

# UTJECAJ TRENINGA NA TRAMPOLINU I NA TVRDOJ PODLOZI NA UNILATERALNU STABILNOST I ASIMETRIJU DONJIH EKSTREMITETA KOD ŽENA

---

**Blažević, Maura**

**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:184:398426>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-26**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
FIZIOTERAPIJA

Maura Blažević

UTJECAJ TRENINGA NA TRAMPOLINU I NA TVRDOJ PODLOZI NA  
UNILATERALNU STABILNOST I ASIMETRIJU DONJIH EKSTREMITETA KOD

ŽENA: rad s istraživanjem

Završni rad

Rijeka, 2024.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
PHYSIOTHERAPY

Maura Blažević

IMPACT OF MINI-TRAMPOLINE TRAINING AND HARD SURFACE  
TRAINING ON UNILATERAL STABILITY AND INTER-LEG ASYMMETRY IN  
WOMEN: RESEARCH

Final thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: Verner Marijančić, mag. rehab. educ.

Završni rad obranjen je dana 17.07.2024. na Fakultetu zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci,  
pred povjerenstvom u sastavu:

1. Jasna Lulić Drenjak, prof.
2. Kristijan Zulle, mag. physioth.
3. Verner Marijančić, mag. rehab. educ.

## Izješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

## Opći podatci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija
Studij	Prijediplomski stručni studij Fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Završni rad
Ime i prezime studenta	Maura Blažević
JMBAG	0351013590

## Podatci o radu studenta:

Naslov rada	UTJECAJ TRENINGA NA TRAMPOLINU I NA TVRDOJ PODLOZI NA UNILATERALNU STABILNOST I ASIMETRIJU DONJIH EKSTREMITETA KOD ŽENA
Ime i prezime mentora	Verner Marijančić, mag. rehab. educ.
Datum predaje rada	24. lipnja 2024.
Identifikacijski br. podneska	2407837376
Datum provjere rada	24. lipnja 2024.
Ime datoteke	zavr_ni_rad_Maura_24062024.docx
Veličina datoteke	797.79K
Broj znakova	63,107
Broj riječi	9,788
Broj stranica	45

## Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	4%
-----------------	----

## Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

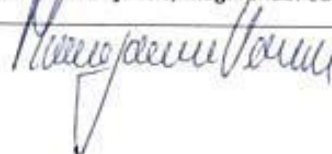
Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/> Da
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

24. lipnja 2024.

Potpis mentora

Verner Marijančić, mag. rehab. educ.



## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.2. SIMETRIJA I ASIMETRIJA</b> .....	1
1.2.1. <i>Klasifikacija ekstremiteta</i> .....	2
1.2.2. <i>Uzroci nastanka asimetrije</i> .....	3
1.2.3. <i>Procjena asimetrije</i> .....	4
1.2.4. <i>Primjeri treninga za smanjenje asimetrije</i> .....	5
<b>1.2. STABILNOST</b> .....	6
1.2.1. <i>Trening stabilnosti</i> .....	8
1.2.1.1. <i>Trening na trampolinu</i> .....	10
1.2.2. <i>Procjena stabilnosti – Y Balance Test</i> .....	12
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	15
<b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....	16
<b>4. REZULTATI</b> .....	19
<b>5. RASPRAVA</b> .....	24
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	28
<b>LITERATURA</b> .....	29
<b>PRIVITCI</b> .....	35
<b>KRATAK ŽIVOTOPIS PRISTUPNIKA</b> .....	36

## **POPIS KRATICA**

ANT = anteriorni (doseg)

D = dominantna

ND = nedominantna

PL = posterolateralni (doseg)

PM = posteromedijalni (doseg)

## SAŽETAK

**Uvod:** Stabilnost ima ključnu ulogu u aktivnostima svakodnevnog života, profesionalnim aktivnostima, sportu i rehabilitaciji, stoga je bitno poznavati strategije treninga koji će poboljšati ovu sposobnost. Kao jedna od metoda treninga predlaže se trening na trampolinu koji, osim što utječe na poboljšanje stabilnosti, utječe i na povećanje mišićne snage, koordinacije i izdržljivosti. Nesklad funkcije, pa tako i stabilnosti, među ekstremitetima naziva se asimetrija. Asimetrija može utjecati na izvedbu, posturu i povećava rizik od ozljeda kod sportaša i nesportaša.

**Cilj istraživanja:** Glavni cilj istraživanja je usporediti učinak treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na unilateralnu stabilnost donjih ekstremiteta nakon 30 treninga. Iz glavnog cilja proizlazi specifični cilj: ispitati učinak treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na asimetriju donjih ekstremiteta nakon 30 treninga.

**Ispitanici i metode:** Ispitanice koje su sudjelovale u istraživanju članice su centra za rekreaciju „Gym & Fit by Dorina“ u Rovinju. Ispitanice su bile podijeljene u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Eksperimentalna se skupina sastojala od 14 ispitanica koje su dvaput tjedno trenirale na trampolinu, a kontrolna se skupina sastojala od 13 ispitanica koje su dvaput tjedno trenirale na tvrdoj podlozi. U svrhu procjene unilateralne stabilnosti na početku istraživanja i nakon 30 treninga proveo se *Y Balance* test. *Y Balance* testom mjeri se doseg nogom u tri smjera, anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom. Kako bi se izračunala asimetrija, doseg nedominantne noge oduzet je od dosega dominantne. Za statističku obradu podataka korišten je program MedCalc besplatna inačica 22.016.

**Rezultati:** Rezultati istraživanja ukazuju na to da trening na trampolinu ne utječe na poboljšanje unilateralne stabilnosti i smanjenje asimetrije. Vrijednosti dosega prilikom izvođenja *Y Balance* testa nisu se statistički značajno povećale nakon 30 treninga na trampolinu. Kontrolna je skupina ostvarila bolje rezultate. Vrijednosti dosega u anteriornom smjeru statistički su se značajno povećale, međutim vrijednosti dosega u drugim smjerovima nisu se statistički značajno povećale.

**Zaključak:** Trening na trampolinu, prema rezultatima ovog istraživanja, ne utječe na poboljšanje unilateralne stabilnosti i smanjenje asimetrije. S druge strane, trening na tvrdoj



podlozi djelomično je utjecao na poboljšanje stabilnosti. Kako bi se rezultati mogli sa sigurnošću potvrditi, potrebna su dodatna istraživanja na većem broju ispitanika.

**Ključne riječi:** asimetrija, trening na trampolinu, unilateralna stabilnost, *Y Balance* test

## SUMMARY

**Introduction:** Stability has a key role during activities of daily living, professional activities, sports and rehabilitation, therefore it is important to be aware of training strategies that have the ability to improve this skill. A recommended method of training is mini-trampoline training which not only improves stability, but also improves muscle strength, coordination and endurance. Difference in performance, which includes stability, between extremities is called asymmetry. Asymmetry can influence performance, posture and can also heighten the risk of injuries in athletes and non-athletes.

**Research objective:** The main objective of this study is to compare the effect of mini-trampoline training and hard surface training on unilateral stability after 30 workouts. In addition to the main objective, a specific objective was defined: to examine the effect of mini-trampoline training and hard surface training on inter-limb asymmetry after 30 workouts.

**Subjects and methods:** Participants of this study were female members of a recreation center „Gym & Fit by Dorina“ in Rovinj. The participants were divided into two groups, experimental and control group. Experimental group consisted of 14 participants that trained twice a week on a mini-trampoline, whereas control group consisted of 13 participants that also trained twice a week, but on a hard surface. In order to test unilateral stability, *Y Balance* test was performed at the beginning of the study and after 30 workouts. *Y Balance* test measures reach distance in three directions, anterior, posteromedial and posterolateral. To calculate inter-limb asymmetry, the reach made with dominant leg was subtracted by the reach made with non-dominant leg. MedCalc free trial 22.016 was used for statistical analysis.

**Results:** Results of this study show that mini-trampoline training does not improve unilateral stability nor reduces inter-limb asymmetry. Reach distance values during *Y Balance* test did not significantly improve in experimental group. Control group had better results. Reach distance value of the anterior reach increased significantly, but values in other directions were not significant.

**Conclusion:** Mini-trampoline training, based on the results of this study, does not improve unilateral stability nor does it reduce inter-limb asymmetry. On the other hand, hard surface

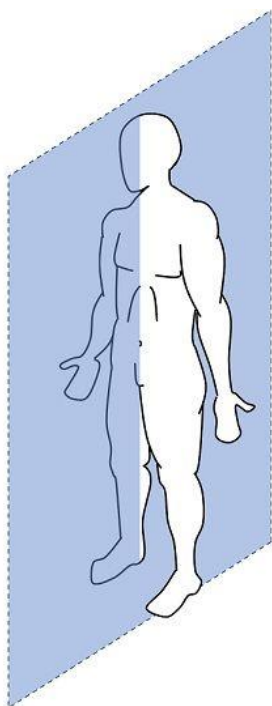
training has partially improved stability. In order to confirm the results of this study, it is important to perform more research with more participants.

**Abstract words:** inter-limb asymmetry, unilateral stability, mini-trampoline training, *Y Balance* test

## 1. UVOD

### 1.2. SIMETRIJA I ASIMETRIJA

Simetrija predstavlja karakteristiku tijela da demonstrira jednakost u veličini, obliku i formi kada je podijeljeno na dva jednaka dijela pomoću određene ravnine. Na ljudskom se tijelu simetrija najčešće promatra kada je tijelo podijeljeno sagitalnom ravninom na lijevi i desni dio, što se naziva zrcalna simetrija (Slika 1.). Iako se ljudsko tijelo doima simetrično, ono nikada nije u potpunosti simetrično. Odstupanja u simetriji lijeve i desne strane ljudskog tijela naziva bilateralna asimetrija (1).



Slika 1. Zrcalna simetrija

Izvor: <https://www.pinterest.com/pin/bilateral-symmetry-definition-and-examples--830069775043542685/>

Van Valen navodi tri vrste asimetrije, a to su usmjerena (eng. *directional asymmetry*), antisimetrija (eng. *antisymmetry*) i fluktuacijska asimetrija (eng. *fluctuating asymmetry*). Usmjerena se asimetrija javlja kada se određena karakteristika jače razvije na jednoj strani osi u odnosu na drugu. Primjer usmjerene asimetrije je položaj unutrašnjih organa u ljudskom tijelu koji se uvijek razvijaju na jednak način i uvijek postoji razlika između dvije strane osi. Antisimetrija predstavlja asimetriju određene karakteristike koja je uvijek prisutna, ali je strana

na kojoj će se razviti varijabilna. Primjer antisimetrije je dominacija lijeve ili desne ruke. Fluktuacijska se asimetrija javlja zbog nemogućnosti razvitka organizma u determiniranom smjeru te se, posljedično, karakteristika koja se trebala razviti simetrično, razvija asimetrično (2). U navedeno najčešće spadaju manja odstupanja poput razlike u veličini uši, oči i sl. osim u slučaju nastanka promjena u ranom embrionalnom razvoju (1).

