

# Utjecaj vježbi očnih mišića na balans i koordinaciju

---

Špeh, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:747581>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
PRIJEDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ FIZIOTERAPIJA

Karlo Špeh

UTJECAJ VJEŽBI OČNIH MIŠIĆA NA BALANS I KOORDINACIJU

Završni rad

Rijeka, 2024.

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

Karlo Špeh

IMPACT OF EYE MUSCLE EXERCISES ON BALANCE AND  
COORDINATION

Final thesis

Rijeka, 2024.

## SADRŽAJ

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD.....                                                          | 1  |
| 1.1. Propriocepcija .....                                             | 1  |
| 1.2. Statička i dinamička propriocepcija.....                         | 1  |
| 1.3. Proprioceptivni sustav.....                                      | 2  |
| 1.3.1. Golgijev tetivni organ .....                                   | 2  |
| 1.3.2. Mišićno vreteno .....                                          | 3  |
| 1.4. Mali mozak .....                                                 | 3  |
| 1.5. Vestibularni sustav .....                                        | 4  |
| 1.5.1. Uloga vestibulo-okularnog refleksa u održavanju ravnoteže..... | 4  |
| 1.6. Anatomija oka.....                                               | 6  |
| 1.6.1. Funkcije vanjskih mišića oka.....                              | 7  |
| 1.7. Osjetni putovi.....                                              | 9  |
| 1.7.1. Vidni put.....                                                 | 9  |
| 1.7.2. Vestibularni put .....                                         | 9  |
| 1.8. Koordinacija.....                                                | 10 |
| 1.9. Balans.....                                                      | 10 |
| 1.9.1. Statička ravnoteža .....                                       | 11 |
| 1.9.2. Dinamička ravnoteža .....                                      | 11 |
| 1.10. Okulo-motoričke vježbe.....                                     | 12 |
| 2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....                                            | 13 |
| 3. ISPITANICI I METODE .....                                          | 14 |
| 3.1. Ispitanici.....                                                  | 14 |
| 3.2. Varijable .....                                                  | 14 |

|        |                                      |    |
|--------|--------------------------------------|----|
| 3.3.   | Opis postupka.....                   | 14 |
| 3.3.1. | Postural Cybernetic test .....       | 15 |
| 3.3.2. | Wall Toss test .....                 | 15 |
| 3.4.   | Prikaz vježbi za očne mišiće .....   | 16 |
| 3.5.   | Statistička obrada podataka.....     | 19 |
| 3.6.   | Etički aspekti istraživanja .....    | 19 |
| 4.     | REZULTATI .....                      | 20 |
| 4.1.   | Antropometrijske karakteristike..... | 20 |
| 4.2.   | Testiranje.....                      | 20 |
| 4.3.   | Koordinacija.....                    | 21 |
| 4.4.   | Balans.....                          | 21 |
| 5.     | RASPRAVA.....                        | 25 |
| 6.     | ZAKLJUČAK.....                       | 29 |
| 7.     | LITERATURA.....                      | 30 |
| 8.     | PRILOZI.....                         | 34 |
| 9.     | ŽIVOTOPIS.....                       | 35 |

## SAŽETAK

**Uvod:** Propriocepcija je sposobnost obrade senzornih informacija koji se odnose na položaj tijela ili udova i kretanje u prostoru koje potječu od receptora u mišićima, tetivama i zglobnim čahurama. Cilj istraživanja je usporediti utjecaj vježbi očnih mišića na balans i koordinaciju kod zdravih mladih osoba.

**Materijali i metode:** U istraživanju je sudjelovalo 30 ispitanika. Svi ispitanici su studenti Fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Na početku istraživanja svim je sudionicima bila objašnjena svrha rada te im je objašnjen postupak i način testiranja. Na „Posturomedu“ je testirana statička ravnoteža gdje su ispitanici stali u jednonožni stojeći stav posebno za lijevu i desnu nogu na balansnu platformu koja se pomiče u dvije osi. „Wall Toss“ testom je ispitivana koordinacija oko-ruka pri čemu su ispitanici bacanjem loptice u zid u vremenskom periodu od 30 sekundi pokušali napraviti što više ponavljanja. Nakon provedenih testova ispitanicima je objašnjeno provođenje vježbi za očne mišiće. Ispitanici su potom kroz period od 10 dana radili iste vježbe dva puta dnevno te je nakon toga učinjeno re-testiranje svih sudionika.

**Rezultati:** Dobiveni rezultati pokazuju statistički značajno poboljšanje nakon provedenih vježbi za očne mišiće u koordinaciji ( $p < .001$ ) i balansu ( $p < .001$ ).

**Zaključak:** Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da upotrebom vježbi za očne mišiće može doći do poboljšanja u balansu i koordinaciji kod ispitanika. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se ove hipoteze dodatno potvrdile.

**Ključne riječi:** balans, koordinacija, propriocepcija, Posturomed, vježbe za očne mišiće, Wall Toss test

## SUMMARY

**Introduction:** Proprioception is the ability to process sensory information related to the position of the body or limbs and movement in space, originating from receptors in the muscles, tendons, and joint capsules. The aim of the research is to compare the impact of eye muscle exercises on balance and coordination in healthy young individuals.

**Materials and Methods:** The study involved 30 participants, all students of Physiotherapy at the Faculty of Health Studies in Rijeka. At the beginning of the study, the purpose of the work and the procedure and method of testing were explained to all participants. Static balance was tested on the "Posturomed," where the participants stood in a single-leg stance separately for the left and right leg on a balance platform that moves in two axes. The "Wall Toss" test was used to examine hand-eye coordination, where participants attempted to make as many repetitions as possible within a 30-second period by throwing a ball against the wall. After the tests, participants were instructed how to perform eye muscle exercises. Participants then performed these exercises twice daily for a period of 10 days, after which all participants were re-tested.

**Results:** The obtained results show a statistically significant improvement after the eye muscle exercises in coordination ( $p < .01$ ) and balance ( $p < .01$ ).

**Conclusion:** From the obtained results, it can be concluded that the use of eye muscle exercises can lead to improvements in balance and coordination in the participants. Further research is needed to confirm this hypothesis.

**Keywords:** balance, coordination, eye muscle exercises, proprioception, Posturomed, Wall Toss test

# 1. UVOD

## *1.1. Propriocepcija*

Propriocepcija je važan tjelesni neuromuskularni osjet. Pojam propriocepcija odnosi se na nesvjesnu obradu senzornih informacija koje se odnose na položaj tijela ili udova i kretanje u prostoru koje potječu od receptora u mišićima, tetivama i zglobnim čahurama (7,17). Spada pod "šesto čulo" te je poznatija kao somatosenzacija. Somatosenzacija ili somatosenzorni osjet je sveobuhvatni pojam koji uključuje potkategorije mehanorecepcije (vibracija, pritisak, diskriminirajući dodir), termorecepcije (temperatura), nocicepcije (bol), ekvilibriocepcije (ravnoteža) i propriocepcije (osjet položaja i kretanje). Povratne informacije iz svih ovih različitih senzornih komponenti proizlaze iz našeg perifernog živčanog sustava (PNS) i prenose informacije u naš središnji živčani sustav, kako na razini leđne moždine (refleksno), tako se i šalju u moždanu koru na detaljniju obradu (1). Propriocepcija kao takva se može shvatiti kao da uključuje različite podmodalitete kao što su osjećaj položaja zgloba, kinestezija, osjećaj sile i osjećaj promjene brzine. Neurološka osnova propriocepcije primarno dolazi od osjetnih receptora kao što su mehanoreceptori i proprioceptori koji se nalaze u vašoj koži, zglobovima i mišićima. Takvi aferentni receptori omogućuju identifikaciju položaja udova i pokreta putem neuralnog signaliziranja promjene istezanja mišića, kože ili zglobova (1).

## *1.2. Statička i dinamička propriocepcija*

Propriocepcija se kao takva može podijeliti na statičku i dinamičku gdje se statička definira kao osjećaj prepoznavanja dijela tijela u prostoru i prepoznavanju položaja tijela, a dinamička propriocepcija se poistovjećuje sa kinestezijom, tj. svjesnost pokreta ljudskog tijela (9).

Isto tako, osjećaj statičkog položaja ekstremiteta, poznat kao osjet položaja ili proprioceptivni osjećaj, osiguran je putem primarnih i sekundarnih aferentnih vlakana. Primarna aferentna vlakna, koja čine većinu proprioceptivnih signala, osjetljiva su na promjene u mišićnoj napetosti i duljini te prenose informacije o trenutačnom položaju i napetosti mišića natrag u središnji živčani sustav. Sekundarna aferentna vlakna djeluju u složenijim proprioceptivnim sustavima, kao što su Golgijevi tetivni organi, pridonoseći dubinskom osjećaju i održavanju ravnoteže.



Osim osjeta statičkog položaja, propriocepcija omogućuje i osjećaj dinamičkog kretanja ili kinesteziju. Ovaj osjećaj uglavnom proizlazi iz informacija koje šalju primarna aferentna vlakna tijekom promjena u mišićnoj napetosti i položaju zglobova tijekom pokreta. Na primjer, tijekom izvođenja složenih pokreta poput hodanja, skakanja ili preciznih manipulacija predmetima, propriocepcija omogućuje tijelu da koordinira mišićnu aktivnost i održava kontrolu nad položajem i kretanjem ekstremiteta (8).

