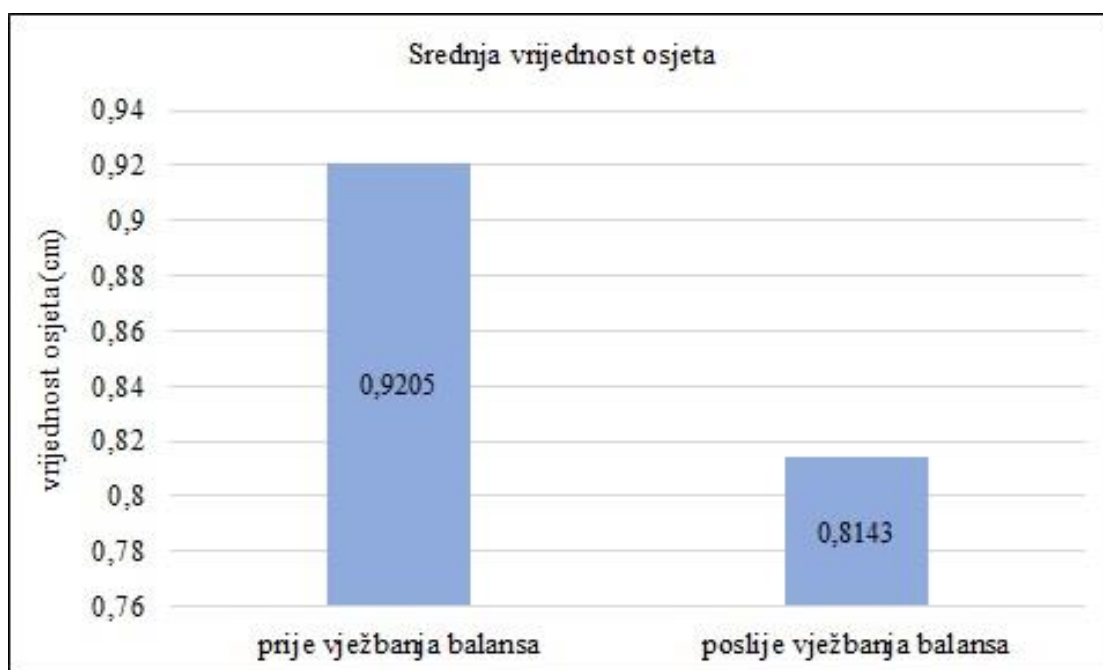
U istraživanje je uključeno 14 ispitanika, 7 muškog i 7 žensko spola, srednje dobi $20,7143 \pm 1,0690$ godina. Raspodjela dobi ispitanika prikazana je na (Slika 10).



Slika 10. Raspodjela ispitanika po dobi

Nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,6221$) u osjetu desnog stopala u točki glavice prve metatarzalne kosti prije ($0,7857 \pm 0,5260$ mm) i nakon vježbanja balansi ($0,8357 \pm 0,5429$ mm). U točki glavice pete metatarzalne kosti desnog stopala prije ($1,0214 \pm 0,5294$ mm) i nakon vježbanja ($0,9500 \pm 0,5841$ mm) nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,4548$). Kod ispitivanja osjeta u točki desnog palca prije ($0,8143 \pm 0,5082$ mm) i nakon vježbanja ($0,7714 \pm 0,7710$ mm) također nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,1272$). Statistički značajna razlika je pronađena ($p = 0,0479$) u točki desne pete prije ($1,1071 \pm 0,8888$ mm) i nakon vježbanja ($0,8500 \pm 0,6186$ mm). Usporedivši sve točke desnog stopala zajedno prije ($0,9321 \pm 0,5913$ mm) i nakon vježbanja balansa ($0,8518 \pm 0,5926$ mm) nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,0676$). Kod lijevog stopala pronađene su statistički značajne razlike u dvije točke i usporedivši sve točke lijevog stopala prije ($0,9089 \pm 0,4781$ mm) i nakon vježbanja balansa ($0,7768 \pm 0,4215$ mm) također je značajna razlika ($p = 0,0061$). U točki pete metatarzalne kosti prije ($0,9143 \pm 0,4538$ mm) i nakon ($0,7214 \pm 0,3239$ mm) je statistički značajna razlika ($p = 0,0245$). Druga točka u kojoj je pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,0479$) prije ($0,9429 \pm 0,6406$ mm) i nakon vježbanja ($0,7643 \pm 0,4254$ mm) je lijeva peta.