U sportu i rehabilitaciji asimetrija predstavlja nesklad funkcije među ekstremitetima (3). Asimetrija se može prezentirati kao morfološka ili anatomska asimetrija (npr. razlika u mišićnoj masi lijevih i desnih ekstremiteta), asimetrija fleksibilnosti (npr. različit opseg pokreta u zglobovima suprotnih ekstremiteta), snage, strategije (npr. razlika u propulziji između lijeve i desne noge prilikom izvođenja skokova) i vještine (npr. razlika u vremenu promjene smjera ili visini skoka između lijeve i desne noge) (4). Prisutnost asimetrije može utjecati na izvedbu motoričkih zadataka i posturu te povećava rizik od nastanka ozljeda i padova kod sportaša i nesportaša prilikom sportskih i profesionalnih aktivnosti te pri aktivnostima svakodnevnog života (5).

### *1.2.1. Klasifikacija ekstremiteta*

Postoje mnoge klasifikacije prema kojima se razlikuju ekstremiteti, a neke od najčešćih jesu podjela ekstremiteta na dominantni i nedominantni, slabiji i jači, lijevi i desni ili ozlijeđeni i neozlijeđeni (6). Određivanje dominantnog uda ovisi o vrsti aktivnosti koja se izvodi. Naime, aktivnosti mogu biti bilateralne i unilateralne. Prilikom izvođenja bilateralnih aktivnosti, oba su uda aktivna, ali im uloge mogu biti različite. Primjer bilateralne aktivnosti prilikom čijeg su izvođenja uloge nogu različite je pucanje lopte u nogometu. U ovom je slučaju dominantna ona noga kojom nogometaš puca loptu, a nedominantna ona koja služi stabilizaciji. Unilateralne se aktivnosti, s druge strane, izvode jednom nogom, a primjer takve aktivnosti jest stajanje na jednoj nozi. Gledajući donje ekstremitete, Peters definira dominantnu nogu kao onu kojom je moguće manipulirati objektom ili započeti pokret, dok nedominantnu nogu definira kao onu čija je uloga stabilizacija i potpora. Van Melick i sur. u svojem istraživanju predlažu najbolji način određivanja dominantne noge, a to je pitanje „Kada biste morali loptom naciljati metu, kojom biste nogom udarili loptu?“ (7). Autori navode da je navedena metoda noge optimalna za određivanje dominantne noge kod bilateralnih aktivnosti, a ta je ista noga dominantna kod izvođenja unilateralnih aktivnosti kod 50% žena i 70% muškaraca.

### *1.2.2. Uzroci nastanka asimetrije*

Uzroci asimetrije mogu biti ozljede, repetitivne asimetrične kretnje i lateralnost (8). Osim navedenih uzroka, uslijed adaptacije asimetričnim obrascima kretanja i opterećenjima, očekivano je da će sportaši koji se dulje bave sportom prezentirati veće mjere asimetrije (9).

Ozljede, pogotovo u slučaju neadekvatne rehabilitacije, mogu utjecati na razvoj kompenzacijskih mehanizama te, posljedično, na razvoj asimetrija. Paterno i sur. u svojem su istraživanju objavljenom 2007. godine nastojali utvrditi prisutnost asimetrije u doskoku i skokovima dvije godine nakon rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta (10). U istraživanju je sudjelovalo 14 ispitanica s prosječnim vremenom proteklom od rekonstrukcije prednjeg križnog ligamenta od 27 mjeseci i 18 zdravih ispitanica. Ispitanice su izvodile vertikalni skok i mjerila se sila reakcije podloge. Rezultati istraživanja ukazuju na prisutnost asimetrije ozlijeđene i neozlijeđene kod ozlijeđenih ispitanica te da je sila reakcije podloge veća na neozlijeđenoj nozi.

Repetitivno izvođenje asimetričnih obrazaca aktivnosti također može biti uzrok nastanka asimetrija. Iako se najčešće istražuju utjecaji asimetričnih kretnji u sportskim aktivnostima na razvoj asimetrija, svakodnevne aktivnosti također mogu pridonijeti njihovom razvoju. Način na koji osoba nosi teret, spava, sjedi i dr. mogu utjecati na razvoj disbalansa između lijeve i desne strane. Profesionalne aktivnosti prilikom kojih se dominantno koristi jedna strana tijela također utječu na razvitak asimetrija. Guiard dijeli manualne aktivnosti u tri kategorije, a to su unimanualne asimetrične, bimanualne asimetrične i bimanualne simetrične koje dalje dijeli u fazne i van fazne aktivnosti. Unimanualne asimetrične aktivnosti su aktivnosti koje se izvode jednom rukom poput pranja zubi. Bimanualne asimetrične aktivnosti su aktivnosti prilikom čijih izvođenja obje ruke imaju određenu ulogu, ali se one razlikuju kao što je slučaj prilikom sviranja violine. Bimanualne simetrične aktivnosti su aktivnosti u kojima obje ruke imaju istu ulogu. Ruke ulogu izvršavaju u fazi (npr. preskakanje užeta, dizanje utega) ili van faze (npr. penjanje po užetu) (11).

Iako navedena podjela opisuje manualne aktivnosti, na isti se način mogu podijeliti sve motoričke aktivnosti, pa tako i sportovi. Na temelju gore navedene podjele, Maloney je kategorizirao motoričke aktivnosti u četiri skupine, a to su unilateralne asimetrične, bilateralne asimetrične, van fazne i fazne bilateralne simetrične aktivnosti. Očekivano je da unilateralne asimetrične aktivnosti pogoduju razvoju asimetrija, međutim asimetrije se mogu razviti i prilikom izvođenja bilateralnih aktivnosti (1). Naime, asimetrija se u sportaša javlja zbog

specifičnih zahtjeva određenog sporta. Primjerice, sportovi poput nogometa i rukometa u kojima sportaši preferirano nogom ili rukom pucaju ili bacaju loptu, promoviraju asimetrične tj. unilateralne kretnje što može utjecati na razvoj asimetrija. Međutim, i u simetričnim sportovima u kojima se izmjenjuju obrasci kretanja, poput plivanja ili bicikliranja, također se javljaju asimetrije. Navedeno je povezano s lateralnosti, preferencijom korištenja jedne strane tijela u odnosu na drugi. Naime, ljudi u svakodnevnom životu, pa tako i u sportu, preferiraju korištenje jedne strane tijela za obavljanje motoričkih aktivnosti što rezultira vještijom jednom stranom. Iako se u simetričnim sportovima očekuje gibanje obje strane tijela u jednakom opsegu pokreta i očekivan je jednak razvoj adaptivnih promjena na obje strane tijela, asimetrije prouzročene drugim aktivnostima mogu se dalje nastaviti razvijati zbog nesvjesnog jačeg korištenja jače strane tijela. Lateralnost, naime, može uzrokovati nejednaku fleksibilnost, opseg pokreta, razvoj snage i neurološki razvoj u prilog preferirane strane (13).

### 1.2.3. Procjena asimetrije

Asimetrija se često povezuje s povećanim rizikom od ozljeda iz razloga što pridonosi nejednakoj apsorpciji sila i gubitku stabilnosti u frontalnoj ravnini. Gledajući donje ekstremitete, rizik od ozljeda povećan je kod obje noge. Naime, jača noga podnosi više stresa od slabije zbog veće ovisnosti o njoj da podnese opterećenje, a slabija, s druge strane, ne može učinkovito podnijeti prosječan stres i apsorbirati sile prilikom aktivnosti (14).

U procjeni asimetrije među ekstremitetima, najčešće se mjere razlike u snazi i stabilnosti između dva ekstremiteta. Snaga se najčešće mjeri dinamometrom ili izokinetičkim testiranjem, međutim preporuča se korištenje funkcionalnih testova koji uključuju razne testove skokova. Funkcionalno testiranje omogućuje procjenu snage u stvarnim uvjetima, dok se dinamometrijom ili izokinetičkim testiranjem mogu dobiti rezultati samo za jedan zglobov (15). Stabilnost se najčešće mjeri *Star Excursion Balance* testom ili inačicom, *Y Balance* testom. Smatra se da odstupanja u snazi donjih ekstremiteta koja su veća od 15% i odstupanja veća od 4 cm u anteriornom doseg prilikom izvođenja *Star Excursion Balance* testa ili *Y Balance* testa pridonose većem riziku od nastanka ozljeda (14).

Mogućnost ozljede povećana je kod sportaša i nesportaša u kojih je prisutna asimetrija veća od 15%, međutim već se odstupanja od 10-15% smatraju rizičnima. Procjena asimetrije od velike je važnosti u procesu odlučivanja o povratku sportaša sportskim aktivnostima nakon ozljede te se smatra da je asimetrija manja od 10% prikladna za povratak sportskim aktivnostima.

Sukladno tome, smanjenje asimetrije smatra se ishodom kvalitetne rehabilitacije te omogućuje siguran i efikasan povratak sportskim aktivnostima (6).

#### 1.2.4. *Primjeri treninga za smanjenje asimetrije*

Zbog mogućeg negativnog utjecaja prisutnosti asimetrija na izvedbu i povećanog rizika od nastanka ozljeda, potrebno je osmisliti trening koji će djelovati na smanjenje asimetrije. Gonzalo-Skok i sur. su u istraživanju objavljenom 2016. godine nastojali utvrditi utjecaj unilateralnog i bilateralnog treninga na asimetriju maksimalne sile tijekom izvođenja unilateralnog čučnja. U istraživanju je sudjelovalo 21 rukometaša koji su bili podijeljeni u dvije skupine. Istraživanje se provodilo tijekom 6 tjedana, a treninzi su se sastojali od čučnjeva, skoka s povišenja i skoka iz čučnja s pripremom. Ovisno o grupi, navedene su se vježbe izvodile unilateralno ili bilateralno. Uz navedene vježbe, trening je uključivao i vježbe ravnoteže i ekscentričnog snaženja. Asimetrija maksimalne sile tijekom izvođenja unilateralnog čučnja u većoj se mjeri smanjila u eksperimentalnoj skupini s 9,6% na 4,8% u odnosu na kontrolnu skupinu u kojoj se asimetrija smanjila sa 6,9% na 4,4% (16).

Sannicardo i sur. predlažu trening ravnoteže kao metodu smanjenja asimetrije prilikom izvođenja jednonožnog skoka i lateralnog skoka kod tenisača. Istraživanje se provodilo 6 tjedana, a treninzi su se sastojali od unilateralnih i bilateralnih vježbi snage, koje su ispitanici izvodili na nestabilnim podlogama poput *bosu* lopte, i pliometrijskih vježbi. Rezultati istraživanja ukazuju na smanjenje asimetrije u izvođenju jednonožnog i lateralnog skoka. Asimetrija se pri izvođenju jednonožnog skoka smanjila s 9% na 3,7%, dok se pri izvođenju lateralnog skoka smanjila s 10,8% na 3,2% (17).