### *1.3. Proprioceptivni sustav*

Osnova propriocepcije dolazi iz osjetnih receptora koji su zaduženi za slanje informacija u središnji živčani sustav. Takvi receptori se nalaze u koži, mišićima, zglobovima, tetivama i ligamentima i nazivaju se mehanoreceptori i proprioceptori. Ovi receptori omogućavaju detekciju položaja ekstremiteta i samih pokreta putem neurološkog signaliziranja promjene istezanja mišića, kože ili zglobova. Mehanoreceptor spada pod osjetilne receptore koji prepoznaje i reagira na mehaničke promjene u organizmu. Pod takve mehanoreceptore spadaju: Pacinijeva tjelešca, Meissnerova tjelešca, Merkelovi diskovi, Ruffinijeva tjelešca te Golgijev tetivni organ. Mišićno vreteno i mali mozak isto tako sudjeluju u slanju i obradi podataka te se kao takvi smatraju dijelom proprioceptivnog sustava (1).

#### *1.3.1. Golgijev tetivni organ*

Definicija Golgijevog tetivnog organa glasi da su to mehanoreceptivni organi koji se bave osjećajem napora i reagiraju na promjene u mišićnom opterećenju. Receptori Golgijevog tetivnog organa nalaze se na miotendinoznom spoju skeletnih mišića te pokazuju malu aktivaciju kod rastezanja samoga mišića, no imaju veliku osjetljivost na kontrakciju motornih jedinica koje su u seriji s tetivnim organom koje inerviraju. Ukratko, za razliku od mišićnoga vretena, Golgijev tetivni organ zamjećuje napetost mišića. Tetivni aparat se aktivira i pri zaštitnim mehanizmima kod prevencije naglih istegnuća, koje mogu oštetiti tetivu ili mišić (8).

### *1.3.2. Mišićno vreteno*

Unutar samih mišića nalaze se proprioceptori ili posebni osjetilni receptori koji šalju informaciju središnjem živčanom sustavu o istezanju mišića i brzini njegove promjene. Takvi receptori se nazivaju mišićna vretena. Mišićno se vreteno sastoji od intrafuzalnih i ektrafuzalnih vlakana. Intrafuzalna vlakna su veoma osjetljiva na istezanje. Svako mišićno vreteno sastoji se od tri glavne komponente: intrafuzalna vlakna, aferentni aksoni i eferentni aksoni. Aferentni aksoni zaduženi su za promjene istegnutosti intrafuzalnih vlakana, dok su eferentni aksoni zaduženi za regulaciju osjetljivosti receptora. Mišićna vretena nalaze se u svim skeletnim mišićima, no broj i raspored im ovisi tipu mišića. Primjerice, u mišićima zaduženim za finu motoriku nalazi se veći broj receptora, dok kod grube motore postoji manji broj mišićnih vretena (9).

### *1.4. Mali mozak*

Mali mozak, cerebellum, nalazi se u stražnjoj lubanjskoj jami te se položajno nalazi ispod stražnjeg dijela velikoga mozga i iza moždanog debla. Cerebellum oblikuju dvije polutke, hemispheria cerebelli, koje su izgledom simetričnog oblika te neparni dio maloga mozga, vermis cerebelli, koji se nalazi u središtu između samih polutka (2). Ta podjela na tri dijela jasno je izražena samo na donjoj površini, gdje vermis oblikuje dno udubine nazvane vallecule cerebelli. Filogenetskim istraživanjima utvrđeno je da mali mozak ima stari dio koji se razvija rano i postoji u svih kralježnjaka te novi dio koji se razvija kasnije te se nalazi samo u sisavaca(10). Siva tvar čini površinu cerebelluma dok se u dubini samih hemisfera nalazi bijela tvar. Mali mozak bitan je organ za funkciju kontrole vrlo brzih mišićnih aktivnosti, prati i izvodi prilagođavanja potrebna za korekciju motoričke aktivnosti započete u drugim dijelovima mozga. Jednako tako neprekidno prima informacije iz periferije i pomoću kojih određuje trenutno stanje svakog dijela tijela: položaj, veličinu pokreta, sile kojom djeluju i sl. Ukratko, sudjeluje u koordinaciji, finoj sinkronizaciji pokreta tijela te za regulaciju mišićnoga tonusa (9).

### *1.5. Vestibularni sustav*

Vestibularni sustav sastoji se od različitih struktura i živčanih putova kojima je jedna od zadaća doprinos boljem osjećaju ravnoteže i propriocepcije. Takve funkcije obuhvaćaju osjet orijentacije i ubrzanja glave u različitim smjerovima s povezanom kompenzacijom pokreta očiju i držanja. Refleksi koji su zaslužni za te funkcije nazivaju se vestibulookularni i vestibulospinalni refleksi. Vestibularni sustav služi za otkrivanje položaja i kretanja naše glave u prostoru. To omogućuje koordinaciju pokreta očiju, držanje i ravnotežu. Vestibularni aparat koji se nalazi u unutarnjem uhu pomaže u izvršenju ovog zadatka slanjem aferentnih živčanih signala iz njegovih pojedinačnih komponenti. Uz funkcije povezane s perifernim vestibularnim sustavom, središnji vestibularni sustav omogućuje obradu i interpretaciju aferentnih signala i izlaz eferentnih signala. Eferentni signali uključuju vestibulo-okularni refleks, koji omogućuje očima da ostanu fiksirane na objektu dok se glava pomiče, što se postiže koordiniranjem pokreta između oba oka (11).

#### *1.5.1. Uloga vestibulo-okularnog refleksa u održavanju ravnoteže*

Vestibulo-okularni refleks zadužen je za održavanje stabilne percepcije okoline, dok se tokom dana osoba bavi radnjama, kao što je hodanje ili trčanje. Refleks održava stabilnost i ravnotežu iako se oči i glava neprestano pomiču kada se izvode veliki broj aktivnosti u svakodnevnom životu. Kada se napravi pokret glavom, očni mišići se trenutno pokreću kako bi stvorili pokret oka suprotan pokretu glave gotovo istom brzinom kako bi došlo do prilagodbe vizualnog sustava na vanjsku okolinu. Zbog toga dolazi do stabilizacije slike u mrežnici držeći oko mirnim u prostoru i fokusiran na objekt, unatoč pokretima glave.

Vestibulo-okularni refleks se sastoji od tri glavne komponente: periferni senzorni aparat (skup senzora kretanja: polukružni kanali i otolitni organi), središnji mehanizam obrade i motorički izlaz (očni mišići) (12). Otolitni organi osjetljivi su na linearno ubrzanje i stoga otkrivaju položaj glave u odnosu na gravitaciju i translaciju glave, dok su polukružni kanali odgovorni za otkrivanje rotacije glave jer su osjetljivi na kutno ubrzanje. Oni se organiziraju u push-pull strukturu koja se sastoji od jednog polukružnog kanala na lijevoj strani i drugog polukružnog kanala na desnoj strani, koji rade koordinirajući jedan s drugim. Ljudi imaju ukupno šest kanala raspoređenih u tri glavne ravnine (prednja, stražnja, vodoravna) s obje strane; svaka ravnina ima par kanala. Kanal će biti stimuliran pokretom glave prema tom kanalu. Kada se aktivira kanal s jedne strane, dolazi

do inhibicije drugog kanala tijekom kutnih pokreta glave. Kada postoje pokreti glave i rotacija, brzina pokreta diktira razliku u brzini paljenja između dva polukružna kanala (12,13). središnji živčani sustav obrađuje podatke te šalje izlazne informacije leđnoj moždini i očnim mišićima za generiranje vestibulo-okularnog refleksa (13).



Slika 1 Vestibulo - okularni refleks

Preuzeto: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ3eF6VR\\_VWTBgJQeM0JGJuHm3Q7IW3D0L1Sw&](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ3eF6VR_VWTBgJQeM0JGJuHm3Q7IW3D0L1Sw&)