Kod ispitivanja osjeta u lijevom palcu prije ($0,7071 \pm 0,3407$ mm) i nakon vježbanja ($0,7500 \pm 0,7057$ mm) nije pronađena značajna razlika ($p = 0,6355$). Nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,1099$) niti u osjetu lijeve točke glavice prve metatarzalne kosti prije ($1,0714 \pm 0,6911$ mm) i nakon vježbanja balansi ($0,8714 \pm 0,3811$ mm). Uspoređujući srednju vrijednost svih točaka lijevog i desnog stopala prije ($0,9205 \pm 0,5246$ mm) i nakon vježbanja balansa ($0,8143 \pm 0,5019$ mm) pronađena je statistički značajna razlika ($p = 0,0295$) (Slika 11.). Vrijednosti prikazane u tablici označene crvenom bojom su one koje su statistički značajne (Tablica 2).



Slika 11. Srednja vrijednost svih točaka prije i nakon vježbanja balansa

Tablica 2. Vrijednosti mjerenja u svim točkama prije i nakon vježbanja balansa i postotak

Točka na stopalu	Vrijednost prije VB (x+-sd)	Vrijednost poslje VB (x+-sd)	p
D 1. metatarzalna kost	0,7857 ± 0,5260 mm	0,8357 ± 0,5429 mm	0,6221
D 5. metatarzalna kost	1,0214 ± 0,5294	0,9500 ± 0,5841	0,4548
D palac	0,8143 ± 0,5082	0,7714 ± 0,7710	0,1272
D peta	1,1071 ± 0,8888	0,8500 ± 0,6186	0,0479
D cijelo stopalo	0,9321 ± 0,5913	0,8518 ± 0,5926	0,0676
L 1. metatarzalna kost	1,0714 ± 0,6911	0,8714 ± 0,3811	0,1099
L 5. metatarzalna kost	0,9143 ± 0,4538	0,7214 ± 0,3239	0,0245
L palac	0,7071 ± 0,3407	0,7500 ± 0,7057	0,6355
L peta	0,9429 ± 0,6406	0,7643 ± 0,4254	0,0479
L cijelo stopalo	0,9089 ± 0,4781	0,7768 ± 0,4215	0,0061
ukupno	0,9205 ± 0,5246	0,8143 ± 0,5019	0,0295

Nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,6221$) u osjetu desnog stopala u točki glavice prve metatarzalne kosti kod ženskog ($0,6143 \pm 0,2968$ mm) i muškog spola ($0,9571 \pm 0,6655$ mm). Kod osjeta u točki glavice pete metatarzalne kosti desnog stopala također nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,5197$) kod muškog ($1,1714 \pm 0,6102$ mm) i ženskog spola ($0,8714 \pm 0,8714$ mm). U točki desnog palca također nije pronađena značajna razlika ($p = 0,4021$) između muškog ($0,9429 \pm 0,6803$ mm) i ženskog spola ($0,6857 \pm 0,2410$ mm). Kod osjeta u peti desnog stopala između muškog ($1,3857 \pm 1,0637$ mm) i ženskog spola ($0,8286 \pm 0,6317$ mm) također nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,1993$). Usporedivši sve točke desnog stopala muškog ($1,1143 \pm 0,7395$ mm) i ženskog spola ($0,7500 \pm 0,3651$ mm) nije pronađena statistički ($p = 0,2764$). Mjerenjem osjeta u lijevom stopalu u točki glavice prve metatarzalne kosti između muškog ($1,2429 \pm 0,7345$) i ženskog spola ($0,9000 \pm 0,6532$) nije pokazana statistički značajna razlika ($p = 0,1984$). u točki lijeve glavice pete metatarzalne kosti između muškog ($1,0429 \pm 0,5224$ mm) i ženskog spola ($0,7857 \pm 0,3671$ mm) također nije pronađena značajna razlika ($p = 0,2438$). Kod ispitivanja osjeta u točki lijevog palca muškog ($0,7143 \pm 0,3805$ mm) i ženskog spola ($0,7000 \pm 0,3266$ mm) nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,7972$). Statistički značajna razlika nije pronađena ($p = 0,2759$) ni u točki lijeve pete između muškog ($1,1571 \pm 0,8018$ mm) i ženskog spola ($0,7286 \pm 0,3729$ mm). Također gledajući sve točke lijevog stopala muškog ($1,0393 \pm 0,5494$) i ženskog spola ($0,7786 \pm 0,3922$) nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,2496$). Uspoređujući srednju vrijednost svih točaka lijevog i desnog stopala kod muškog ($1,0768 \pm 0,6305$) i ženskog spola ($0,7643 \pm 0,3765$) nije pronađena statistički značajna razlika ($p = 0,3829$). (Tablica 3.)

Tablica 3. Osjet u stopalu u svim točkama kod muškog i ženskog spola te postotak.

Točka na stopalu	M (x+-sd)	Ž (x+-sd)	p
D 1. metatarzalna kost	0,9571± 0,6655 mm	0,6143 ± 0,2968 mm	0,5640
D 5. metatarzalna kost	1,1714 ± 0,6102	0,8714 ± 0,8714	0,5197
D palac	0,9429 ± 0,6803	0,6857 ± 0,2410	0,4021
D peta	1,3857 ± 1,0637	0,8286 ± 0,6317	0,1993
D cijelo stopalo	1,1143 ± 0,7395	0,7500 ± 0,3651	0,2764
L 1. metatarzalna kost	1,2429 ± 0,7345	0,9000 ± 0,6532	0,1984
L 5. metatarzalna kost	1,0429 ± 0,5224	0,7857 ± 0,3671	0,2438
L palac	0,7143 ± 0,3805	0,7000 ± 0,3266	0,7972
L peta	1,1571 ± 0,8018	0,7286 ± 0,3729	0,2759
L cijelo stopalo	1,0393 ± 0,5494	0,7786 ± 0,3922	0,2496
ukupno	1,0768 ± 0,6305	0,7643 ± 0,3765	0,3829