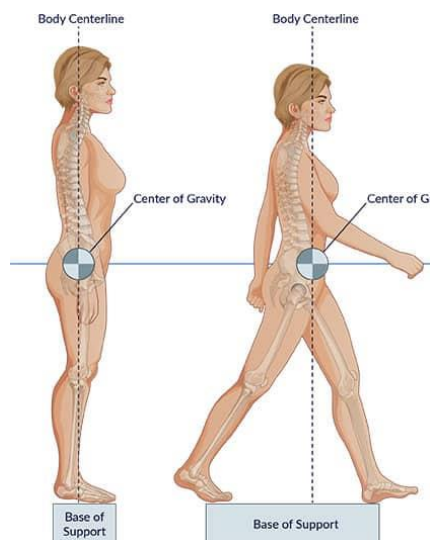
Manojlović i sur. u svojem su istraživanju nastojali ispitati učinak ciljanog treninga na ispravljanje asimetrija u snazi, fleksibilnosti i stabilnosti kod pacijenata s patelofemoralnom boli. Istraživanje se provodilo 8 tjedana, a treninzi su se provodili triput tjedno po 60 minuta. Treninzi su se sastojali od vježbi snage, fleksibilnosti i stabilnosti koje su se prilagođavale ovisno o deficitima pacijenata. Vježbe snage sastojale su se od čučnjeva, iskoraka, podizanja na prste, izdržaja i mrtvog dizanja, vježbe stabilnosti uključivale su jednonožno stajanje na nestabilnoj podlozi, a vježbe fleksibilnosti su se primjenjivale ovisno o deficitima i izvodile statički. Rezultati istraživanja ukazuju na poboljšanje distribucije mase, smanjenje asimetrije u snazi plantarnih i dorzalnih fleksora stopala te fleksora kuka (18).



DeMaio i sur. u svojem istraživanju predlažu trening na trampolinu, točnije *SuperJump Training* kao metodu kojom je moguće ispraviti asimetriju donjih ekstremiteta. *SuperJump Training* vrsta je treninga na trampolinu koji uključuje aerobne i anaerobne vježbe za gornje i donje udove i izvodi se uz glazbu. Cilj istraživanja bio je ispitati akutni utjecaj treninga na trampolinu na dinamičku ravnotežu i asimetriju donjih ekstremiteta. U istraživanju je sudjelovalo 37 studenata koji su podijeljeni u dvije grupe, eksperimentalnu i kontrolnu. Eksperimentalna je skupina trenirala po principu *SuperJump* treninga, a kontrolna nije uopće trenirala. *SuperJump* trening sastoji se od petominutnog zagrijavanja, dvadesetominutnog glavnog dijela treninga i petominutnog istezanja. Glavni dio treninga uključuje vježbe poput dvonožnih i jednoonožnih skokova, lateralnih skokova i sl. koje se kombiniraju s pokretima ruku. Dinamička se ravnoteža mjerila prije i poslije treninga pomoću balansne ploče, a rezultati istraživanja ukazuju na poboljšanje ravnoteže u eksperimentalnoj skupini i smanjenje asimetrije u održavanju ravnoteže (8).

## **1.2. STABILNOST**

Stabilnost predstavlja mogućnost ostanka u određenoj poziciji unatoč silama koje ju nastoje promijeniti. Također, stabilnost obuhvaća i mogućnost povratka u početnu poziciju nakon djelovanja vanjske sile. Na temelju navedenih definicija, prema Bryan i sur., stabilnost je sposobnost zglobova da ostanu ili se brzo povrate u optimalno poravnanje izjednačavanjem sila (19). Stabilnost se često poistovjećuje s ravnotežom, međutim, iako su pojmovi slični, različito se definiraju. Ravnoteža je sposobnost pojedinca da održi os sile težine unutar baze oslonca. Baza oslonca je područje ispod osobe koje obuhvaća dijelove tijela koji su u kontaktu s podlogom i područje koje oni omeđuju. Ravnoteža se dalje dijeli na statičku i dinamičku ravnotežu. Statička je ravnoteža sposobnost zadržavanja tijela u fiksnom položaju, uz minimalne kretnje, s točkom težišta iznad baze oslonca. Dinamička je ravnoteža sposobnost održavanja točke težišta tijela iznad baze oslonca prilikom pokretanja tijela (Slika 2.). Točka težišta je zamišljena točka u kojoj je koncentrirana sva masa tijela i na koju djeluje sila gravitacije (20, 21).



Slika 2. Prikaz održavanja točke težišta iznad baze oslonca pri stajanju i hodanju

Izvor: <https://mylifeglider.com/why-understanding-your-center-of-gravity-is-key-to-fall-prevention/>

Stabilnost zglobova omogućena je pasivnim i dinamičkim komponentama. Pasivni (statički) stabilizatori su ligamenti, zglobna hrskavica, zglobna čahura i geometrija zglobnih tijela. Dinamička se stabilizacija postiže neuromišićnom kontrolom poprečnoprugastih mišića koji okružuju zglob. Neuromišićna je kontrola, u kontekstu stabilizacije zglobova, nesvjesna aktivacija mišića kao odgovor na pokretanje zgloba ili opterećenje koja omogućuje održavanje i uspostavljanje stabilnosti. Efikasnost dinamičke stabilizacije ovisi o biomehaničkim karakteristikama zglobova i mišića poput opsega pokreta, mišićne snage i izdržljivosti (19).

Središnji živčani sustav prima informacije iz tri senzorna sustava, a to su vizualni, vestibularni i somatosenzorni, kako bi proizveo odgovarajući motorički odgovor koji će omogućiti kontroliranu, uspravnu posturu tijela. Funkcija vizualnog sustava je osiguravanje vizualnih informacija o položaju tijela i pokretima te o potencijalnoj opasnosti. Vestibularni se sustav nalazi u unutarnjem uhu i njegova je uloga praćenje kutnog ubrzanja glave i pozicije glave u prostoru u odnosu na gravitaciju. Osim navedenih funkcija, uloga vestibularnog sustava je i usklađivanje pokreta glave s pokretima trupa i očiju te održavanje ravnoteže i stava tijela (22).

Kako bi tijelo ostalo u uspravnoj poziciji, potrebno je da središnji živčani sustav stalno prima i integrira informacije o položaju segmenata tijela, odnosu među segmentima i odnosu segmenata i okoline (23). Navedeno omogućuje somatosenzorni sustav koji se sastoji od receptora koji se nalaze u koži, tetivama, mišićima, ligamentima i zglobovima. Somatosenzorni je sustav, naime, primarni sustav koji prima informacije i omogućuje ravnotežu i stabilnost (24).

U ovom su kontekstu najbitniji mehanoreceptori, receptori osjetljivi na mehaničke podražaje poput pritiska, dodira i vibracije. Mehanoreceptori su mišićno vreteno, Golgijev tetivni organ, Pacinijeva tjelešca, Ruffinijeva tjelešca, Meissnerova tjelešca, Krauseova tjelešca i Merkelovi diskovi. Mišićno vreteno i Golgijev tetivni organ od velike su važnosti zato što su oni proprioceptori. Naime, propriocepcija je „sposobnost tijela da prenese informaciju o položaju nekog dijela tijela, analizira tu informaciju te svjesno ili nesvjesno odgovori na stimulaciju odgovarajućim pokretom (25).“ Informacije dobivene proprioceptorima obrađuju se u središnjem živčanom sustavu gdje se formira odgovor koji odlazi na periferiju i omogućuje pozicioniranje tijela, ubrzanje i pravilno kretanje tijela (25). Mišićna su vretena najbitniji proprioceptori, a njihova je uloga detekcija promjene duljine mišića i brzine promjene duljine mišića (26). Mišićna se vretena nalaze u cijelom mišićnom truhu, međutim najveći se broj nalazi u središnjem dijelu trbuha mišića (27). Golgijev se tetivni organ nalazi u tetivama, u blizini mišićno-tetivnog spoja (27), a njegova je uloga detekcija napetosti u mišićima i preopterećenja. Ukoliko je u mišiću prisutna prevelika napetost, Golgijev će tetivni organ putem refleksnog luka spriječiti stvaranje sile i, samim time, spriječiti nastanak ozlijede (28). Međutim, i ostali mehanoreceptori imaju ulogu u održavanju uspravnog stava iz razloga što omogućuju taktilne osjete. Primjerice, mehanoreceptori koji se nalaze u koži stopala mogu detektirati sile ili razne teksture podloge na kojoj osoba stoji što utječe na uspravni stav (23). Podražaj mehanoreceptora prenosi se osjetnim putevima, sustavom živčanih stanica i vlakana, u kuru velikog ili malog mozga (27). Ukoliko mehanoreceptori registriraju neočekivanu perturbaciju, šalje se signal u središnji živčani sustav gdje se formulira motorički odgovor kojim će se omogućiti održavanje stabilnosti (29).

### *1.2.1. Trening stabilnosti*

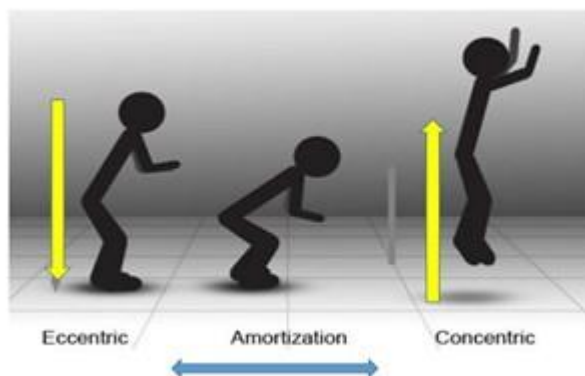
Stabilnost i ravnoteža imaju ključnu ulogu u aktivnostima svakodnevnog života, profesionalnim aktivnostima, sportu i rehabilitaciji, stoga je bitno poznavati strategije treninga koji će poboljšati sposobnost suprotstavljanja vanjskim silama i optimizirati ravnotežu (30). Adekvatna je stabilnost poželjna u svim populacijama, a pogotovo u osoba starije životne dobi kako bi se smanjio rizik od padova i omogućila samostalnost u aktivnostima svakodnevnog života.

Osim strategija vježbanja koje iziskuju dobru ravnotežu prilikom izvođenja, vježbe snage također pozitivno utječu na poboljšanje ravnoteže i stabilnosti. Naime, uvođenjem nestabilne komponente u trening snage pridonosi poboljšanju ravnoteže, koordinacije i propriocepcije. U

navedeno ne spada samo korištenje nestabilnih podloga prilikom izvođenja vježbi, već i korištenje opreme s većim stupnjem slobode poput bučica (31). Trening snage također prevenira razvoj sarkopenije koja je povezana sa smanjenom ravnotežom i stabilnosti (32). Nadalje, snaženje stabilizatora trupa također pridonosi poboljšanju stabilnosti. Mišići trupa održavaju stabilnost kralježnice i zdjelice, generiraju i prenose energiju među segmentima te omogućuju stabilnost potrebnu za izvršavanje kretnji donjih ekstremiteta (33).