s

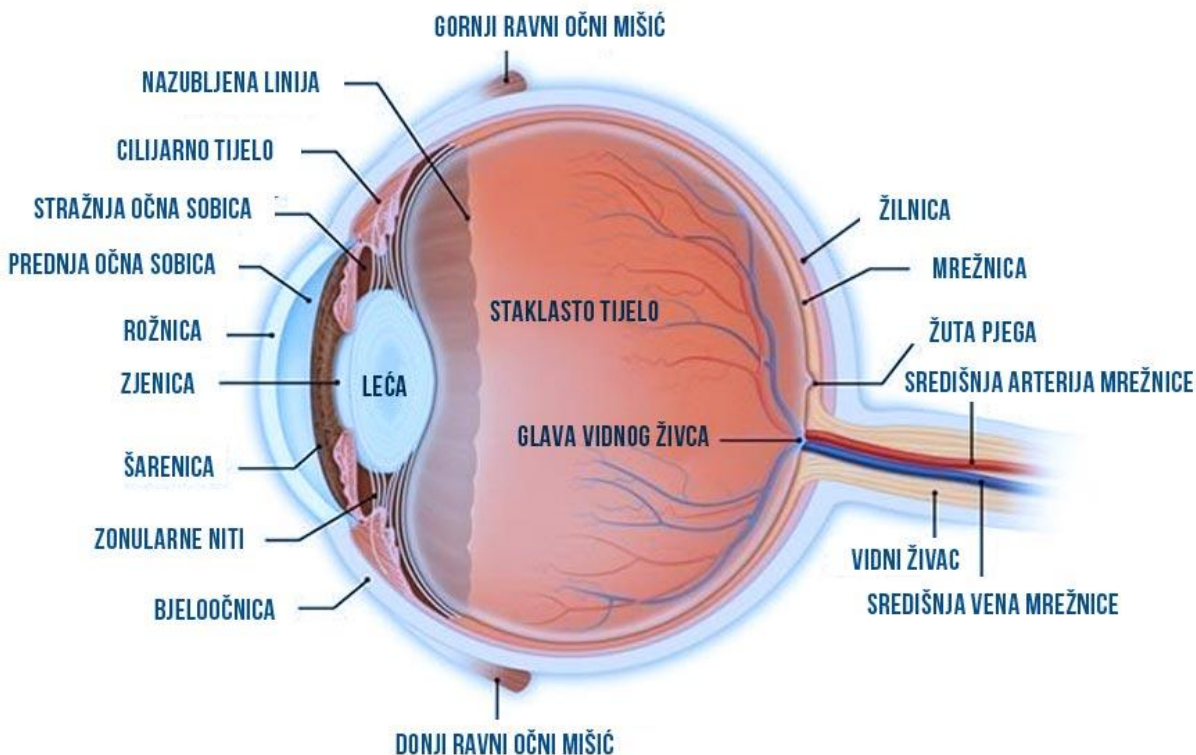
### *1.6. Anatomija oka*

Očna jabučica jest parni organ vida koji se nalazi u očnoj šupljini ili očnici. Očna jabučica prema obliku odgovara kugli promjera 25 milimetara, s tim da ima izražen prednji i stražnji pol. Uzdužna os jabučice spaja polove. Očnu jabučicu izgrađuju 3 očne ovojnice, leća, staklasto tijelo, očne sobice te očna vodica (2). Većina vanjske ovojnice sastoji se od čvrstog bijelog vlaknastog tkiva, bjeloočnice. Na prednjem dijelu se vanjski sloj transformira u rožnicu koja je sastavljena od prozirnog tkiva koje dopušta svjetlosnim zrakama da uđu u oko. Središnji sloj oka uključuje tri različite, no neprekidne strukture: šarenicu, cilijarno tijelo i žilnicu. Šarenica je obojeni dio oka koji se može vidjeti kroz rožnicu. Šarenica sadrži dvije grupe mišića sa suprotnim djelovanjem, koji omogućuju podešavanje veličine zjenice te je pod nadzorom neurološkog sustava. Cilijarno tijelo je prsten od tkiva koji okružuje leću i uključuje mišićnu komponentu koja je važna za prilagodbu lomne snage leće, te vaskularnu komponentu koja proizvodi tekućinu koja ispunjava prednji dio leće. Žilnica se sastoji od bogatog kapilarnog sloja koji služi kao glavni izvor krvne opskrbe fotoreceptora mrežnice. Samo mrežnica koja se nalazi u unutarnjem sloju oka sadrži neurone koji su osjetljivi na svjetlost i sposobni su prenijeti vizualne signale do okcipitalnoga režnja (5).

Na putu do mrežnice svjetlost prolazi kroz rožnicu, očnu leću i dva različita fluidna okruženja. Prednja sobica je prostor između očne leće i rožnice, ispunjena je očnom vodicom. Očna vodica je bistra, vodenasta tekućina koja opskrbljuje očne leće i ostale strukture sa hranjivim tvarima te se proizvodi u cilijarnom tijelu koje se nalazi u stražnjoj komori oka. Očna vodica teče prema prednjoj komori oka kroz zjenicu. Specijalizirana mreža stanica koja se nalazi na spoju između šarenice i rožnice omogućava protok očne vodice. U normalnim uvjetima, ravnoteža između proizvodnje i unosa očne vodice održava konstantan intraokularni tlak. Međutim, povećanje intraokularnog tlaka, koje se događa kod glaukoma, može smanjiti dotok krvi u oko i na kraju oštetiti neurone mrežnice (5,6).

Prostor između stražnjeg dijela leće i površine mrežnice ispunjen je gustom, želatinoznom tvari koja se naziva staklastim tijelom koja čini oko 80% volumena oka. Osim što održava oblik oka, staklasto tijelo sadrži fagocitne stanice koje uklanjaju krv i druge ostatke koji bi inače mogli ometati prijenos svjetlosti. Plutači su skupovi krhotina prevelikih za fagocitnu potrošnju koje stoga

ostaju bacati dosadne sjene na mrežnicu; obično nastaju kada se staklasta membrana koja stari odmakne od prednje očne jabučice kratkovidnih osoba (5).



Slika 2 Prikaz anatomije oka

Preuzeto:

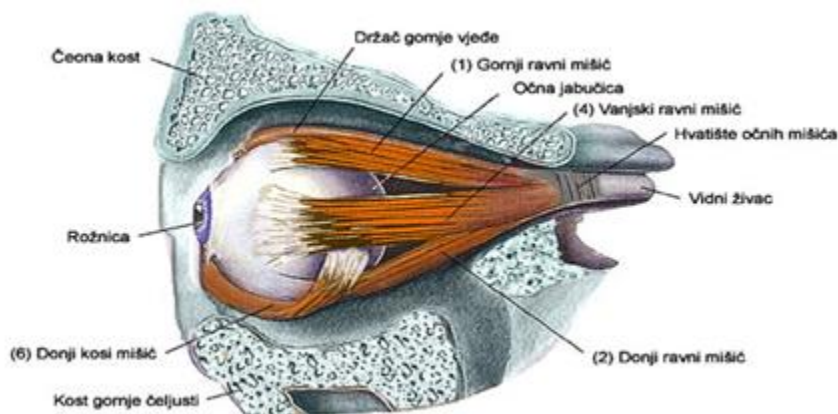
<https://ladavac.hr/images/anatomija-ljudskog-oka-kako-funkcionira-oko.jpg>

### 1.6.1. Funkcije vanjskih mišića oka

Motorni aparat očne jabučice izgrađuju šest mišića. Četiri su prava: mm. recti medialis, lateralis, superior i inferior, dok su dva kosa mišića: mm. obliqui superior i inferior. Djelovanjem opisanih mišića očni bulbus izvodi različite kretnje. S obzirom na kuglasti oblik, jabučica se kreće u svojem

ležištu poput konveksnog zglobnog tijela kod sferoidne artikulacije. U ulozi konkavne zglobne ploštine ovdje se javlja prema naprijed otvorena jama, koju tvori masno tkivo, dok dno jame oblaže vezivna opna koja istodobno okružuje očnu jabučicu. Tih šest mišića odgovorno je za pokrete oka oko tri osi. Oko vertikalne oko se pomiče medijalno i lateralno, tj. izvodi pokrete abdukcije i adukcije. Oko transverzalne osi izvodi pokrete elevacije i depresije, tj. pupila se pomiče prema gore i prema dolje. Pupila oko sagitalne osi izvodi rotacije prema unutra te prema van.

M. rectus medialis je čisti aduktor ocnog bulbosa, a m. rectus lateralis je čisti abduktor zbog njegovog položaja gdje leže u istoj ravnini s transverzalom i sagitalnom osi. M. rectus superior se nalazi na gornjoj strani bulbosa te se pruža naprijed i malo lateralno stoga on izvodi pokrete elevacije, adukcije te unutarnje rotacije oka. M. rectus inferior nalazi se na donjoj površini bulbosa, no isto ima smjer pružanja prema naprijed i malo lateralno te izvodi pokrete depresije, adukcije i vanjske rotacije. M. obliquus superior distalnim se dijelom tetive usmjeruje natrag i lateralno. S obzirom na to, izvodi pokrete depresije unutarnje rotacije i abdukcije oka. Analogno tome m. obliquus inferior radi pokrete elevacije vanjske rotacije i abdukcije oka (3).



Slika 3 Prikaz vanjskih mišića oka

Preuzeto: [http://drmilanpavic.com/ANATOMIJA%20I%20FIZIOLOGIJA%20OKA-link\\_files/image002.png](http://drmilanpavic.com/ANATOMIJA%20I%20FIZIOLOGIJA%20OKA-link_files/image002.png)

### *1.7. Osjetni putovi*

Osjetni putovi građeni su od sustava živčanih stanica i živčanih vlakana kod kojih se informacija iz periferije prenosi u koru velikoga ili malog mozga. Osjetni putovi su parni putovi koji se križaju na određenoj razini unutar središnjeg živčanog sustava. Sastoje se od specifičnih osjetnih putova kao što su: vidni, slušni, vestibularni, okusni te njušni put, te od nespecifičnih putova poput eksteroceptivnih i proprioceptivnih podražaja (2).

#### *1.7.1. Vidni put*

Vidni put, kako govori Križan, građen je od četiri neurona koji prenosi podražaje od štapića i čunjića u mrežnici oka sve do kortikalnog centra u zatiljnom režnju. Dva se nalaze u mrežnici, a to su stanice sa štapićem ili čunjićem kao prvi i bipolarne stanice kao drugi neuron. Treći neuroni imaju velike stanice koje također leže u mrežnici, a tek njihovi aksoni napuštaju očnu jabučicu i kao vlakna vidnoga živca ulaze u mozak. Na putu do zatiljnoga režnja, n. opticus prolazi kroz hijazmu, koja je mjesto djelomičnog ukrštanja vidnih putova. Vlakna koja potječu iz medijalne polovice mrežnice prelaze na drugu stranu, a vlakna iz njezine lateralne polovice ostaju na istoj strani. Poseban odnos pokazuju vlakna kojima je ishodište žuta pjega ili macula jer se u njoj nalazi točka najoštrijeg vida te vlakna dijelom prelaze na drugu stranu, a dijelom ostaju homo-lateralno. Četvrti neuroni spajaju corpus geniculatum laterale sa korom velikoga mozga. Vidna polja lijevog i desnog oka se u velikoj mjeri preklapaju te se u kortikalni centar prenose slike iz obiju mrežnica. Obje slike se stapaju i time je ostvareno binokularno gledanje (3).

#### *1.7.2. Vestibularni put*

Svrha vestibularnog puta je prijenos osjeta ravnoteže gdje su stanice prvih neurona bipolarne te izgrađuju vestibularni ganglij koji se smješten na dnu unutrašnjeg slušnog hodnika. N. statoacusticus izgrađen je od aksona prvih stanica koji odvodi impuls do drugih neurona koji se nalaze u mostu i produljenoj moždini. Aksoni drugih neurona kroz donji krak malog mozga ulaze u koru istog. Određene skupine neurona reagiraju na linearno, dok druge na kružno gibanje. Određene stanice u vestibularnom aparatu reagiraju na vrtnju u istome smjeru, a druge na vrtnju u



suprotnom smjeru. Svrha aktivacije određenih stanica šalje podražaje u mali i veliki mozak koji će napraviti korekciju položaja glave i tijela u prostoru (10).