5. RASPRAVA

U ovom istraživanju ispitivala se razlika osjeta u stopalu u tri točke oslonca i plantarnoj površini palca prije i nakon provedenih vježbi balansa. Kod srednjih vrijednosti osjeta u stopalu desne noge na tuberu kalkaneusa odnosno peti pokazuju da se osjet u desnoj peti poboljšao nakon vježbanja balansa. Kod glavica prve i pete metatarzalne kosti i palca nije pronađeno poboljšanje osjeta nakon vježbi balansa. Gledajući srednju vrijednost svih točaka mjerenja osjeta dodira desnog stopala nema poboljšanja osjeta nakon vježbi iako se da primijetiti da je vrijednost blizu statističke značajnosti ($p=0,0676$). Kod lijevog stopala osjet se poboljšao u točki glavice pete metatarzalne kosti i na peti nakon vježbanja balansa. U toči mjerenja osjeta plantarne površine palca i glavice prve metatarzalne kosti nije došlo do poboljšanja osjeta. Uzevši srednju vrijednost svih točaka mjerenja osjeta u lijevom stopalu prije i nakon vježbanja balansa dolazi do poboljšanja osjeta. Znači da se osjet poboljšao nakon vježbi balansa na lijevoj i desnoj nozi u peti koja pri stajanju bez čarapa i obuće podnosi veći postotak sile težine od druge dvije točke (6). U već spomenutom istraživanju u uvodu gdje se mjerio osjet u trideset različitih točaka na stopalu, u području pete je bio najkvalitetniji osjet (9). Iako se u nekim točkama osjet nije poboljšao nakon vježbi, gledajući ukupno sve točke mjerenja osjeta lijevog i desnog stopala kvaliteta osjeta se poboljšala nakon vježbanja balansa. Nadalje se potvrđuje hipoteza da je vježbanje balansa povezano s poboljšanim osjetom u stopalu. Kod istraživanja Azbell i suradnika se pri povećanju impulsa utjecalo na osjet stopala što je posljedično poboljšalo posturalni balans ispitanika (39) dok se u drugom istraživanju koristila električna stimulacija na dijabetičkom stopalu i time se osim osjeta poboljšao i posturalni balans (40). Prilikom ispitivanja sto četiri žene gerijatrijske dobi dokazano je da vježbanje brzih pokreta očiju poboljšava balans i osjet u plantarnom dijelu stopala što može biti i prevencija padova (41). Kod djece sa dijagnozom cerebralne paralize slabija kvaliteta osjeta u stopalu utječe na balans tako oboljeli imaju problema sa održavanjem ravnoteže i pravilnim posturalnim balansom (42). Nadalje studija u kojoj je sudjelovalo sto sedamdeset šest ispitanika su plantarna taktilna osjetljivost stopala i snaga plantarnog fleksora palca bile značajni i neovisni prediktori performansi ravnoteže i funkcionalnog testa (43). U navedenim istraživanjima postoji povezanost osjeta u stopalu i balansa bilo kod raznih patologija ili u zdravih ispitanika. Međutim iako je prilikom traženja literature lakše dostupna literatura koja dokazuje povezanost balansa i osjeta neka istraživanja nisu pokazala povezanost. U istraživanju sa pedeset šest ispitanika je mjereno osjet u sedam osjetnih točki na stopalu i evaluiran balans i mobilnost po Berg Balance skali i Rivermead Mobility Indeks. Istraživanje nije pokazalo povezanost kvalitete osjeta u stopalu sa balansom i mobilnošću (44).

Specifični cilj istraživanja je bio istražiti postoji li razlika u osjetu stopala između spolova gdje se pretpostavljalo da spol ne utječe na kvalitetu osjeta stopala. Rezultati istraživanja su pokazali da u niti jednoj točki mjerenja osjeta stopala pa niti gledajući ukupnu vrijednost lijevog i desnog stopala odnosno sve točke mjerenja osjeta zajedno nema statističke značajnosti. Time se potvrđuje druga hipoteza da osjet u stopalu ne ovisi o spolu.

Već navedeno istraživanje koje je radilo mapu osjetljivosti stopala sa trideset različitih točaka osjeta na stopalu. Sudjelovalo četrdeset muškaraca i žena gdje se osim dodira koristila se i vibracija pri mjerenju osjeta. Rezultati su pokazali da pri dodiru nema značajne razlike među spolovima no vibraciju su žene bolje osjetile (9).

6. ZAKLJUČAK

Somatosenzorni sustav se dijeli na: osjet odnosno dodir, percepciju koja je ključna za sposobnost održavanja ravnoteže, osjet boli i temperature. Percepcija osvještava tijelo u prostoru kao što kinestezija to čini pri pokretu. Prilikom stajanja ili hoda održavamo ravnotežu odnosno balans kako bi tijelo bilo funkcionalno i svrsishodno. Pritom se težina cijelog tijela prenosi na stopala koja su ujedno i oslonac. Postoje tri točke oslonca: glavice prve i pete metatarzalne kosti te peta odnosno tuber kalkaneusa. Prilikom ovog istraživanja osjet se ispitivao u ove tri točke i plantarnoj površini palca, čiji su mišići važni kod balansa te je on oslonac pri hodu u fazi iskoraka. Ispitivanjem osjeta nije pronađena razlika u kvaliteti osjeta stopala ovisno o spolu. Nakon petnaest minuta provođenja vježbi balansa ponovno se ispitao osjet. Rezultati su pokazali da se nakon provedenih vježbi kvaliteta osjeta poboljšala.