Treniranje na nestabilnim podlogama utječe na poboljšanje izvedbe u aktivnostima svakodnevnog života i sportskim aktivnostima te promovira ravnotežu i zdravlje mišićno-koštanog sustava iz razloga što potiče na izvršavanje aktivnosti u stvarnim uvjetima. Naime, razne sportske i svakodnevne aktivnosti odvijaju se na nestabilnim podlogama, stoga je poželjno da i trening stimulira određenu aktivnost u što stvarnijim uvjetima. Trening na nestabilnim podlogama stimulira živčani sustav u većoj mjeri nego trening na tvrdoj podlozi. Podloga se, uslijed djelovanja sila povezanih s pomicanjem točke težišta tijela, iskrivljuje te na taj način promovira disbalans. Točka težišta tijela se konstantno pomiče, stoga je potrebno da tijelo stalno reagira na promjene i prilagođava se (34). Treningom na nestabilnoj podlozi stalno se stimuliraju proprioceptori (35) što rezultira povećanim posturalnim zamahom i povećanom aktivnosti mišića (30). Zbog stalne stimulacije proprioceptora povećava se osjetljivost aferentnih puteva što rezultira bržom kontrakcijom mišića stabilizatora. Smatra se da se kokontraktijska aktivnost mišića povećava uslijed treninga na nestabilnoj podlozi te da pogoduje smanjenju latencije što rezultira bržom stabilizacijom zglobova (36).

Pliometrijski se trening također preporuča kao metoda treninga u svrhu poboljšanja stabilnosti. Naime, pliometrijski trening karakterizira tzv. ciklus istežanja i skraćivanja (eng. *stretch-shortening cycle*, SSC) koji se razvija zbog jakih ekscentričnih kontrakcija nakon kojih slijede jake koncentrične kontrakcije (Slika 3.). Mišić tijekom ekscentrične faze akumulira elastičnu energiju koju otpušta tijekom koncentrične faze kako bi se poboljšala proizvodnja mišićne sile. Smatra se da snaga proizvedena tijekom početne faze ciklusa istežanja i skraćivanja pozitivno utječe na neuromišićnu kontrolu i stabilnost zglobova (37). Također, pliometrijske su vježbe vrlo dinamične i iziskuju visoku razinu posturalne kontrole što također pozitivno utječe na ravnotežu i stabilnost (36).



Slika 3. Ciklus istežanja i skraćivanja

Izvor: <https://www.runningshoesguru.com/content/the-stretch-shortening-cycle-and-how-it-can-unlock-a-winning-performance/>

Uključivanje jednonožnih vježbi, vježbi s promjenom smjera i vježbi na nestabilnom podlogama u pliometrijski trening omogućuje adekvatan podražaj somatosenzornog sustava (37) što posljedično djeluje na poboljšanje ravnoteže i stabilnosti. Trening na trampolinu, kao jedna od metoda pliometrijskog treninga, pridonosi razvoju snage mišića donjih ekstremiteta, koordinacije i ravnoteže. Naime, trening na trampolinu sadrži komponente pliometrijskog treninga zbog stalnog izmjenjivanja koncentričnih i ekscentričnih kontrakcija, a zbog konstantnog pomicanja točke težišta tijela, zbog nestabilne podloge na kojoj se izvodi, pogoduje poboljšanju ravnoteže i stabilnosti (8).

#### 1.2.1.1. Trening na trampolinu

Trening na trampolinu (eng. *rebound exercise, rebounding*) obuhvaća ponavljane vertikalne kretnje tijela i izvodi se na malom trampolinu promjera u rasponu od 91 do 122 cm (od 36 do 48 in). Trampolin je dizajniran u svrhu aerobnog treninga, a sastoji se od metalnog okvira, elastične tkanine, koja je oprugama pričvršćena za okvir, i nogu, a može sadržavati i ručku koja pruža dodatnu sigurnost (Slika 4.) (38).



Slika 4. Mali trampolin bez i s ručkom

Izvor: <https://nymag.com/strategist/article/best-fitness-trampolines-for-rebound-exercise.html>

Trening na trampolinu popularizirala je NASA koja je u svojem istraživanju objavljenom 1980. godine došla do zaključka da je skakanje na trampolinu 68% učinkovitije u odnosu na trčanje te da iziskuje manje energije i manje opterećuje zglobove i kardiovaskularni sustav. Pozitivan utjecaj treninga na trampolinu zamijećen je u raznim populacijama, a neki od pozitivnih učinaka jesu povećanje snage mišića nogu, stražnjice i trupa, izdržljivosti, ravnoteže i koordinacije, smanjenje indeksa tjelesne mase, poboljšanje protoka limfe, smanjenje resorpcije kosti i očuvanje snage mišića zdjeličnog dna. Trening na trampolinu prikladan je i za osobe s intelektualnim teškoćama, pretile osobe, oboljele od dijabetesa i dr. (38, 39)

Vježbe koje se mogu izvoditi na trampolinu su mnogobrojne. Izvode se razne varijacije skokova, čučnjeva i iskoraka, trčanje na mjestu i dr., a sve se kretnje mogu kombinirati s pokretima ruku. Skakanje na malom trampolinu nije uobičajeno skakanje, već se ono može okarakterizirati kao gaženje. Također, nije potrebno skakati visoko, već tek nekoliko centimetara od podloge (Slika 5.) (38).

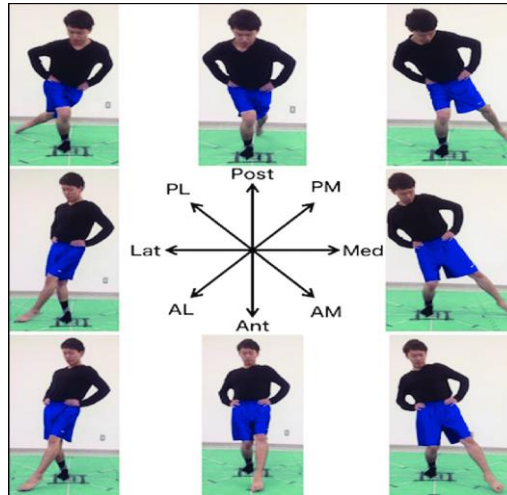


Slika 5. Trening na trampolinu

Izvor: <https://rebound.fitness/en-us/shop/instructor-training/studio-instructor-training-click-for-dates/>

### 1.2.2. Procjena stabilnosti – *Y Balance Test*

*Y Balance* test smatra se validnim i pouzdanim testom za procjenu stabilnosti. *Y Balance* test je modificirana inačica *Star Excursion Balance* testa (Slika 6.) koji se, kao metoda procjene, može koristiti u svrhu procjene stabilnosti donjih ekstremiteta, praćenja procesa rehabilitacije, utvrđivanja deficita nastalih uslijed ozljeda i procjene rizika od nastanka ozljeda. *Star Excursion Balance* testom mjeri se doseg nogom u 8 smjerova, dok se *Y Balance* testom mjeri doseg u 3 smjera, a to su anteriorni, posteromedijalni i posterolateralni (40).



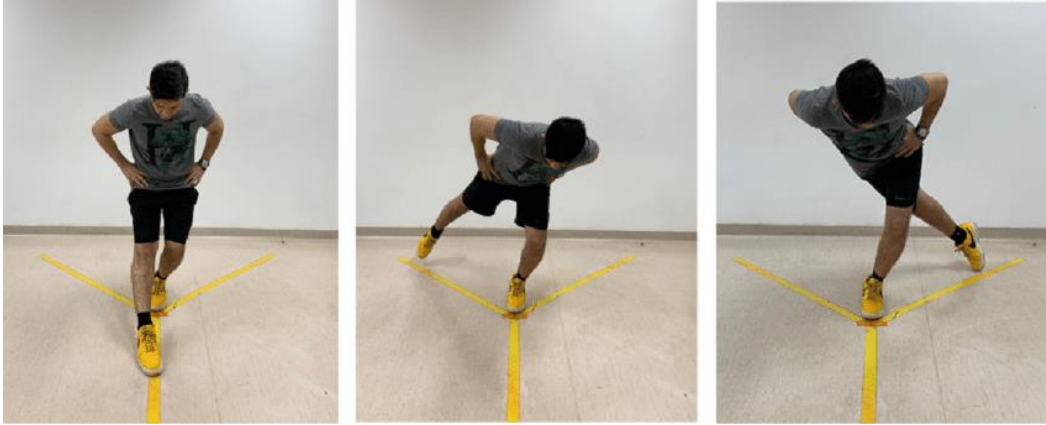
Slika 6. *Star Excursion Balance test*

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Star-Excursion-Balance-Test-used-for-assessment\\_fig2\\_332667041](https://www.researchgate.net/figure/Star-Excursion-Balance-Test-used-for-assessment_fig2_332667041)

Cilj Y Balance testa je održavanje stabilnog jednonožnog stava prilikom izvođenja dosega kontralateralnom nogom (Slika 7.). Za uspješnu izvedbu ovog testa potrebna je adekvatna snaga, fleksibilnost, ravnoteža i koordinacija. Naime, izvođenje testa iziskuje mobilnost i stabilnost u nekoliko ravnina i zato je potreban adekvatan opseg pokreta, snaga, stabilnost i koordinacija u zglobovima noge i kralježnice. Jedan ili više deficita navedenih komponenti može rezultirati neuspješnim izvođenjem testa (40).

Usporedbom rezultata dosega lijeve i desne noge moguće je utvrditi prisutnost asimetrije donjih ekstremiteta prilikom održavanja stabilnosti. Navedeno je bitno u procjeni rizika od nastanka ozljeda. Naime, asimetrija dosega u anteriornom smjeru veća ili jednaka 4 cm povezana je s većim rizikom od nastanka ozljeda (41).





Slika 7. Prikaz načina izvođenja *Y Balance* testa

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Y-Balance-Test-in-anterior-posteromedial-and-posterolateral-directions\\_fig3\\_342419783](https://www.researchgate.net/figure/Y-Balance-Test-in-anterior-posteromedial-and-posterolateral-directions_fig3_342419783)

## **2. CILJEVI I HIPOTEZE**

Glavni cilj istraživanja je usporediti učinak treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na unilateralnu stabilnost donjih ekstremiteta nakon 30 treninga. Iz glavnog cilja proizlazi specifični cilj:

C2: Ispitati učinak treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na asimetriju donjih ekstremiteta nakon 30 treninga.

Na temelju navedenih ciljeva definirane su slijedeće hipoteze:

H1: Ispitivana će skupina nakon 30 treninga imati bolje rezultate unilateralne stabilnosti u odnosu na kontrolnu skupinu.

H2: Ispitivana će skupina nakon 30 treninga postići manju asimetriju donjih ekstremiteta u odnosu na kontrolnu skupinu.

### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. Ispitanici

Ispitanice koje su sudjelovale u istraživanju jesu članice centra za rekreaciju „Gym & Fit by Dorina“ u Rovinju. Iako je planirani broj ispitanica bio 40, zbog odustajanja ispitanica i neredovityh dolazaka na treninge, u istraživanju je sudjelovalo 27 ispitanica. Ispitanice su podijeljene u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Eksperimentalna se skupina sastoji od 14 ispitanica koje treniraju na trampolinu, a kontrolna od 13 ispitanica koje treniraju na tvrdoj podlozi. Kriteriji isključenja ispitanica iz istraživanja jesu nedavne ozljede donjih ekstremiteta, oštećenje vestibularnog sustava, neurološki poremećaji, smetnje vida koje utječu na svakodnevno funkcioniranje i neredoviti dolasci na trening. Metoda uzorkovanja je prigodni uzorak.