### *1.8. Koordinacija*

Koordinacija se opisuje kao složena senzomotorička funkcija koja omogućuje pravilno i ciljano odvijanje motoričkih radnji (4). Svaka radnja koju mišić provodi, osim voljne inervacije mišića koji u njoj sudjeluju, zahtjeva i međusobnu suradnju mišića. Kod koordinacije pokreta iznimno je važna intramuskularna i intermuskularna koordinacija. Intramuskularna koordinacija jest sposobnost neuromišićnog sustava da optimalno aktivira raspoložive motorne jedinice agonista, tj. Motorne jedinice unutar mišića koji izvodi pokret. Intermuskularna koordinacija znači istodobno optimalno aktiviranje sinergista uz istodobnu relaksaciju ili optimalnu aktivaciju antagonista. Stoga, koordinacija se kao takva shvaća kao složena motorička sposobnost uporabe mišića na takav način, gdje oni rade zajedno, ravnomjerno i učinkovito (16). Poboljšavanje koordinacije postiže se vježbanjem s ciljem stvaranja odgovarajućih neuralnih sklopova za specifične uzorke kretanja(16,17). Izrađeni uzorak na kojem se baziraju vježbe koordinacije naziva se dinamičko-motorički stereotip, a označava vremensko i prostorno identično izvođenje uvježbanog motoričkog akta u svakom ponavljanju (16). Cilj jest da svijest više ne upravlja komponentama tih aktivnosti, već samo započinje, održava i zaustavlja izvedbu (17).

### *1.9. Balans*

Ravnoteža ili balans je pojam koju koriste zdravstveni djelatnici u širem spektru kliničkih specijalnosti (14). Nema univerzalne definicije za pojam balansa, no općeprihvaćena definicija jest da ravnoteža podrazumijeva sposobnost održavanja centra mase tijela iznad oslonca. Ispravno funkcioniranje sustava ravnoteže omogućuje ljudima jasno vidjeti dok se kreću, prepoznati orijentaciju u odnosu na gravitaciju, odrediti smjer i brzinu kretanja, te automatski prilagoditi držanje i stabilnost u različitim uvjetima i aktivnostima (15).

Sama po sebi, uključuje koordinaciju vidnih informacija, centara za ravnotežu gdje je primarno središte središnje uho i proprioceptivnih informacija s periferije. Ravnoteža je suprotna sili teži i predstavlja sposobnost sprečavanja pada (16). Sposobnost održavanja ravnoteže opada s godinama zbog samih promjena na vestibularnom, somatosenzornom, vizualnom i mišićno-koštanom sustavu te može predstavljati problem za stariju populaciju (18). No, treningom balansa dokazana je veća kortikalna debljina u vidnim i vestibularnim kortikalnim regijama (27). Ravnoteža se, s obzirom na aktivnosti u prostoru, može podijeliti na statičku i dinamičku ravnotežu (16,18).

#### *1.9.1. Statička ravnoteža*

Definira se kao sposobnost održavanja tijela u prostoru, tj. sposobnost održavanja posturalne stabilnosti i orijentacije sa središtem mase iznad baze oslonca i tijelom u mirovanju, gdje se može navesti primjer stajanja na čvrstoj podlozi (18). Utjecaj vida je jedna od komponenti u održavanju ravnoteže. Studija iz 2021. godine dokazala je da osobe sa oštećenjem vida imaju znatno narušenu statičku ravnotežu u odnosu sa zdravom populacijom. To ima velik značaj za samu rehabilitaciju gdje je značaj vizualnog učinka primijećen je u testovima s jednom nogom. Zahtjevniji testovi točnije otkrivaju kompenzatorne mehanizme ravnoteže (22).

#### *1.9.2. Dinamička ravnoteža*

Dinamička ravnoteža se definira kao sposobnost održavanja stabilnosti tijekom pomicanja težine, često uz promjenu baze oslonca (18). Dinamička ravnoteža može uključivati voljne segmentalne pokrete ili pokrete cijelog tijela tijekom mirnog stava ili kretanja, kao i nestabilnosti koje proizlaze iz oslonca ili perturbacija gornjeg dijela tijela. Stoga, iz neuro-mehaničke perspektive, sustav posturalne kontrole je trajno potreban za održavanje ili premještanje središta mase iznad baze oslonca (19).

### *1.10. Okulo-motoričke vježbe*

Ekstraokularni mišići sastoje se od 6 mišića koji pokreću očni bulbus u raznim smjerovima ovisno o tome kakve eferentne informacije središnji živčani sustav pošalje. Okulo-motoričke vježbe pokazale su se efektivnima u poboljšanju stabilnosti i dinamičke vidne oštine u različitim dinamičkim sportovima (20). Isto tako, dovode do poboljšanja ravnoteže i stabilnosti, smanjenja zamora očiju, kao i jačanja ekstraokularnih mišića (21).

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj istraživanja je usporediti utjecaj vježbi očnih mišića na balans i koordinaciju kod ispitanika. Iz glavnog cilja proizlaze specifični ciljevi:

C1: Ispitati utjecaj vježbi očnih mišića na ravnotežu pomoću „Postural Cybernetic testa“

C2: Ispitati utjecaj vježbi za očne mišiće na koordinaciju pomoću „Wall toss testa“

H1: Izvođenje vježbi za očne mišiće rezultirati će poboljšanjem u sposobnosti održavanja balansa kod ispitanika.

H2: Postoji statistički značajno poboljšanje u izvođenju vježbi očnih mišića na koordinaciju

### 3. ISPITANICI I METODE

#### *3.1. Ispitanici*

Pri odabiru prigodnog uzorka, u istraživanju su sudjelovali studenti prijediplomskog stručnog studija Fizioterapija, Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci, zbog lake dostupnosti ispitanika. Uzorak se sastojao od 30 ispitanika( $n=30$ ) ženskog i muškog spola u dobi od 18 do 25 godina. Ispitanici nisu pristupili istraživanju ukoliko imaju kronične bolesti ili stanja koja uzrokuju poremećaj ravnoteže i koordinacije, koja bi mogla uzrokovati probleme ili ozljede tokom testiranja.

#### *3.2. Varijable*

Pomoću „Posturomed“ uređaja ispitivana je statička ravnoteža, a primjenom „Wall Toss“ testa je određena koordinacija ispitanika. Predmet kojim se ispitivala koordinacija je teniska loptica te se pomoću instrumenta za mjerenje vremena, štoperice, pratilo vremensko ograničenje testa. Mjerenje kojim su odrađene vježbe za očne mišiće su broj ponavljanja ili vremensko ograničenje svake vježbe od 30 sekundi. Statička ravnoteža na uređaju i koordinacija su određene kroz vježbe za okulo-motorne mišiće. Rezultati testa prikazani su u pomaku po X i Y osi u milimetrima.

#### *3.3. Opis postupka*

Prije početka samoga istraživanja, sudionicima je podijeljen Informirani pristanak za sudjelovanje istraživanju te će im biti objašnjen postupak i svrha istraživanja. Podaci s prikupljeni u kabinetu za Fizioterapiju na Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci. Mjerenje ispitanika je individualno, a po ispitaniku je bilo potrebno otprilike 20 minuta za provedbu oba testa uz objašnjenje samoga postupka i prikaza vježbi. Ispitanici su prije samoga testiranja dali svoje osnovne podatke o spolu, visini, masi te godini rođenja, kao i podatke o oštećenju sluha te uporabi dioptrijskih sredstava za oči.

Za ovo istraživanje kod balansa se koristio „Postural Cybernetic“ test pomoću uređaja Posturomed 202 tvrtke Haider, Njemačka, dok se prilikom mjerenja koordinacije upotrebljava „Wall Toss“ test. Vježbe za ekstraokularne mišiće provodile su se u kontinuitetu, tokom 7 dana, , nakon čega je bilo ponovljeno testiranje radi usporedbe rezultata. Dobiveni parametri testova balansa i koordinacije su prikupljeni i tabelarno prikazani u programu Microsoft Excel.

### *3.3.1. Postural Cybernetic test*

Prije održavanja Postural Cybernetic testa na uređaju Posturomed 202, ispitanicima je objašnjena svrha i način postupka. Ispitanici su stali bosonogi na platformu za ispitivanje ravnoteže u jednonožnom stojećem stavu. Ruke ispitanika moraju biti uz tijelo, stojeća noga je na podlozi dok je druga noga flektirana u kuku i koljenu, a medijalni maleol u razini koljena stojeće noge. Ispitanici zadržavaju stav tokom 10 sekundi u mirnom položaju bez razgovora, a glava im je usmjerena prema naprijed. Uređaj je povezan s računalom koji pomoću programa Mycroswing omogućuje istraživačima praćenje rezultata tijekom mjerenja. Sami uređaj prikazuje pomicanje nogu po X i Y osi. Prije samoga testa ispitanicima je objašnjeno izvođenje samoga testa te pravila kojih se moraju pridržavati jer će u protivnom test biti poništen. Neka od tih pravila su da ne smije razgovarati tokom testa, ne smije se držati za ogradu te ne smije zadržavati nepravilan položaj dulje od 5 sekundi (29).