Buduća istraživanja bi trebala dalje ispitati utjecaj vježbi balansa na osjet u stopalu s većim brojem ispitanika te višekratnim provođenjem vježbi balansa u određenom periodu.

LITERATURA

1. Brodal, A. (1981) Neurological anatomy. Oxford University Press, Oxford. -
References - Scientific Research Publishing [Internet]. [cited 2022 Jun 9]. Available
from:
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=864010](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=864010)
2. Afifi AK, Bergman RA (Ronald A. Afifi AK. Neuroanatomía Funcional. 2005;494.
3. Kirkpatrick JP. Spinal Cord and Peripheral Nervous System. 2014 [cited 2022 Jun
9];21–48. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-75863-1_2
4. Bučuk Mira, Tuškan-Mohar Lidija. Neurologija za stručne studije. Medicinski fakultet
Sveučilišta u Rijeci. 2012;17–8.
5. Križan Zdenko. Kompendij anatomije čovjeka . Prvo izdanje. Vol. III. dio. Zagreb:
Školska knjiga; 1986. 200–266 p.
6. Pećina Marko. Ortopedija. Zagreb: Naklada Ljevak; 2000. 289–291 p.
7. Buso A, Shitoot N. Sensitivity of the foot in the flat and toe off positions. Appl Ergon
[Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2022 Jun 13];76:57–63. Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30642525/>
8. Wiggermann NE, Werner RA, Keyserling WM. The effect of prolonged standing on
touch sensitivity threshold of the foot: a pilot study. PM R [Internet]. 2012 Feb [cited
2022 Jun 13];4(2):117–22. Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22373461/>
9. Hennig EM, Sterzing T. Sensitivity mapping of the human foot: thresholds at 30 skin
locations. Foot Ankle Int [Internet]. 2009 Oct [cited 2022 Jun 13];30(10):986–91.
Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19796593/>
10. Alfuth M, Rosenbaum D. Long distance running and acute effects on plantar foot
sensitivity and plantar foot loading. Neurosci Lett [Internet]. 2011 Sep 26 [cited 2022
Jun 13];503(1):58–62. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21871535/>
11. ravnoteža | Hrvatska enciklopedija [Internet]. [cited 2022 Jun 11]. Available from:
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=52003>

12. balans | Hrvatska enciklopedija [Internet]. [cited 2022 Jun 11]. Available from: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=5437>
13. Krebs DE, Goldvasser D, Lockert JD, Portney LG, Gill-Body KM. Is base of support greater in unsteady gait? *Phys Ther* [Internet]. 2002 [cited 2022 Jun 11];82(2):138–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11856065/>
14. “Physical Rehabilitation, 6th edition” by Susan B. O’Sullivan, Thomas J. Schmitz et al. [Internet]. [cited 2022 Jun 11]. Available from: <https://hsrc.himmelfarb.gwu.edu/books/85/>
15. Ivanenko Y, Gurfinkel VS. Human postural control. *Frontiers in Neuroscience*. 2018 Mar 20;12(MAR):171.
16. Bajek Snježana, Bobinac Dragica, Jerković Romana, Malnar Danijela, Marić Ivana. *Sustavna anatomija čovjeka*. Prvo izdanje. Rijeka: Sveučilište u RijeciPr; 2007. 221–233 p.
17. Pau M, Arippa F, Leban B, Corona F, Ibba G, Todde F, et al. Relationship between static and dynamic balance abilities in Italian professional and youth league soccer players. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2015 Aug 1 [cited 2022 Jun 12];16(3):236–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25869425/>
18. Sell TC. An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adults. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2012 May [cited 2022 Jun 12];13(2):80–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22498148/>
19. Tsai LC, Yu B, Mercer VS, Gross MT. Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2006;36(12):942–53.
20. Dubin A. Gait: the role of the ankle and foot in walking. *Med Clin North Am* [Internet]. 2014 Mar [cited 2022 Jun 13];98(2):205–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24559869/>
21. Zulkifli SS, Loh WP. A state-of-the-art review of foot pressure. *Foot Ankle Surg* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2022 Jun 13];26(1):25–32. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30600155/>