#### 3.2. Postupak i instrumentarij

Podatci prikupljeni za potrebe istraživanja jesu dob, visina, masa, dominantna noga i rezultati izvođenja *Y Balance* testa. Visina je bila izmjerena visinomjerom, a masa ispitanica vagom. U svrhu određivanja dominantne noge, ispitanice su odgovorile na pitanje: „Kada biste morali loptom naciljati metu, kojom biste nogom udarili loptu?“ po uzoru na istraživanje van Melick i sur. (7).

Kako bi se izmjerila stabilnost donjih ekstremiteta proveo se *Y Balance* test. *Y Balance* testom procjenjuje se dinamička stabilnost prilikom stajanja na jednoj nozi dok se drugom vrši doseg u tri smjera, a to su anteriorni (ANT), posteromedijalni (PM) i posterolateralni (PL) smjer. Rezultati *Y Balance* testa koriste se u svrhu procjene deficita u održavanju stabilnosti i prisutnosti asimetrije (41). Za provedbu *Y Balance* testa bile su potrebne tri centimetarske vrpce koje su bile zalijepljene na pod u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru, u obliku slova Y. Kut između vrpce postavljenih u anteriornom i posterolateralnom te u anteriornom i posteromedijalnom smjeru iznosio je  $135^\circ$ , a kut između vrpce postavljenih u posterolateralnom i posteromedijalnom smjeru iznosio je  $90^\circ$ . *Y Balance* testom mjerio se doseg lijevom i desnom nogom u tri navedena smjera. Ispitanice su prilikom izvođenja testa bile bosc. Kako bi se izmjerio doseg u anteriornom smjeru, nožni prsti jedne noge ispitanica bili su u križištu triju vrpce, dok su drugom nogom vršile doseg u anteriornom smjeru. Nakon tri

ponavljanja ispitanice su promijenile nogu na kojoj stoje te su ponovile test drugom nogom. Test se na jednak način vrši i u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru, lijevom i desnom nogom. Prilikom izvođenja testa ruke ispitanica morale su biti na bokovima, a prilikom izvođenja dosega smjele su samo prstima noge kojom izvode doseg dotaknuti podlogu. Ukoliko su ispitanice prenijele težinu na nogu kojom su izvodile doseg, pomaknule stajnu nogu, položile nogu kojom su izvodile doseg pored stajne noge prije izvršavanja svih ponavljanja ili nisu dotaknule centimetarsku vrpcu prilikom dosega, već podlogu, mjerenje se vodilo kao neuspješno i ponovno se provelo (42). Kako bi se izračunala asimetrija donjih ekstremiteta, doseg nedominantne noge oduzeo se od dosega dominantne noge, po uzoru na Smith i sur. (40). Asimetrija je izračunata za svaki smjer zasebno.

Istraživanje je provedeno u centru za rekreaciju „Gym & Fit by Dorina“ u Rovinju, a podatci su prikupljeni na početku istraživanja i nakon 30 treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi. Prikupljanje podataka vršilo se u razdoblju od veljače do svibnja 2024. godine. Oba su se treninga provodila dvaput tjedno u trajanju od sat vremena. Trening na trampolinu sastojao se od 30 do 40 minuta anaerobnih vježbi na trampolinu koje uključuju vježbe poput dvonožnih i jednonožnih skokova, čučanj-skoka i trčanja na mjestu, 10 minuta vježbi snage poput raznih varijacija trbušnjaka, čučnjeva i sklekova te istezanja u trajanju do 10 minuta. Trening na tvrdoj podlozi sadržavao je zagrijavanje u trajanju od 10 minuta, glavni dio treninga koji traje 40 minuta, a uključuje vježbe repetitivne snage s rekvizitima poput bučica, elastičnih traka i velikih i malih lopti te istezanje u trajanju od 10 minuta. Vrijeme trajanja mjerenja po ispitanici je 10 minuta.

Kvaliteta prikupljanja podataka osigurana je na način da je mjerenja provodila isključivo autorica istraživanja. Tijekom provedbe istraživanja javili su se predviđeni problemi, a to su odustajanje ispitanica i neredoviti dolasci na trening, stoga su te ispitanice isključene iz istraživanja.

### *3.3. Statistička obrada podataka*

Varijabla vrsta treninga nezavisna je varijabla i izražena je na nominalnoj ljestvici. Varijable unilateralna stabilnost i asimetrija zavisne su varijable, izražene su na omjernoj ljestvici i opisane aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Za testiranje obje hipoteze korišten

je t-test za zavisne uzorke na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$ . Za statističku obradu podataka koristio se program MedCalc besplatna inačica 22.016.

#### *3.4. Etički aspekti istraživanja*

Prije početka istraživanja, ispitanice su bile upoznate s ciljevima istraživanja i planiranom upotrebom podataka. Sve su ispitanice potpisale Informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju. Za provođenje istraživanja zatražena je suglasnost Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci.

#### 4. REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 27 ispitanica koje su podijeljene u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Eksperimentalna se skupina sastojala od 14 ispitanica prosječne dobi od 38,57 godina, visine 165,71 cm i mase 62,86 kg. Kontrolna se skupina sastojala od 13 ispitanica prosječne dobi od 42,85 godine, visine 164,27 cm i mase 60,81 kg (Tablica 1.). Sve ispitanice navode desnu nogu kao dominantnu nogu.

Tablica 1. Karakteristike ispitanica

Varijable	Eksperimentalna skupina $\bar{x} \pm sd$	Kontrolna skupina $\bar{x} \pm sd$
Broj ispitanica	14	13
Dob (godine)	38,57 ± 15,02	42,85 ± 17,74
Visina (cm)	165,71 ± 7,03	164,27 ± 5,03
Masa (kg)	62,86 ± 9,07	60,81 ± 8,29

U svrhu ispitivanja utjecaja treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na unilateralnu stabilnost, varijabla vrsta treninga je nezavisna varijabla, a unilateralna stabilnost zavisna. Unilateralna je stabilnost mjerena pomoću *Y Balance* testa. Provedena su tri uzastopna mjerenja doseg u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru lijevom i desnom nogom te je izračunata aritmetička sredina za svaki smjer i svaku nogu zasebno. Kako bi se testirala prva hipoteza (H1), korišten je t-test za zavisne uzorke na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$ . U Tablici 2 prikazani su rezultati t-testa za zavisne uzorke eksperimentalne skupine. Uspoređene su prosječne vrijednosti doseg u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dominantne i nedominantne u prvom i drugom mjerenju. Rezultati ne ukazuju na statistički značajno poboljšanje u izvođenju doseg ni u jednom smjeru dominantnom i nedominantnom nogom.

Tablica 2. Rezultati t-testa za zavisne uzorke eksperimentalne skupine

Varijable	1. mjerenje $\bar{x} \pm sd$ (cm)	2. mjerenje $\bar{x} \pm sd$ (cm)	t	p
<b>ANT doseg – D noga</b>	55,27 ± 5,37	59,96 ± 7,16	1,96	>0,05
<b>ANT doseg – ND noga</b>	56,00 ± 5,43	58,81 ± 6,61	1,23	>0,05
<b>PM doseg – D noga</b>	80,05 ± 8,93	84,16 ± 8,77	1,23	>0,05
<b>PM doseg – ND noga</b>	79,44 ± 10,89	86,01 ± 9,20	1,72	>0,05
<b>PL doseg – D noga</b>	80,37 ± 10,38	84,26 ± 10,58	0,98	>0,05
<b>PL doseg – ND noga</b>	81,00 ± 9,66	83,79 ± 9,39	0,78	>0,05

U Tablici 3 prikazani su rezultati t-testa za zavisne uzorke na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$  kontrolne skupine. Uspoređene su prosječne vrijednosti doseg u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dominantne i nedominantne u prvom i drugom mjerenju.

Tablica 3. Rezultati t-testa za zavisne uzorke kontrolne skupine

Varijable	1. mjerenje $\bar{x} \pm sd$ (cm)	2. mjerenje $\bar{x} \pm sd$ (cm)	t	p
<b>ANT doseg – D noga</b>	53,68 ± 7,31	58,60 ± 3,99	2,13	<0,05
<b>ANT doseg – ND noga</b>	53,35 ± 7,04	58,71 ± 5,06	2,23	<0,05
<b>PM doseg – D noga</b>	79,81 ± 13,28	86,00 ± 8,21	1,43	>0,05
<b>PM doseg – ND noga</b>	79,63 ± 12,15	85,90 ± 7,27	1,59	>0,05
<b>PL doseg – D noga</b>	76,13 ± 11,90	82,50 ± 9,56	1,50	>0,05
<b>PL doseg – ND noga</b>	77,86 ± 12,80	79,93 ± 8,58	0,48	>0,05

Rezultati t-testa ukazuju na poboljšanje prosječnog doseg u anteriornom smjeru dominantne ( $t=2,13$ ;  $p < 0,05$ ) i nedominantne noge ( $t=2,23$ ;  $p < 0,05$ ), međutim ne postoji statistički značajno poboljšanje u izvođenju doseg u posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru dominantnom i nedominantnom nogom.

Na temelju rezultata prikazanih u Tablicama 2 i 3, moguće je zaključiti da trening na trampolinu ne utječe na poboljšanje unilateralne stabilnosti, a uspoređujući rezultate eksperimentalne i kontrolne skupine, kontrolna je skupina ostvarila statistički značajno poboljšanje u izvođenju anteriornog doseg. Dakle, prva je hipoteza (H1) odbačena.

U svrhu ispitivanja učinka treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na asimetriju donjih ekstremiteta, varijabla vrsta treninga nezavisna je varijabla, a asimetrija zavisna. Kako bi se izračunala asimetrija donjih ekstremiteta prilikom izvođenja *Y Balance* testa, aritmetička sredina doseg nedominantne noge oduzeta je od aritmetičke sredine doseg dominantne noge za svaki smjer zasebno. U Tablici 4 prikazani su rezultati eksperimentalne skupine u prvom i drugom mjerenju.