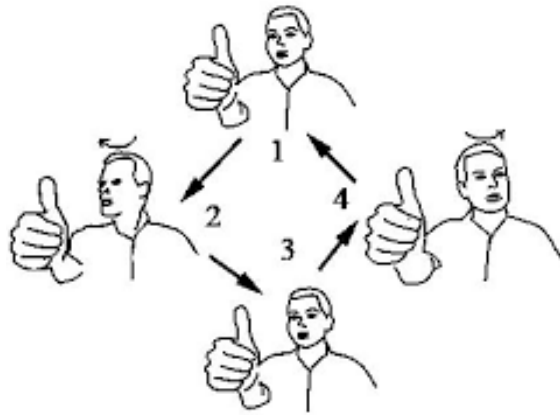
### *3.3.2. Wall Toss test*

Postupak ispitivanja koordinacije provodio se pomoću „Wall Toss“ testa. Svrha testa je izmjeriti koordinaciju oko-ruka. Linija se postavlja na tlo na određenoj udaljenosti od zida, u pravilu 2 metra od samoga zida. Ispitanik stoji iza crte i okrenut je prema zidu. Lopta se baca jednom rukom ispod pazuha o zid, a pokušava se uhvatiti drugom rukom. Lopta se zatim baca natrag na zid i hvata početnom rukom. Test se izvodi u određenom vremenskom u trajanju od 30 sekundi, što će se mjeriti štopericom. Na kraju testa dobiju se rezultati na temelju broja uspješnih hvatanja. Važan čimbenik koji bi mogao utjecati na izvođenje testa je da na sposobnost hvatanja lopte može utjecati koliko je jako i ravno lopta bačena na zid. To se može izbjeći tako da postavimo metu na zid koju će ispitanik gađati (30).

### 3.4. Prikaz vježbi za očne mišiće

Nakon izvođenja testova ispitanicima su objašnjene vježbe za očne mišiće. Ispitanici su izvodili vježbe koje aktiviraju sve ekstraokularne mišiće, kao i vestibulo-okularni refleks. One se izvode na način da osoba gleda u jednu točku ili objekt, dok pomiče glavu u različitim smjerovima. Tokom istraživanja provedene su sljedeće vježbe.

Prva vježba izvodi se u sjedećem ili stojećem položaju. Objekt u koji osoba gleda nalazi se na 30 centimetara od glave i u razini je očiju. Osoba fiksira pogled na objekt (u istraživanju je korišten palac ispitanika) te pomiče glavu lijevo i desno, dok je objekt fiksiran u prostoru. Vježbu izvodi 30 sekundi (Slika 4).



Slika 4 Prikaz prve vježbe za aktivaciju vestibulo - okularnog refleska, pomak glave lijevo - desno u odnosu na objekt

Preuzeto: <https://earandbalance.co.uk/wp-content/uploads/2016/07/VOR-Exercise-1.jpg>

Druga vježba izvodi se isto tako u sjedećem ili stojećem položaju. Objekt u koji osoba gleda nalazi se na 30 centimetara od glave i u razini je očiju. Osoba fiksira pogled na objekt (u istraživanju je korišten palac ispitanika) te pomiče glavu gore i dolje u odnosu na objekt koji je fiksiran u prostoru. Vježbu izvodi 30 sekundi (Slika 5).



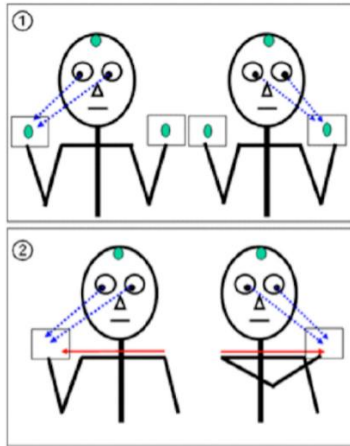
Slika 5 Prikaz druge vježbe za aktivaciju vestibulo - okularnog refleska, glava se pomiče gore - dolje u odnosu na objekt

Preuzeto: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQoRURYGJgWWzMmU-Oti\\_Ql4gFNsmw34Rg2eBRFzDJgMQ&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQoRURYGJgWWzMmU-Oti_Ql4gFNsmw34Rg2eBRFzDJgMQ&s)

Treća i četvrta vježba izvode se u stojećem ili sjedećem položaju. U trećoj vježbi nalaze se dva objekta(u istraživanju su korišteni palčevi ispitanika) koji se nalaze na 30 centimetara od glave osobe. Objekti su postavljeni pod 45 stupnjeva prema lateralno u odnosu na središnju liniju tijela, odnosno očiju osobe. Osoba radi izmjenične kretnje očiju između objekata srednjim tempom(tempo brzine je ovisan od osobe do osobe prema njenim mogućnostima). Vježbu izvodi 30 sekundi(prva vježba u Slici 6).

Četvrta vježba izvodi se u stojećem ili sjedećem položaju. Objekt koji se koristi u vježbi nalazi se na 30 centimetara od glave osobe i u razini su njezinih očiju. Osoba fiksira pogled na objekt (u istraživanju je korišten kažiprst ispitanika) te pomiče objekt lijevo i desno, dok je glava fiksirana u prostoru. Vježbu izvodi 30 sekundi (druga vježba u slici 6).

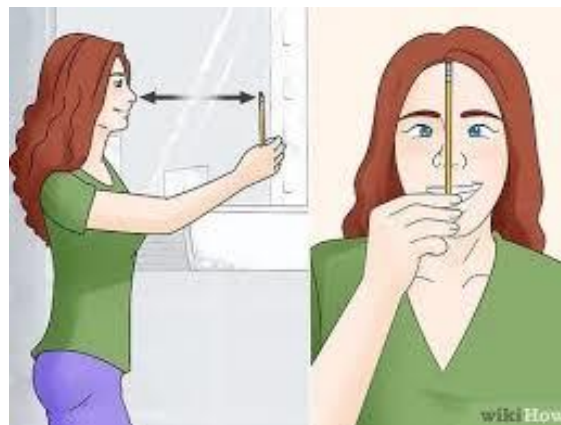




Slika 6 Prikaz lateralnih kretnji oka kao vježbe za očne mišiće

Preuzeto: <https://eyeyoga.com.au/wp-content/uploads/2021/06/Eye-Tracking-Image.png>

Peta vježba može se izvoditi u sjedećem ili stojećem položaju. Objekt u koji osoba gleda nalazi se na 30 centimetara od glave i u razini je očiju. Osoba fiksira pogled na objekt (u istraživanju je korišten kažiprst ispitanika) te pomiče kažiprst prema bazi nosa (području između očiju). Zadrži pogled na dvije sekunde u tom položaju te nakon toga pogled usmjeri u daljinu. Vježbu izvodi kroz osam ponavljanja (Slika 7).



Slika 7 Prikaz vježbe sklekovi za oči

Preuzeto: <https://www.wikihow.com/images/thumb/2/20/Improve-Binocular-Vision-Step-4.jpg/v4-460px-Improve-Binocular-Vision-Step-4.jpg.webp>

### *3.5. Statistička obrada podataka*

Varijabla vježbe za očne mišice pojavljuje se u obje hipoteze te će biti izražena na nominalnoj skali, a biti će opisana aritmetičkom sredinom, standardnom devijacijom i rasponom. Varijabla balans izražena je na intervalnoj ljestvici kao veličina pomaka izražena u milimetrima, biti će opisana aritmetičkom sredinom, standardnom devijacijom i rasponom. Varijabla koordinacija biti će opisana ordinalnom skalom te prikazana aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Za testiranje obaju hipoteza planiran je Studentov t-test za male zavisne uzorke, oba na razini značajnosti  $p < 0,05$ . Za statističku obradu podataka koristiti će se program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.).

### *3.6. Etički aspekti istraživanja*

Svi sudionici bit će upoznati s provedbom istraživanja i potrebnim informacijama vezanim za etičnost studije. Sudionici će potpisati Informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju. Anonimnost samih rezultata biti će osigurana od strane provoditelja samog istraživanja, a rezultati će biti prikazani u brojčanom obliku, bez otkrivanja identiteta ispitanika i biti će namijenjeni prikazivanju u znanstvene svrhe. Pristup rezultatima imati osoba koja izvodi istraživanje te njegov mentor. S obzirom da se radi o neinvazivnom mjerenju, nije potrebna dozvola Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci, nego samo Izjava mentora o etičnosti istraživanja niskog rizika.

## 4. REZULTATI

Rezultati koji su dobiveni istraživanjem obrađeni su u programu za statističku obradu podataka Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.) i Microsoft Office Excel 2021. Varijable balans i koordinacija opisane su aritmetičkom sredinom, standardnom devijacijom i rasponom te im je dokazana statistička značajnost. Podatci su obrađeni te prikazani deskriptivnom statistikom u obliku grafova i tablica.

### 4.1. Antropometrijske karakteristike

U ovom je istraživanju korišten prigodan uzorak od 30 ispitanika, od toga 11 ispitanika muškog spola i 19 ženskog spola, u rasponu dobi od 19 do 25 godina. Prikupljeni podaci o dobi, visini i masi ispitanika deskriptivno su obrađeni računanjem aritmetičke sredine kao mjere centralne tendencije i standardne devijacije kao mjere varijabiliteta rezultata te su prikazani u Tablici 1.

Tablica 1

*Raspon, aritmetička sredina i standardna devijacija dobi, visine i težine ispitanika*

|               | <i>Raspon</i> | <i>Aritmetička sredina</i> | <i>SD</i> |
|---------------|---------------|----------------------------|-----------|
| Dob           | 19-25         | 19.77                      | 1.30      |
| Visina (u cm) | 160-198       | 175                        | 10.80     |
| Masa (u kg)   | 49-102        | 70.03                      | 12.37     |

*Legenda: standardna devijacija (SD)*

### 4.2. Testiranje

Kako bi se ispitaio utjecaj vježbi za očne mišiće na ravnotežu proveden je „Postural Cybernetic test“ te je kod ispitanika mjeren statički balans. Nadalje, s ciljem ispitivanja utjecaja vježbi za očne mišiće na koordinaciju proveden je „Wall toss test“ te je kod ispitanika mjeren broj ponavljanja bačenih loptica o zid tokom vremenskog perioda od 30 sekundi. Prikupljeni su podaci deskriptivno obrađeni računanjem aritmetičke sredine, ali i medijana kao mjere centralne tendencije i standardne devijacije kao mjere varijabiliteta rezultata te su prikazani u Tablici 2, Tablici 3, Tablici 4 i Tablici 5.