22. Cobb SC, Bazett-Jones DM, Joshi MN, Earl-Boehm JE, James CR. The relationship among foot posture, core and lower extremity muscle function, and postural stability. *J Athl Train* [Internet]. 2014 [cited 2022 Jun 13];49(2):173–80. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24568226/>
23. Ferrari E, Cooper G, Reeves ND, Hodson-Tole EF. Intrinsic foot muscles act to stabilise the foot when greater fluctuations in centre of pressure movement result from increased postural balance challenge. *Gait Posture* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2022 Jun 13];79:229–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32446178/>
24. Schneiders A, Gregory K, Karas S, Mündermann A. Effect of foot position on balance ability in single-leg stance with and without visual feedback. *J Biomech* [Internet]. 2016 Jun 14 [cited 2022 Jun 13];49(9):1969–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27156374/>
25. Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E, Wardzala R. Arch of the foot and postural balance in young judokas and peers. *J Pediatr Orthop B* [Internet]. 2015 Aug 8 [cited 2022 Jun 13];24(5):456–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26110217/>
26. The effects of foot type and heritability on balance and plantar pressure distribution of female twins - PubMed [Internet]. [cited 2022 Jun 13]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25394475/>
27. Wallace JW, Rasman BG, Dalton BH. Vestibular-Evoked Responses Indicate a Functional Role for Intrinsic Foot Muscles During Standing Balance. *Neuroscience* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2022 Jun 13];377:150–60. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29524635/>
28. Donath L, Roth R, Zahner L, Faude O. Slackline Training (Balancing Over Narrow Nylon Ribbons) and Balance Performance: A Meta-Analytical Review. *Sports Med* [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2022 Jun 13];47(6):1075–86. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27704483/>
29. Zhang S lin, Liu D, Yu D zhen, Zhu Y ting, Xu W chao, Tian E, et al. Multisensory Exercise Improves Balance in People with Balance Disorders: A Systematic Review. *Curr Med Sci* [Internet]. 2021 Aug 1 [cited 2022 Jun 13];41(4):635–48. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34403086/>

30. Halabchi F, Alizadeh Z, Sahraian MA, Abolhasani M. Exercise prescription for patients with multiple sclerosis; potential benefits and practical recommendations. *BMC Neurol* [Internet]. 2017 Sep 16 [cited 2022 Jun 13];17(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28915856/>
31. Gschwind YJ, Kressig RW, Lacroix A, Muehlbauer T, Pfenninger B, Granacher U. A best practice fall prevention exercise program to improve balance, strength / power, and psychosocial health in older adults: study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Geriatr* [Internet]. 2013 [cited 2022 Jun 13];13(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24106864/>
32. Heitkamp HC, Horstmann T, Mayer F, Weller J, Dickhuth HH. Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int J Sports Med* [Internet]. 2001 [cited 2022 Jun 13];22(4):285–90. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11414672/>
33. Cuğ M, Duncan A, Wikstrom E. Comparative Effects of Different Balance-Training-Progression Styles on Postural Control and Ankle Force Production: A Randomized Controlled Trial. *J Athl Train* [Internet]. 2016 Feb 1 [cited 2022 Jun 13];51(2):101–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26878257/>
34. Erdoğanoğlu Y, Sayaca Ç, Çalık M, Noyan CO, Çetin A, Yertutanol DK, et al. Evaluation of Plantar Foot Sensation, Balance, Physical Performance, and Fear of Movement in Substance Use Disorders. *J Am Podiatr Med Assoc* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2022 Jun 13];110(3):1–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31566442/>
35. Taşcılar LN, Kaya Utlu D, Sayaca Ç, Polat G, Kuyucu E, Erdil ME. Is plantar foot sensation affected in patients with gonarthrosis. *Acta Orthop Traumatol Turc* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2022 Jun 13];55(6):518–26. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34967741/>
36. Citaker S, Gunduz AG, Guclu MB, Nazliel B, Irkec C, Kaya D. Relationship between foot sensation and standing balance in patients with multiple sclerosis. *Gait Posture* [Internet]. 2011 Jun [cited 2022 Jun 13];34(2):275–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21683600/>
37. Parsons SL, Mansfield A, Inness EL, Patterson KK. The relationship of plantar cutaneous sensation and standing balance post-stroke. *Top Stroke Rehabil* [Internet].