Tablica 4. Prikaz rezultata asimetrije u izvođenju anteriornog, posteromedijalnog i posterolateralnog doseg eksperimentalne skupine u prvom i drugom mjerenju (cm)

	ANT doseg		PM doseg		PL doseg	
	1. mjerjenje	2. Mjerenje	1. mjerjenje	2. mjerjenje	1. mjerjenje	2. mjerjenje
1.	-6,17	-1,83	-0,67	-3,50	-7,33	-5,67
2.	-0,83	1,50	-6,00	-5,33	5,33	0,67
3.	-4,33	3,67	4,00	-5,33	-3,50	-2,83
4.	-3,33	2,50	11,5	-4,83	-0,67	-0,50
5.	1,83	0,50	-8,67	8,17	-4,00	-0,33
6.	2,00	4,00	1,00	-5,67	-5,67	2,67
7.	-2,50	1,00	1,67	6,33	10,50	6,00
8.	-0,50	-2,67	0,00	-1,50	4,83	0,33
9.	-5,00	1,50	7,67	-3,50	1,67	7,67
10.	1,17	-1,33	-0,83	-5,50	-4,67	5,67
11.	1,17	2,83	3,50	1,84	4,00	-4,50
12.	0,17	1,84	2,34	-0,84	-5,17	-4,20
13.	2,00	1,17	-7,00	-4,33	-8,33	-1,66
14.	4,17	1,50	0,00	-2,00	4,17	3,34

Negativni predznak ispred vrijednosti asimetrije ukazuje na smjer asimetrije. Naime, zbog oduzimanja aritmetičke sredine doseg nedominantne noge od aritmetičke sredine doseg dominantne noge, negativni predznak ispred vrijednosti znači da su rezultati stabilnosti nedominantne noge bolji. U svrhu izračunavanja aritmetičke sredine uzeta apsolutna vrijednost rezultata navedenih u Tablici 4. Kako bi se testirala druga hipoteza (H2), korišten je t-test za zavisne uzorke na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$ . U Tablici 5 navedeni su rezultati t-testa za zavisne uzorke eksperimentalne skupine. Uspoređene su prosječne vrijednosti asimetrije u



izvođenju dosega u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru u prvom i drugom mjerenju. Rezultati t-testa ukazuju na nepostojanje statistički značajnog smanjenja asimetrije pri izvođenju dosega u anteriornom ( $t=-0,94$ ;  $p>0,05$ ) i posterolateralnom smjeru ( $t=-1,82$ ;  $p>0,05$ ). U drugom se mjerenju asimetrija povećala pri izvođenju posteromedijalnog dosega, međutim ni to povećanje nije statistički značajno ( $t=0,24$ ;  $p>0,05$ ).

Tablica 5. Rezultati t-testa za zavisne uzorke eksperimentalne skupine

Varijable	1. mjerenje $\bar{x} \pm sd$ (cm)	2. mjerenje $\bar{x} \pm sd$ (cm)	t	p
ANT doseg	2,51 ± 1,82	1,99 ± 1,01	-0,94	>0,05
PM doseg	3,92 ± 3,67	4,19 ± 2,10	0,24	>0,05
PL doseg	4,99 ± 2,52	3,29 ± 2,41	-1,82	>0,05

U Tablici 6 prikazani su rezultati asimetrije donjih ekstremiteta pri izvođenju *Y Balance* testa kontrolne skupine u prvom i drugom mjerenju. Kao i u Tablici 4, asimetrija je dobivena oduzimanjem prosječnog dosega nedominantne noge od prosječnog dosega dominantne noge za svaki smjer zasebno.

Tablica 6. Prikaz rezultata asimetrije u izvođenju anteriornog, posteromedijalnog i posterolateralnog dosega kontrolne skupine u prvom i drugom mjerenju (cm)

	ANT doseg		PM doseg		PL doseg	
	1. mjerenje	2. Mjerenje	1. mjerenje	2. mjerenje	1. mjerenje	2. mjerenje
1.	3,33	-5,67	5,00	2,50	-7,17	11,00
2.	-0,83	0,83	-1,83	-1,50	-2,33	3,00
3.	-2,17	-1,83	-1,17	2,17	-1,67	7,67
4.	0,67	-0,33	0,17	4,00	-6,67	1,17
5.	1,33	3,00	-6,67	-0,50	-1,33	1,33
6.	-1,67	4,17	0,00	-1,67	-6,33	-4,33
7.	0,17	-0,50	-8,33	-5,00	1,17	7,00
8.	2,83	-0,17	-3,00	1,83	-0,50	3,00
9.	-0,83	-0,50	9,17	-6,67	-1,00	-3,50
10.	3,50	0,67	9,67	7,33	1,67	1,67
11.	-0,83	-0,33	3,83	2,33	0,50	3,20
12.	-1,00	-1,16	-4,83	-2,34	1,33	3,16
13.	-0,17	0,46	0,33	-1,70	-0,17	1,74

Tablica 7. Rezultati t-testa za zavisne uzorke kontrolne skupine

Varijable	1. mjerenje $\bar{x} \pm sd$	2. mjerenje $\bar{x} \pm sd$	t	p
<b>ANT doseg</b>	1,49 ± 1,14	1,51 ± 1,72	0,03	>0,05
<b>PM doseg</b>	4,15 ± 3,46	3,04 ± 2,09	-0,99	>0,05
<b>PL doseg</b>	2,45 ± 2,51	3,98 ± 2,90	1,44	>0,05

U Tablici 7 prikazani su rezultati t-testa za zavisne uzorke na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$  kontrolne skupine. Rezultati ukazuju na nepostojanje statistički značajnog smanjenja asimetrije pri izvođenju posteromedijalnog ( $t = -0,99$ ;  $p > 0,05$ ) dosega, a rezultati asimetrije prilikom izvođenja anteriornog i posterolateralnog dosega ukazuju na povećanje asimetrije, međutim to povećanje nije statistički značajno.

Na temelju rezultata prikazanih u Tablicama 5 i 7, moguće je zaključiti da ni trening na trampolinu ni na tvrdoj podlozi ne utječu na smanjenje asimetrije donjih ekstremiteta, stoga je druga hipoteza ( $H_2$ ) odbačena.

## 5. RASPRAVA

Glavni je cilj ovog istraživanja bio usporediti učinak treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na unilateralnu stabilnost donjih ekstremiteta nakon 30 treninga. Analizirajući rezultate dobivene mjerenjem stabilnosti pomoću *Y Balance* testa, utvrđeno je da trening na trampolinu ne utječe na poboljšanje unilateralne stabilnosti donjih ekstremiteta. Naime, povećanje u vrijednosti dosega u anteriornom, posteromedijalnom i posterolateralnom smjeru eksperimentalne skupine pri izvođenju *Y Balance* testa nije statistički značajno ( $p > 0,05$ ). S druge strane, u kontrolnoj je skupini primijećeno statistički značajno poboljšanje u izvođenju anteriornog dosega ( $p < 0,05$ ). Dakle, prva je hipoteza odbačena. Specifični cilj istraživanja bio je ispitati učinak treninga na trampolinu i na tvrdoj podlozi na asimetriju donjih ekstremiteta nakon 30 treninga. Na temelju rezultata moguće je zaključiti da trening na trampolinu i na tvrdoj podlozi ne utječu na smanjenje asimetrije donjih ekstremiteta. Promjene u vrijednostima asimetrije nisu statistički značajne ( $p > 0,05$ ), stoga je i druga hipoteza odbačena.

Trening na trampolinu smatra se izuzetno učinkovitim aerobnim treningom koji pozitivno utječe na poboljšanje aerobne izdržljivosti, ravnoteže, stabilnosti, mišićne snage, koordinacije i posturalne kontrole (43). Utjecaj treninga na trampolinu na navedeno istražen je u raznim populacijama, kod sportaša i nesportaša, mlađih osoba i osoba starije životne dobi, ali i u rehabilitaciji neuroloških pacijenata, djece s odstupanjima u motoričkom razvoju, dijabetičara i dr. (39). U svrhu usporedbe rezultata ovog istraživanja s već postojećim, korištena su istraživanja koja istražuju utjecaj treninga na trampolinu na stabilnost i ravnotežu.

Aragao i sur. u svojem su istraživanju *Mini-trampoline exercise related to mechanisms of dynamic stability improves the ability to regain balance in elderly* objavljenom 2011. godine nastojali ispitati učinak treninga na trampolinu na mogućnost odgovora na perturbaciju i održavanje ravnoteže prilikom iznenadnih padova kod osoba starije životne dobi (44). U istraživanju je sudjelovalo 33 ispitanika koji su podijeljeni u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Istraživanje se provodilo 14 tjedana. Eksperimentalna se skupina sastojala od 21 ispitanika, a kontrolna od 12 ispitanika. Ispitanici se u kontrolnoj skupini nisu bavili redovitom tjelesnom aktivnosti tijekom 14 tjedana, dok su ispitanici u eksperimentalnoj skupini trenirali na trampolinu dvaput tjedno u trajanju od 90 minuta. Trening se odvijao u malim grupama s 4 do 7 polaznika i sastojao se od raznih varijacija skokova, trčanja na mjestu, održavanja ravnoteže prilikom mirnog stajanja na jednoj nozi i aktivnosti poput igranja tenisa ili pucanja lopte za vrijeme skakanja na trampolinu i sl. Mogućnost ispitanika da održe ravnotežu uslijed

perturbacije bila je ispitana stimulacijom pada. Ispitanici su bez najave bili pušteni iz fiksne pozicije nagiba cijelog tijela i, kako bi održali stabilnost, trebali su iskoračiti jednom nogom. Istraživanjem je potvrđeno da trening na trampolinu pozitivno utječe na sposobnost održavanja ravnoteže prilikom iznenadnih padova. Nakon intervencije su ispitanici mogli održati ravnotežu prilikom padova i kada je početni položaj bio veći nagib tijela (44).

Utjecaj treninga na trampolinu na ravnotežu, ali i ostale motoričke sposobnosti, ispitan je i kod žena starije životne dobi. Posch i sur. u istraživanju *Effectiveness of a Mini-Trampoline Training Program on Balance and Functional Mobility, Gait Performance, Strength, Fear of Falling and Bone Mineral Density in Older Women with Osteopenia* objavljenom 2019. godine nastojali su ispitati utjecaj treninga na trampolinu na funkcionalnu mobilnost, ravnotežu, snagu mišića donjih i gornjih ekstremiteta, brzinu hoda, strah od padova i mineralnu gustoću kosti kod žena s osteopenijom (45). U istraživanju je sudjelovalo 40 ispitanica koje su podijeljene u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Obje su se skupine sastojale od 20 ispitanica. Eksperimentalna je skupina slijedila program treninga na trampolinu u trajanju od 12 tjedana. Trening na trampolinu provodio se dvaput tjedno u trajanju od 45-60 minuta, a sastojao se od vježbi ravnoteže, vježbi snage i pliometrijskih vježbi. Kontrolna je skupina slijedila svoju propisanu terapiju za osteopeniju. Ravnoteža je ispitana testom stajanja na jednoj nozi. Istraživanje ukazuje na statistički značajno poboljšanje ravnoteže, ali i funkcionalne mobilnosti, snage i brzine eksperimentalne skupine u odnosu na kontrolnu. Autori predlažu trening na trampolinu kao sigurnu metodu tjelovježbe za osobe starije životne dobi (45).

Uspoređujući rezultate navedenih istraživanja s rezultatima ovog istraživanja primjetno je da se rezultati ne podudaraju. Naime, u svim navedenim istraživanjima trening na trampolinu pozitivno utjecao na ravnotežu i stabilnost i primijećena su statistički značajna poboljšanja, dok u ovom istraživanju rezultati ne ukazuju na statistički značajno poboljšanje. Potrebno je istaknuti da je ovo istraživanje provedeno na malom broju ispitanika, stoga se rezultati ne mogu sa sigurnošću potvrditi. Također, u gore navedenim istraživanjima nije korišten *Y Balance* test koji je korišten u ovom istraživanju, stoga se vrijednosti ne mogu konkretno usporediti.