#### 4.3. Koordinacija

Za provjeru normalnosti distribucije podataka, korišten je Kolmogorov-Smirnov test koji je pokazao normalnu distribuciju za varijable koordinacija pokreta prije i poslije vježbi za očne mišiće.

Tablica 2

*Raspon, aritmetička sredina, medijan, standardna devijacija statistička značajnost koordinacije pokreta prije i poslije vježbi za očne mišiće*

|                      | <i>Raspon</i> | <i>Aritmetička sredina</i> | <i>Medijan</i> | <i>SD</i> | <i>p</i> |
|----------------------|---------------|----------------------------|----------------|-----------|----------|
| Koordinacija_prije   | 4 - 29        | 17.90                      | 18             | 5.62      | .001     |
| Koordinacija_poslije | 8-32          | 22.40                      | 23.50          | 6.24      |          |

*Legenda: standardna devijacija (SD), statistička značajnost(p)*

#### 4.4. Balans

Kolmogorov-Smirnov test nije pokazao normalnu distribuciju za varijable balans na lijevoj i balans na desnoj nozi prije i poslije vježbi za očne mišiće, ali s obzirom da su te varijable samo deskriptivno obrađene, takvo je odstupanje kod daljnje analize zanemareno. Kolmogorov-Smirnov test pokazao je da su varijable ukupni balans na obje noge prije i poslije vježbi za očne mišiće statistički značajne( $p > .05$ ).

Tablica 3

*Raspon, aritmetička sredina, medijan i standardna devijacija balansa na lijevoj nozi prije i poslije vježbi za očne mišiće*

|                            | <i>Raspon</i> | <i>Aritmetička sredina</i> | <i>Medijan</i> | <i>SD</i> |
|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------|-----------|
| Balans_lijeva_noga_prije   | 31-85         | 64.37                      | 69             | 14.25     |
| Balans_lijeva_noga_poslije | 34-87         | 69.17                      | 72             | 12.97     |

*Legenda: standardna devijacija (SD)*

Tablica 4

*Raspon, aritmetička sredina, medijan i standardna devijacija balansa na desnoj nozi prije i poslije vježbi za očne mišiće*

|                           | <i>Raspon</i> | <i>Aritmetička sredina</i> | <i>Medijan</i> | <i>SD</i> |
|---------------------------|---------------|----------------------------|----------------|-----------|
| Balans_desna_noga_prije   | 22-84         | 64.47                      | 66             | 15.56     |
| Balans_desna_noga_poslije | 31-85         | 71.07                      | 74             | 11.92     |

*Legenda: standardna devijacija (SD)*

Tablica 5

*Raspon, aritmetička sredina, medijan, standardna devijacija i statistička značajnost balansa na obje noge prije i poslije vježbi za očne mišiće*

|                       | <i>Raspon</i> | <i>Aritmetička sredina</i> | <i>Medijan</i> | <i>SD</i> | <i>p</i> |
|-----------------------|---------------|----------------------------|----------------|-----------|----------|
| Balans_ukupno_prije   | 29 - 84       | 64.37                      | 69             | 13.83     | .001     |
| Balans_ukupno_poslije | 33 - 86       | 70.03                      | 72.50          | 12.05     |          |

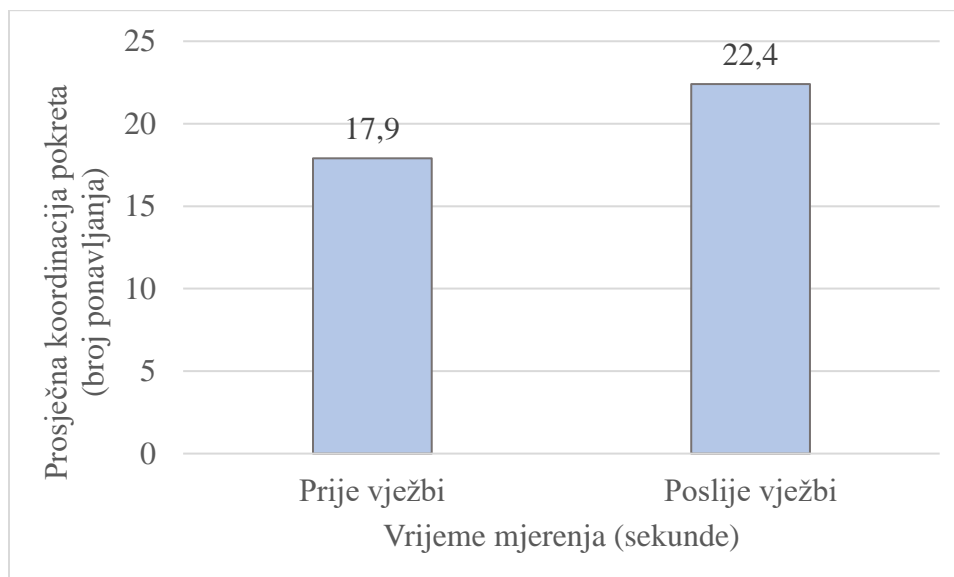
*Legenda: standardna devijacija (SD), statistička značajnost(p)*

Kako bismo provjerili razlikuje li se koordinacija pokreta i balans ispitanika prije i poslije vježbi za očne mišiće proveden je t-test. Koordinacija pokreta poslije vježbi za očne mišiće (*aritmetička sredina* = 22.40, *SD* = 6.24) bolja je nego prije vježbi za očne mišiće (*aritmetička sredina* = 17.90, *SD* = 5.62). Utvrđena je statistički značajna razlika u koordinacija pokreta ispitanika prije i poslije vježbi za očne mišiće ( $t = 5.49$ ,  $df = 29$ ,  $p < .001$ ). Balans ispitanika poslije vježbi za očne mišiće (*aritmetička sredina* = 70.03, *SD* = 12.05) bolji je nego prije vježbi za očne mišiće (*aritmetička sredina* = 64.37, *SD* = 13.83) te je utvrđena statistički značajna razlika u balansu ispitanika prije i poslije vježbi za očne mišiće ( $t = 5.08$ ,  $df = 29$ ,  $p < .001$ ).

U nastavku slijedi grafički prikaz koordinacije pokreta i balansa prije i poslije vježbi za očne mišiće, prikazan na Slici 7 i Slici 8.

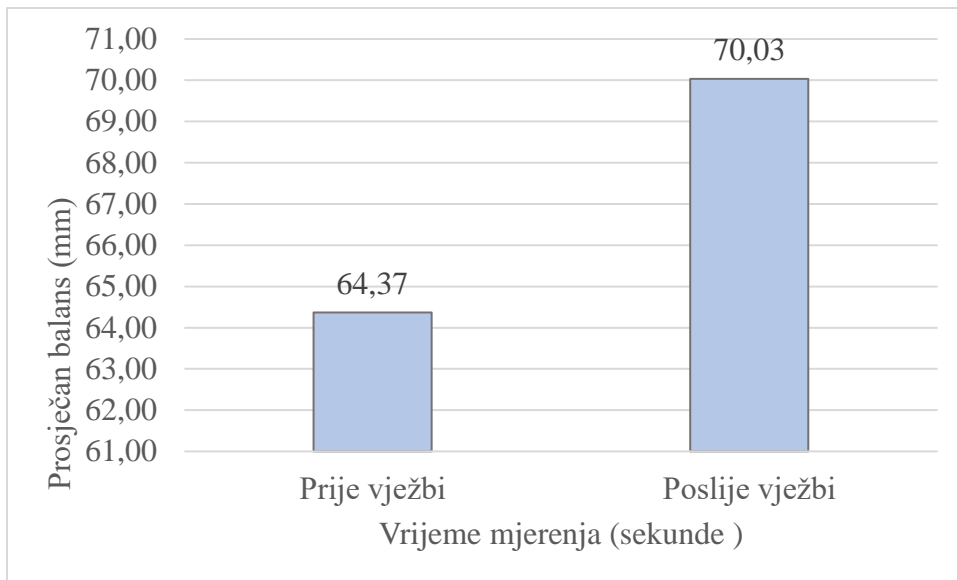
#### Slika 8

*Prosječna koordinacija pokreta prije i poslije vježbi za očne mišiće*



Slika 9

Prosječan balans prije i poslije vježbi za očne mišiće



## 5. RASPRAVA

Pregledom literature nije došlo do velikih podudarnosti sa drugim radovima na istu ili sličnu temu, no nekolicina radova opisuju slične postupke i ciljeve. Provedenim istraživanjem dokazan je bolji balans pojedinaca nakon izvođenja vježbi za okulo-motorne mišiće (Tablica 5), čime se potvrdila hipoteza da će vježbe za očne mišiće rezultirati poboljšanjem u održavanju balansa. Isto tako, provedenim istraživanjem se potvrdila hipoteza da će izvođenjem vježbi za očne mišiće doći do poboljšanja u izvođenju koordinacije, gdje su rezultati imali veliku statističku značajnost ( $p < .001$ ) kao i kod balansa.