- 2016 [cited 2022 Jun 14];23(5):326–32. Available from:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27077993/>
38. Erdoğanoğlu Y, Yalçın B, Külah E, Kaya D. Is there a relationship between plantar foot sensation and static balance, physical performance, fear of falling, and quality of life in hemodialysis patients? *Hemodial Int* [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2022 Jun 14];23(2):273–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30740855/>
 39. Azbell J, Park J, Chang SH, Engelen MPKG, Park H. Plantar or Palmar Tactile Augmentation Improves Lateral Postural Balance With Significant Influence from Cognitive Load. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* [Internet]. 2021 [cited 2022 Jun 14];29:113–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33170781/>
 40. Najafi B, Talal TK, Grewal GS, Menzies R, Armstrong DG, Lavery LA. Using Plantar Electrical Stimulation to Improve Postural Balance and Plantar Sensation Among Patients With Diabetic Peripheral Neuropathy: A Randomized Double Blinded Study. *J Diabetes Sci Technol* [Internet]. 2017 Jul 1 [cited 2022 Jun 14];11(4):693–701. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28627217/>
 41. Bae Y. Saccadic Eye Movement Improves Plantar Sensation and Postural Balance in Elderly Women. *Tohoku J Exp Med* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2022 Jun 14];239(2):159–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27302207/>
 42. Zarkou A, Lee SCK, Prosser LA, Jeka JJ. Foot and Ankle Somatosensory Deficits Affect Balance and Motor Function in Children With Cerebral Palsy. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2020 Feb 26 [cited 2022 Jun 14];14. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32161527/>
 43. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* [Internet]. 2005 [cited 2022 Jun 14];60(12):1546–52. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16424286/>
 44. Ünver B, Akbaş E. Effects of plantar sensitivity on balance and mobility in community-dwelling older adults: A Turkish study. *Australas J Ageing* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2022 Jun 14];37(4):288–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29979485/>

PRIVITCI

PRILOG A SLIKE

Slika 1. Podjela somatosenzornog sustava	3
Slika 2. Kosti stopala	5
Slika 3. Inervacija stopala	6
Slika 4. Funkcioniranje glavnih senzoričkih sustava	8
Slika 5. Faze hoda	10
Slika 6. Prijenos sile težine tijela na stopalo	10
Slika 7. Balansne daske	13
Slika 8. Esteziometar	20
Slika 9. Vježbanje na balansnoj dasci	21
Slika 10. Raspodjela ispitanika po dobi	22
Slika 11. Srednja vrijednost svih točaka prije i nakon vježbanja balansa.....	23

PRILOG B TABLICE

Tablica 1. Predispozicije potrebne za održavanje balansa.....	9
Tablica 2. Vrijednosti mjerenja u svim točkama prije i nakon vježbanja balansa i postotak....	23
Tablica 3. Osjet u stopalu u svim točkama kod muškog i ženskog spola te postotak.....	24