U ovom se istraživanju nastojao usporediti učinak dvije vrste podloga, nestabilne i stabilne, na stabilnost. U gore navedenim istraživanjima kontrolnoj skupini nije bio propisan trening, već ispitanici nisu bili podvrgnuti intervenciji i bavili su se uobičajenim aktivnostima. Trampolin, kao jedna od mnogo nestabilnih podloga koje se koriste u svrhu treninga, promovira nestabilnost što u većoj mjeri opterećuje neurološki i mišićno-koštani sustav u odnosu na stabilnu podlogu i pozitivno utječe na neuromišićnu adaptaciju (46). Sukkeaw i sur. u

istraživanju *A Comparison between the Effects of Aerobic Dance Training on Mini-Trampoline and Hard Wooden Surface on Bone Resorption, Health-Related Physical Fitness, Balance, and Foot Plantar Pressure in Thai Working Women* objavljenom 2015. godine ispitivali su utjecaj aerobika na trampolinu i na tvrdoj podlozi na resorpciju kosti, fizičku spremu, ravnotežu i plantarni pritisak žena oboljelih od osteoporoze (47). U istraživanju je sudjelovalo 63 ispitanica koje su bile podijeljene u tri skupine od kojih su dvije bile eksperimentalne, a jedna kontrolna. Prva se eksperimentalna skupina nastojala od 21 ispitanice koje su tijekom 12 tjedana trenirale aerobik na trampolinu, a druga od 21 ispitanice koje su trenirale aerobik na tvrdoj podlozi. Kontrolna se skupina sastojala od 21 ispitanice koje nisu bile podvrgnute intervenciji, već su se bavile uobičajenim aktivnostima svakodnevnog života. Trening se kod obje eksperimentalne skupine provodio triput tjedno tijekom 12 tjedana u trajanju od 40 minuta. Treninzi su se sastojali od desetominutnog zagrijavanja, dvadesetominutnog aerobika i desetominutnog istezanja. U usporedbi s kontrolnom skupinom, u obje se eksperimentalne skupine smanjila resorpcija kosti, poboljšala fizička sprema što uključuje parametre poput fleksibilnosti, snage, ravnoteže i izdržljivosti. U kontekstu ovog istraživanja najbitnija je usporedba učinka treninga na tvrdoj podlozi i na trampolinu na ravnotežu. Ravnoteža je mjerena pomoću *Timed Up and Go* testa. Uspoređujući rezultate eksperimentalnih skupina, primijećeno je statistički značajno poboljšanje ravnoteže u skupini koja je trenirala na trampolinu u odnosu na skupinu koja je trenirala na tvrdoj podlozi (47).

Unatoč činjenici da je održavanje stabilnosti izazovnije na nestabilnoj podlozi, Behm i sur. u sustavnom pregledu literature navode da ne postoji značajan utjecaj treninga na nestabilnoj podlozi na poboljšanje ravnoteže u odnosu na trening na tvrdoj podlozi u adolescenata i mladih odraslih ljudi (46). Naime, iako je održavanje stabilnosti na nestabilnoj podlozi izazovnije nego na stabilnoj i veće je opterećenje na neuromišićni sustav, trening na stabilnoj podlozi također promovira određenu razinu nestabilnosti ukoliko se koriste slobodni utezi. Postavljanje utega na ramena, iznad ili ispred tijela utječe na stvaranje sila van točke težišta koje uzrokuju njezin pomak, a to iziskuje održavanje ravnoteže. Rezultati navedenog istraživanja podudaraju se s rezultatima ovog istraživanja. Naime, kontrolna je skupina u ovom istraživanju ostvarila statistički značajno poboljšanje u izvođenju dosega u anteriornom smjeru. Autori navedenog istraživanja nisu pronašli istraživanja koja su se provela na djeci, odraslima i osobama starije životne dobi, stoga navode da su potrebna daljnja istraživanja kako bi se potvrdili ovi rezultati (46). Također, u istraživanju nije istražen utjecaj isključivo trampolina već nestabilnih podloga općenito.

Utjecaj treninga na trampolinu na asimetriju istražen je samo u jednom istraživanju. DeMaio i sur. u svojem istraživanju *Could Mini-Trampoline Training Be Considered as a New Strategy to Reduce Asymmetries?* predlažu trening na trampolinu, točnije *SuperJump Training* kao metodu kojom je moguće ispraviti asimetriju donjih ekstremiteta (8). *SuperJump Training* vrsta je treninga na trampolinu koji uključuje aerobne i anaerobne vježbe za gornje i donje udove i izvodi se uz glazbu. Cilj istraživanja bio je ispitati akutni utjecaj treninga na trampolinu na dinamičku ravnotežu i asimetriju donjih ekstremiteta. U istraživanju je sudjelovalo 37 studenata koji su podijeljeni u dvije grupe, eksperimentalnu i kontrolnu. Eksperimentalna je skupina trenirala po principu *SuperJump* treninga, a kontrolna nije uopće trenirala. *SuperJump* trening sastoji se od petominutnog zagrijavanja, dvadesetominutnog glavnog dijela treninga i petominutnog istežanja. Glavni dio treninga uključivao je vježbe poput dvonožnih i jednonožnih skokova, lateralnih skokova i sl. koje su se kombinirale s pokretima ruku. Dinamička se ravnoteža mjerila prije i poslije treninga pomoću balansne ploče, a rezultati istraživanja ukazuju na poboljšanje ravnoteže u eksperimentalnoj skupini i smanjenje asimetrije u održavanju ravnoteže (8). Uspoređujući rezultate istraživanja s ovim istraživanjem, u ovom se istraživanju asimetrija donjih ekstremiteta nakon treninga na trampolinu nije smanjila, stoga se rezultati ne podudaraju. Međutim, istraživanja su koncipirana na različite načine. U navedenom istraživanju autori nisu uspoređivali utjecaj različitih podloga na asimetriju kao što je slučaj u ovom istraživanju i ispitivan je akutni utjecaj treninga na ravnotežu i asimetriju, dok je u ovom istraživanju ispitivan utjecaj nakon 30 treninga.

Nedostatak ovog istraživanja je malen broj ispitanica zbog odustajanja i neredovitih dolazaka na trening. Također, u gore navedenim istraživanjima nije korišten *Y Balance* test koji je korišten u ovom istraživanju te se iz tog razloga rezultati ne mogu konkretno usporediti.

## 6. ZAKLJUČAK

Stabilnost ima ključnu ulogu u aktivnostima svakodnevnog života, profesionalnim aktivnostima, sportu i rehabilitaciji. Ukoliko postoji nesklad u održavanju stabilnosti između lijeve i desne noge, tada govorimo o asimetriji, a ona može pogodovati nastanku ozljeda i može negativno utjecati na izvedbu. Upravo zbog toga potrebno je osmisliti metodu treninga koja će pozitivno utjecati na stabilnost, ali i na smanjenje asimetrije.

Uvođenje nestabilne komponente u trening, poput nestabilne podloge ili bučica, može pozitivno utjecati na stabilnost, a prema dosadašnjim istraživanjima trening na nestabilnoj podlozi i unilateralni trening snage pozitivno utječu i na smanjenje asimetrije. Trening na trampolinu izvodi se na nestabilnoj podlozi i mnogi ju autori predlažu kao metodu kojom je moguće poboljšati stabilnost, ali i snagu, koordinaciju i izdržljivost.

Na temelju rezultata ovog istraživanja moguće je zaključiti da trening na trampolinu ne utječe na poboljšanje stabilnosti niti na smanjenje asimetrije. S druge strane, trening na tvrdoj podlozi djelomično je utjecao na poboljšanje stabilnosti. Naime, doseg u anteriornom smjeru prilikom izvođenja *Y Balance* testa statistički se značajno povećao u drugom mjerenju u odnosu na prvo. Trening na tvrdoj podlozi također nije utjecao na smanjenje asimetrije donjih ekstremiteta.

Kako bi se sa sigurnošću potvrdili rezultati, potrebno je provesti istraživanja na većem uzorku ispitanika i ispitati stabilnost *Y Balance* testom kako bi se rezultati mogli konkretno usporediti. Smatram da je trening na trampolinu vrlo zanimljiva i obećavajuća metoda treninga ne samo za poboljšanje stabilnosti, već i ostalih motoričkih sposobnosti, iako u ovom istraživanju hipoteze nisu bile potvrđene.

## LITERATURA

1. Maloney SJ. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance: A Critical Review. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2019 [Pristupljeno: 18.05.2024.];33(9):2579-2593. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29742749/>
2. Van Valen L. A STUDY OF FLUCTUATING ASYMMETRY. *Evolution* [Internet]. 1962 [Pristupljeno: 15.05.2024.];16(2):125-142. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1558-5646.1962.tb03206.x>
3. Fox KT, Pearson LT, Hicks KM. The effect of lower inter-limb asymmetries on athletic performance: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* [Internet]. 2023 [Pristupljeno: 15.05.2024.];18(6):e0286942. Dostupno na: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0286942>
4. Dos Santos T, Thomas C, Jones PA. Assessing Interlimb Asymmetries: Are We Heading in the Right Direction?. *Strength and Conditioning Journal* [Internet]. 2021 [Pristupljeno: 19.05.2024.];43(3):91-100. Dostupno na: [https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2021/06000/assessing\\_interlimb\\_asymmetries\\_are\\_we\\_heading\\_in.8.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/abstract/2021/06000/assessing_interlimb_asymmetries_are_we_heading_in.8.aspx)
5. Paillard T. Asymmetry of Movement and Postural Balance and Underlying Functions in Humans. *Symmetry* [Internet]. 2023 [Pristupljeno: 16.05.2024.];15(3):759. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2073-8994/15/3/759#B3-symmetry-15-00759>
6. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: a systematic review. *J Sports Sci* [Internet]. 2018 [Pristupljeno: 18.05.2024.];36(10):1135-1144. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28767317/>
7. Van Melick N, Meddeler BM, Hoogeboom TJ, Nijhuis-van der Sanden MWG, van Cingel REH. How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLoS One* [Internet]. 2017 [Pristupljeno: 18.05.2024.];12(12):e0189876. Dostupno na: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0189876>
8. De Maio M, Di Rocco F, Papale O, Festino E, Fusco A, Cortis C. Could Mini-Trampoline Training Be Considered as a New Strategy to Reduce Asymmetries? *Applied Sciences* [Internet]. 2023 [Pristupljeno: 16.05.2024.]; 13(5):3193. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/5/3193>
9. Hart NH, Nimphius S, Weber J, et al. Musculoskeletal Asymmetry in Football Athletes: A Product of Limb Function over Time. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2016 [Pristupljeno: 17.05.2024.];48(7):1379-1387. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26871989/>