U usporedbi s ovim istraživanjem, Morimoto i suradnici su 2011. godine proveli istraživanje o utjecaju vježbi za okulo-motorne mišiće na posturalnu stabilnost i dinamičku vidnu oštrinu kod zdravih mladih odraslih osoba. Broj ispitanika sastojao se od dvadeset osam ( $n=28$ ) u eksperimentalnoj i trinaest ( $n=13$ ) u kontrolnoj, gdje je eksperimentalna skupina radila vježbe za okulo-motorne mišiće tokom tri tjedna, dok kontrolna nije. Posturalna stabilnost tijekom mirnog stajanja, stajanja s aktivnom rotacijom glave i dinamička vidna oštrina mjereni su u obliku početnog testiranja te se nakon tri tjedna napravilo re-testiranje. Uočene su značajne razlike u posturalnoj stabilnosti tijekom stajanja s aktivnom rotacijom glave i dinamička vidna oštrina se poboljšala u eksperimentalnoj skupini. Provedenim istraživanjem se htjelo naglasiti da okulo-motoričke vježbe vestibularnog i okularnog sustava mogu biti korisne za zdrave odrasle osobe kao što su to dokazali Morimoto i suradnici(21). Rezultati našeg istraživanja u skladu su sa rezultatima koje su dobili Morimoto i suradnici gdje je izvođenjem okulo-motoričkih vježbi došlo do poboljšanja u posturalnoj stabilnosti.

Randomizirano kontrolno istraživanje iz 2021. godine, kojeg su proveli Correia i suradnici, imalo je za cilj procijeniti učinak okulo-motornih vježbi i stabilnosti pogleda na učestalnost padova i rizika od pada u osoba koje su doživjele moždani udar. Ispitanici su bili osobe starije od šezdeset godina koje su doživjele moždani udar i imaju pozitivan Rombergov test i problematičan hod. Glavne mjere procjene rizika od pada mjerena je Bergovom ljestvicom ravnoteže, kao i Time Up and Go test. Iako ovo nisu najobjektivniji testovi za procjenu balansa, kao u našem istraživanju, koje je koristilo uređaj za mjerenje statičke ravnoteže. Primarni ishod je bila učestalost padova kroz tri tjedna nakon početka intervencije. U njihovo istraživanje je bilo uključeno 79 pacijenata, od kojih je 68 završilo protokol. Kontrolna skupina sastojala se od 35 ispitanika( $n=35$ ), a



eksperimentalna skupina od 33 ispitanika( $n=33$ ). nakon tri tjedna su obrađeni rezultati pokazali kako su vježbe za očne mišiće pokazale statistički značajnu vrijednost jer učestalost padova u eksperimentalnoj skupini nije bilo zabilježeno. U provedenom istraživanju dokazan je utjecaj i kod starije populacije, te da vježbe za očne mišiće imaju beneficije i kod neuroloških oboljenja(22). Rezultati našeg istraživanja, isto tako pokazuju da vježbe za očne mišiće imaju utjecaj na balans (Tablica 5), iako ciljevi provedenog istraživanja i istraživanja Correie i suradnika nisu isti, može se vidjeti utjecaj izvođenja vježbi očnih mišića na vestibularni sustav.

Sorek i sur. su u svome istraživanju osmislili program protokola liječenja za vestibularnu, tj. okulo-motornu rehabilitaciju kod djece i adolescenata nakon umjereno teške traumatske ozljede mozga. Cilj im je bio opisati razvoj protokola liječenja za vestibularne/okulo-motorne intervencije kod djece i adolescenata, te procijeniti razinu kompatibilnosti među ocjenjivačima ovog protokola kao početni korak kliničkog ispitivanja. Protokol je razvilo deset zdravstvenih djelatnika, te se protokol bavi visokom prevalencijom vestibularnih, odnosno okulo-motornih abnormalnosti. U istraživanju je sudjelovalo 27 ispitanika s post-umjereno-teškom traumatskom ozljedom mozga u subakutnom stanju(između 14 i 162 dana od ozljede). Vestibularne i okulo-motoričke vježbe su odabrane pomoću kvantificirane verzije vestibularnog i okulo-motoričkog pregleda te je protokol vježbanja odabran na temelju oštećenja funkcije ili same reprodukcije simptoma. Zaključak istraživanja jest da bi se ovakav protokol sa vježbama i sustavnim odabirom programa rehabilitacije mogao provoditi u randomiziranom ispitivanju jer je nađeno visoko slaganje( $k=0.72$ ) u svim parametrima(23). Rezultati našega istraživanja dokazali su statistički značajnu razliku u izvođenju okulo-motoričkih vježbi kao i u provedenom istraživanju Soreka i sur.(Tablica 5).

Zampieri i Di Fabio su napravili kvazi- randomizirano kontrolno istraživanje, gdje su htjeli vidjeti kako vježbe ravnoteže i okulo-motorike mogu utjecati na poboljšanje hoda kod osoba sa progresivnom supranuklearnom paralizom. Svrha ove studije bila usporediti prednosti koje imaju programi treninga balansa, okulo-motorike i vizualne svijesti naspram samog treninga ravnoteže na rehabilitaciju hoda kod osoba sa progresivnom supranuklearnom paralizom. U ispitivanju je sudjelovalo devetnaest( $n=19$ ) ispitanika umjereno pogođenih bolešću, gdje je deset( $n=10$ ) ispitanika bilo u eksperimentalnoj, a devet( $n=9$ ) u kontrolnoj skupini. Kako bi procijenili veličinu učinka, mjerili su se kinematički parametri hoda(vrijeme držanja, vrijeme zamaha i duljina koraka) i klinički test „Time Up &Go“ test.. Analiza unutar grupe otkrila je značajna poboljšanja u vremenu

držanja u stavu i brzini hoda za terapijsku skupinu, dok je usporedna skupina pokazala poboljšanja samo u duljini koraka, no analiza između skupina nije otkrila značaje promjene ni za jednu skupinu. Zaključili su da ove vježbe mogu pridonijeti uspješnijoj rehabilitaciji, ali su potrebna daljnja istraživanja(24). S obzirom na provedeno istraživanje, ciljevi se djelomično podudaraju s ovime istraživanjem, no instrumentarij i metode su drukčije. Praktične implikacije ovoga istraživanja upućuju da se vježbe okulo-motoričkih mišića mogu izvoditi i kod osoba koje imaju poteškoće sa hodaњem.

Kod pregleda literature nije došlo do velike podudaranosti sa ostatkom literature oko utjecaja vježbi očnih mišića na koordinaciju. Hollands i sur. pretpostavili su da uloga pokreta očiju i glave može imati utjecaj na koordinaciju pokreta cijelog tijela. Iako, se ova tema ne podudara u potpunosti sa našom, može se zaključiti da su pokreti očiju i aktivacija očnih mišića bitni u koordinaciji cijelog tijela te vježbanjem tih skupina mišića ima doprinos kod koordinacije cijelog tijela. Rezultati im pokazuju značajnu statističku značajnost na razini koordinacije oko–stopalo. No, u provedenom istraživanju je sudjelovalo pet ispitanika(n=5) te bi trebali napraviti istraživanje na većem uzorku ljudi(25).

Jedno od glavnih ograničenja istraživanja jest prilagodba na izvođenje postupaka istraživanja. Kako govore istraživanja, motoričke vještine pa tako i prilagodba na same postupke i uređaje se može naučiti. Takva pojava naziva se neuroplastičnost mozga, stoga bi se u naše istraživanje trebalo uzeti u obzir da su se ispitanici nakon određenog broja ponavljanja prilagodili na postupke koji su bili provedeni tokom istraživanja(26,28). Isto tako, pri inicijalnom kontaktu sa balansnom platformom, ispitanici su pristupali sa oprezom zbog straha od pada, uslijed pomaka same platforme po X i Y osi što može utjecati na same rezultate. Kod provedbe koordinacije, potrebno je odabrati objektivizirani uređaj kako bi se na što bolji način izmjerila koordinacija ispitanika, što bi buduća istraživanja trebala istražiti.

Praktične implikacije ovih nalaza upućuju kako se vježbe za očne mišiće mogu provoditi kod osoba koje su oboljele od neuroloških oštećenja, poput moždanog udara i neuroloških progresivnih bolesti, gdje imaju utjecaj na hod i dovodi do kraćeg trajanja rehabilitacije. Isto tako, vježbe imaju utjecaj na sportsku izvedbu sportaša, gdje utječu na balans, periferni vid, koordinaciju cijeloga tijela kao i koordinaciju očiju. Vježbe za očne mišiće imaju utjecaj na poboljšanje stabilnosti i

dinamičke vidne oštrine u različitim dinamičkim sportovima. Nadalje, dovode do poboljšanja ravnoteže i stabilnosti, smanjenja zamora očiju, kao i jačanja ekstraokularnih mišića(20,21).

## 6. ZAKLJUČAK

Ovim istraživanjem su objašnjene teme propioceptivnog sustava i propiocepcije i njegova osnovna podjela na statičku i dinamičku. Nadalje, opisan je vestibularni sustav i sama uloga vestibulo-okularnog refleksa u tijelu, anatomija oka i funkcija vanjskih okularnih mišića te osjetni putovi. Za kraj uvodnog dijela je objašnjena koordinacija i balans i njegova podjela na statički i dinamički te je objašnjen pojam okulo-motoričkih vježbi. Rezultati su prikazani tabelarno i u obliku slika te je objašnjen postupak kojim su dobiveni rezultati. U raspravi su navedeni svi autori koji su u svojim radovima obrađivali slične hipoteze i postupke vezane uz okulo-motorne vježbe, balans i koordinaciju te su navedeni slični rezultati istih.

Ovim istraživanjem htjelo se potvrditi postoji li statistički značajna razlika utjecaja vježbi za očne mišiće na balans i koordinaciju. Prema dobivenim podacima potvrđena je prva hipoteza koja se odnosila na to da će vježbe za očne mišiće rezultirati boljem balansu te se razlika bila statistički značajna prije i nakon izvođenja vježbi. Nadalje, potvrdili smo i drugu hipotezu koja je glasila da će vježbe za očne mišiće rezultirati boljom koordinaciji, u ovom slučaju koordinaciji oko-ruka.