10. Paterno MV, Ford KR, Myer GD, Heyl R, Hewett TE. Limb asymmetries in landing and jumping 2 years following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2007 [Pristupljeno: 16.05.2024.];17(4):258-262. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17620778/>
11. Guiard Y. Asymmetric division of labor in human skilled bimanual action: the kinematic chain as a model. *J Mot Behav* [Internet]. 1987 [Pristupljeno: 17.05.2024.];19(4):486-517. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15136274/>
12. Heil J, Loffing F, Büsch D. The Influence of Exercise-Induced Fatigue on Inter-Limb Asymmetries: a Systematic Review. *Sports Med Open* [Internet]. 2020 [Pristupljeno: 17.05.2024.];6(1):39. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32844254/>
13. Loffing F, Hagemann N, Strauss B, MacMahon C. Laterality in sports: Theories and Applications [Internet]. Cambridge: Academic Press (SAD); 2016. Poglavlje 13, Biomechanical Considerations of Laterality in Sports; [Pristupljeno: 16.05.2024.]; p. 279-303. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128014264000134>
14. Guan Y, Bredin SSD, Taunton J, Jiang Q, Wu N, Warburton DER. Association between Inter-Limb Asymmetries in Lower-Limb Functional Performance and Sport Injury: A Systematic Review of Prospective Cohort Studies. *J Clin Med* [Internet]. 2022 [Pristupljeno: 18.05.2024.];11(2):360. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35054054/>
15. Parkinson AO, Apps CL, Morris JG, Barnett CT, Lewis MGC. The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2021 [Pristupljeno: 19.05.2024.];20(4):594-617. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35321131/>
16. Gonzalo-Skok O, Tous-Fajardo J, Suarez-Arrones L, Arjol-Serrano JL, Casajús JA, Mendez-Villanueva A. Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in Team-Sport Players: Unilateral Versus Bilateral Combined Resistance Training. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2017 [Pristupljeno: 16.05.2024.];12(1):106-114. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27140680/>
17. Sannicandro I, Cofano G, Rosa RA, Piccinno A. Balance training exercises decrease lower-limb strength asymmetry in young tennis players. *J Sports Sci Med* [Internet]. 2014 [Pristupljeno: 16.05.2024.];13(2):397-402. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24790496/>

18. Manojlović D, Zorko M, Spudić D, Šarabon N. Effects of a Targeted Exercise Program on Inter-Leg Asymmetries in Patients with Patellofemoral Pain. *Symmetry* [Internet]. 2021 [Pristupljeno: 16.05.2024.]; 13(6):1075. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2073-8994/13/6/1075>
19. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train* [Internet]. 2002 [Pristupljeno: 15.05.2024.];37(1):71-9. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/>
20. Balance. Physiopedia. 2024. Dostupno na: <https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Balance&oldid=340714> Pristupljeno: 15.05.2024.
21. Centre of Gravity. Physiopedia. 2024. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Centre\\_of\\_Gravity](https://www.physio-pedia.com/Centre_of_Gravity) Pristupljeno: 15.05.2024.
22. Bobić Lucić L, Lucić A. Koordinacija i koordinacijske sposobnosti u rehabilitaciji. Fiziikalna i rehabilitacijska medicina [Internet]. 2016 [Pristupljeno 20.05.2024.];28(3-4):353-363. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/234806>
23. Kars HJ, Hijmans JM, Geertzen JH, Zijlstra W. The effect of reduced somatosensation on standing balance: a systematic review. *J Diabetes Sci Technol* [Internet]. 2009 [Pristupljeno: 17.05.2024.];3(4):931-43. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2769946/>
24. The Postural Control System. Physiopedia. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/The\\_Postural\\_Control\\_System#](https://www.physio-pedia.com/The_Postural_Control_System#) Pristupljeno: 17.05.2024.
25. Kirinec B, Žura N, Jurak I, Kiseljak D. Utjecaj ozljede gležnja na dinamičku stabilnost. *Journal of Applied Health Sciences = Časopis za primijenjene zdravstvene znanosti* [Internet]. 2022 [Pristupljeno 20.05.2024.];8(1):15-25. Dostupno na: <https://doi.org/10.24141/1/8/1/2>
26. Muscle Spindles. Physiopedia. 2024. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Muscle\\_Spindles](https://www.physio-pedia.com/Muscle_Spindles) Pristupljeno: 20.05.2024.
27. Bobinac D, Dujmović M. Osnove anatomije. Rijeka: Glosa; 2003.
28. Golgi Tendon Organ. Physiopedia. 2024. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Golgi\\_Tendon\\_Organ?utm\\_source=physiopedia&utm\\_medium=related\\_articles&utm\\_campaign=ongoing\\_internal](https://www.physio-pedia.com/Golgi_Tendon_Organ?utm_source=physiopedia&utm_medium=related_articles&utm_campaign=ongoing_internal) Pristupljeno: 20.05.2024.
29. Micheo W, Baerga L, Miranda G. Basic principles regarding strength, flexibility, and stability exercises. *PM R* [Internet]. 2012 [Pristupljeno: 18.05.2024.];4(11):805-811. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23174542/>

30. Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Med* [Internet]. 2005 [Pristupljeno: 18.05.2024.];35(1):43-53. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15651912/>
31. Saeterbakken AH, Andersen V, Behm DG, Krohn-Hansen EK, Smaamo M, Fimland MS. Resistance-training exercises with different stability requirements: time course of task specificity. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2016 [Pristupljeno: 17.05.2024.];116(11-12):2247-2256. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27671996/>
32. Šarabon N, Kozinc Ž. Effects of Resistance Exercise on Balance Ability: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Life (Basel)* [Internet]. 2020 [Pristupljeno: 17.05.2024.];10(11):284. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7697352/>
33. Luo S, Soh KG, Zhang L, et al. Effect of core training on skill-related physical fitness performance among soccer players: A systematic review. *Front Public Health* [Internet]. 2023 [Pristupljeno: 17.05.2024.];10:1046456. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36684974/>
34. Kiers H, Brumagne S, van Dieën J, van der Wees P, Vanhees L. Ankle proprioception is not targeted by exercises on an unstable surface. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2012 [Pristupljeno: 16.05.2024.];112(4):1577-1585. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21858665/>
35. Behm DG, Colado JC, Colado JC. Instability resistance training across the exercise continuum. *Sports Health* [Internet]. 2013 [Pristupljeno: 16.05.2024.];5(6):500-3. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3806173/>
36. Slimani M, Chamari K, Miarka B, Del Vecchio FB, Chéour F. Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. *J Hum Kinet* [Internet]. 2016 [Pristupljeno: 17.05.2024.];53:231-247. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5260592/>
37. Ramachandran AK, Singh U, Ramirez-Campillo R, Clemente FM, Afonso J, Granacher U. Effects of Plyometric Jump Training on Balance Performance in Healthy Participants: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol* [Internet]. 2021 [Pristupljeno: 16.05.2024.];12:730945. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8564501/>
38. Why You Should Start Rebounding and How to Get Started. Healthline. 2019. Dostupno na: <https://www.healthline.com/health/exercise-fitness/rebounding> Pistupljeno: 15.06.2024.

39. Okemuo AJ, Gallagher D, Dairo YM. Effects of rebound exercises on balance and mobility of people with neurological disorders: A systematic review. *PLoS One* [Internet]. 2023 [Pristupljeno: 15.06.2024.];18(10): e0292312. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10553300/>
40. YBT Online Manual. Functional Movement Systems. 2010. Dostupno na: [https://www.functionalmovement.com/files/Articles/660a\\_YBT%20Online%20Manual%20v1.pdf](https://www.functionalmovement.com/files/Articles/660a_YBT%20Online%20Manual%20v1.pdf) Pristupljeno: 20.05.2024.
41. Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of Y Balance Test Reach Asymmetry and Injury in Division I Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Internet]. 2015 [Pristupljeno: 28.05.2024.];47(1):136-141. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24870573/>
42. Y Balance Test. *Science for Sport*. 2023. Dostupno na: <https://www.scienceforsport.com/y-balance-test/> [Pristupljeno: 28.05.2024. ]
43. Fricke A, Fink PW, Mundel T, Lark SD, Shultz SP. Mini-Trampoline Jumping as an Exercise Intervention in Postmenopausal Women to Improve Women Specific Health Risk Factors. *Int J Prev Med* [Internet]. 2021 [Pristupljeno: 15.06.2024.];12:10. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8106267/>
44. Aragão FA, Karamanidis K, Vaz MA, Arampatzis A. Mini-trampoline exercise related to mechanisms of dynamic stability improves the ability to regain balance in elderly. *J Electromyogr Kinesiol* [Internet]. 2011 [Pristupljeno: 16.06.2024.];21(3):512-518. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21306917/>
45. Posch M, Schranz A, Lener M, Tecklenburg K, Burtscher M, Ruedl G, Niedermeier M, Wlaschek W. Effectiveness of a Mini-Trampoline Training Program on Balance and Functional Mobility, Gait Performance, Strength, Fear of Falling and Bone Mineral Density in Older Women with Osteopenia. *Clin Interv Aging* [Internet]. 2019 [Pristupljeno: 15.06.2024.];14:2281-2293. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6929928/>
46. Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, Granacher U. Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med* [Internet]. 2016 [Pristupljeno: 16.06.2024.];46(3):451. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26359066/>
47. Sukkeaw W, Kritpet T, Bunyaratavej N. A Comparison between the Effects of Aerobic Dance Training on Mini-Trampoline and Hard Wooden Surface on Bone Resorption, Health-Related Physical Fitness, Balance, and Foot Plantar Pressure in Thai Working

Women. *J Med Assoc Thai* [Internet]. 2015 [Pristupljeno: 15.06.2024.];98(8):58-64.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26529816/>

## **PRIVITCI**

### **Privitak A: Popis ilustracija**

Slika 1. Zrcalna simetrija .....	1
Slika 2. Prikaz održavanja točke težišta iznad baze oslonca pri stajanju i hodanju .....	7
Slika 3. Ciklus istežanja i skraćivanja .....	10
Slika 4. Mali trampolin bez i s ručkom .....	11
Slika 5. Trening na trampolinu.....	12
Slika 6. Star Excursion Balance test.....	13
Slika 7. Prikaz načina izvođenja Y Balance testa .....	14

### **Privitak B: Popis tablica**

Tablica 1. Karakteristike ispitanica.....	19
Tablica 2. Rezultati t-testa za zavisne uzorke eksperimentalne skupine.....	20
Tablica 3. Rezultati t-testa za zavisne uzorke kontrolne skupine.....	20
Tablica 4. Prikaz rezultata asimetrije u izvođenju anteriornog, posteromedijalnog i posterolateralnog dosega eksperimentalne skupine u prvom i drugom mjerenju (cm).....	21
Tablica 5. Rezultati t-testa za zavisne uzorke eksperimentalne skupine.....	22
Tablica 6. Prikaz rezultata asimetrije u izvođenju anteriornog, posteromedijalnog i posterolateralnog dosega kontrolne skupine u prvom i drugom mjerenju (cm) .....	22
Tablica 7. Rezultati t-testa za zavisne uzorke kontrolne skupine.....	23

## **KRATAK ŽIVOTOPIS PRISTUPNIKA**

Zovem se Maura Blažević, rođena sam u Rijeci 03.12.2002. godine. Pohađala sam Osnovnu školu Jurja Dobrile u Rovinju, a potom Srednju školu „Zvane Črnja“, smjer prirodoslovno-matematička gimnazija. 2021. godine upisujem preddiplomski stručni studij Fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Za vrijeme studija sudjelovala sam u projektu „Fizibizi“ udruge Centar za kulturu dijaloga te sam akademske godine 2022./2023. i 2023./2024. bila demonstrator na kolegiju Klinička kineziologija. 2024. godine dodijeljena mi je Nagrada rektora za izvrsnost.