Iako su obje hipoteze potvrđene, potrebno je staviti naglasak na mali broj ispitanika te mogućnosti privikavanja na samu balansnu platformu „Posturomed“ te na rezultat u broju ponavljanja u „Wall Toss“ testu jer koliko god bile objektivne metode, ipak imaju svoja ograničenja. Pošto su balans, ali i koordinacija dosta popularne teme u svijetu sporta trebalo bi napraviti više istraživanja gdje će se koristiti što objektivniji uređaji za analizu kao što je „Posturomed“.

## 7. LITERATURA

1. Physio-pedia.com. [citirano 30.04.2024.]. Dostupno na: <https://www.physio-pedia.com/Proprioception>
2. Bajek S, Bobinac D, Jerković R, Malnar D, Marić I. Sustavna anatomija čovjeka. Rijeka: Digital point tiskara d.o.o.; 2007. 195; 221
3. Križan Z. Kompendij anatomije čovjeka II. dio: Pregled građe glave, vrata i leđa.3. izd. Zagreb: Školska knjiga; 1999. 166-169; 251-261.
4. Vesna Brinar i sur. Neurologija za medicinare. Drugo obnovljeno i dopunjeno izdanje. Zagreb: Medicinska naklada;2019. 16 – 23.
5. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, et al., urednici. Neuroznanost. 2. izdanje. Sunderland (MA): Sinauer Associates; 2001. Anatomija oka. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11120/>  
Preuzeto: 4.5.2024.
6. Gupta N. Human glaucoma and neural degeneration in intracranial optic nerve, lateral geniculate nucleus, and visual cortex. Br J Ophthalmol [Internet]. 2006;90(6):674–8. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1136/bjo.2005.086769> . Preuzeto:12.5.2024.
7. MacKinnon, C. D. (2018). Chapter 1 - Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. In B. L. Day & S. R. Lord (Eds.), *Balance, Gait, and Falls* (Vol. 159, pp. 3–26). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63916-5.00001-X>.  
Preuzeto: 15.5.2024.
8. Oliver KM, Florez-Paz DM, Badea TC, Mentis GZ, Menon V, de Nooij JC. Molecular correlates of muscle spindle and Golgi tendon organ afferents. Nat Commun [Internet]. 2021;12(1). Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-021-21880-3>.  
Preuzeto: 15.5.2024.
9. Grozdek Gordana, Maček Z. Senzorički putevi pokreta. Ur.: Keros P. Neurofacilitacijska terapija. Zagreb: Zdravstveno veleučilište Zagreb; 2011. 27-48.
10. Kahle W, etc., Leonhardt H, Platzer W. Colour atlas and textbook of human anatomy: Nervous system and sensory organs v. 3: Nervous system and sensory organs. 4th ed. Stuttgart, Germany: Thieme Publishing Group; 1993. 328.
11. Casale J, Browne T, Murray IV, et al. Fiziologija, Vestibularni sustav. [Ažurirano 1. svibnja 2023.]. U: StatPearls [Internet]. Otok s blagom (FL): StatPearls Publishing; 2024. siječnja-. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532978/> Preuzeto:16.5.2024.

12. Fetter M. Vestibulo-ocular reflex. In: Neuro-Ophthalmology. Basel: KARGER; 2007. p. 35–51. Preuzeto: 18.5.2024
13. Somisetty S, Das JM. Neuroanatomy, Vestibulo-ocular Reflex. StatPearls Publishing; 2023. Preuzeto:18.5.2024.
14. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? Clin Rehabil [Internet]. 2000;14(4):402–6. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1191/0269215500cr342oa> Preuzeto: 19.5.2024.
15. Watson Mary Ann, & Black F. Owen. (n.d.). *The Human Balance System-A Complex Coordination of Central and Peripheral Systems*. Dostupno na: [https://vestibular.org/sites/default/files/page\\_files/Human%20Balance%20System\\_0.pdf](https://vestibular.org/sites/default/files/page_files/Human%20Balance%20System_0.pdf) Preuzeto: 20.05.2024.
16. Pecina, M. (2019). *Marko Pećina i suradnici SPORTSKA MEDICINA, Medicinska naklada,Zagreb,2019. 377.*
17. Kottke FJ, Halpern D, Easton JK, Ozel AT, Burrill CA. The training of coordination. Arch Phys Med Rehabil. 1978;59(12):567–72. Preuzeto: 20.5.2024.
18. Dunsy A, Zeev A, Netz Y. Balance performance is task specific in older adults. Biomed Res Int [Internet]. 2017;2017:1–7. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1155/2017/6987017>. Preuzeto: 21.5.2024.
19. Ringhof S, Stein T. Biomechanical assessment of dynamic balance: Specificity of different balance tests. Hum Mov Sci [Internet]. 2018;58:140–7. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2018.02.004>. Preuzeto: 22.5.2024.
20. Minoonejad H, Barati AH, Naderifar H, Heidari B, Kazemi AS, Lashay A. Effect of four weeks of ocular-motor exercises on dynamic visual acuity and stability limit of female basketball players. Gait Posture [Internet]. 2019;73:286–90. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.06.022>. Preuzeto: 24.5.2024.
21. Morimoto H, Asai Y, Johnson EG, Lohman EB, Khoo K, Mizutani Y, et al. Effect of oculo-motor and gaze stability exercises on postural stability and dynamic visual acuity in healthy young adults. Gait Posture [Internet]. 2011;33(4):600–3. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.01.016>. Preuzeto: 24.5.2024.

22. Correia A, Pimenta C, Alves M, Virella D. Better balance: a randomised controlled trial of oculomotor and gaze stability exercises to reduce risk of falling after stroke. *Clin Rehabil* [Internet]. 2021;35(2):213–21.  
Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1177/0269215520956338>. Preuzeto: 24.5.2024.
23. Sorek G, Katz-Leurer M, Gagnon I, Chevignard M, Stern N, Fadida Y, et al. The development and the inter-rater agreement of a treatment protocol for vestibular/oculomotor rehabilitation in children and adolescents post-moderate-severe TBI. *Brain Inj* [Internet]. 2021;35(12–13):1542–51.  
Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1080/02699052.2021.1972454>. Preuzeto:25.5.2024.
24. Zampieri C, Di Fabio RP. Balance and eye movement training to improve gait in people with progressive supranuclear palsy: Quasi-randomized clinical trial. *Phys Ther* [Internet]. 2008;88(12):1460–73. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20070302>  
Preuzeto: 25.5.2024.
25. Hollands MA, Zivara NV, Bronstein AM. A new paradigm to investigate the roles of head and eye movements in the coordination of whole-body movements. *Exp Brain Res* [Internet]. 2004;154(2):261–6.  
Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-003-1718-8>. Preuzeto: 26.5.2024.
26. Dayan E, Cohen LG. Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron* [Internet]. 2011;72(3):443–54. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2011.10.008>  
Preuzeto: 26.5.2024.
27. Rogge A-K, Röder B, Zech A, Hötting K. Exercise-induced neuroplasticity: Balance training increases cortical thickness in visual and vestibular cortical regions. *Neuroimage* [Internet]. 2018;179:471–9.  
Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.06.065>. Preuzeto: 26.5.2024.
28. Sun Y, Hurd CL, Barnes MM, Yang JF. Neural plasticity in spinal and corticospinal pathways induced by balance training in neurologically intact adults: A systematic review. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2022;16.  
Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2022.921490>. Preuzeto: 26.5.2024.
29. Posturomed [Internet]. Haider Bioswing EN. 2018. Dostupno na: <https://bioswing.de/en/therapiesysteme/produkte/posturomed/> . Preuzeto: 27.5.2024.

30. Alternate hand wall toss test [Internet]. Topendsports.com. Dostupno na:  
<https://www.topendsports.com/testing/tests/wall-catch.htm> Preuzeto: 27.5.2024.



## 8. PRILOZI

### PRILOG A: Prikaz ilustracija i tablica

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Slika 1 Vestibulo - okularni refleks</i>                                                                                      | 5  |
| <i>Slika 2 Prikaz anatomije oka</i>                                                                                              | 7  |
| <i>Slika 3 Prikaz vanjskih mišića oka</i>                                                                                        | 8  |
| <i>Slika 4 Prikaz prve vježbe za aktivaciju vestibulo - okularnog refleska, pomak glave lijevo - desno u odnosu na objekt</i>    | 16 |
| <i>Slika 5 Prikaz druge vježbe za aktivaciju vestibulo - okularnog refleska, glava se pomiče gore - dolje u odnosu na objekt</i> | 17 |
| <i>Slika 6 Prikaz lateralnih kretnji oka kao vježbe za očne mišiće</i>                                                           | 18 |
| <i>Slika 7 Prikaz vježbe sklekovi za oči</i>                                                                                     | 18 |
| <br>                                                                                                                             |    |
| <i>Tablica 1</i>                                                                                                                 | 20 |
| <i>Tablica 2</i>                                                                                                                 | 21 |
| <i>Tablica 3</i>                                                                                                                 | 22 |
| <i>Tablica 4</i>                                                                                                                 | 22 |
| <i>Tablica 5</i>                                                                                                                 | 22 |

## 9. ŽIVOTOPIS

Rođen sam u Bjelovaru 12.02.2003. godine. Osnovnu školu pohađao sam u Osnovnoj školi Rovišće od 2009. do 2017. godine te sam svoje srednjoškolsko obrazovanje nastavio u Srednjoj školi u Koprivnici za Fizioterapeutskog tehničara od 2017 do 2021. godine. Tokom srednjoškolskog obrazovanja plasirao sam se na državno natjecanje za smjer Fizioterapeutski tehničar te se plasiram na 5. mjestu u državi. Upisujem studij Fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci 2021. godine te svoje prvostupničko obrazovanje završavam u 2024.godini.