

# USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA HARVARDSKOG STEP TESTA I MODIFICIRANOG HARVARDSKOG STEP TESTA

---

Veneruzzo, Emanuel

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:184:714763>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA PREDDIPLOMSKI  
STRUČNI STUDIJ SMJER FIZIOTERAPIJA

Emanuel Veneruzzo

USPOREDBA DOBIVENIH REZULTATA HARVARDSKOG STEP TESTA I  
MODIFICIRANOG HARVARDSKOG STEP TESTA : rad sa istraživanjem

Rijeka, 2024

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
UNDERGRADUATE STUDY OF PHYSIOTHERAPY

Emanuel Veneruzzo

COMPARISON IN RESULTS BETWEEN HARVARD STEP TEST AND MODIFIED  
HARVARD STEP TEST: research

Final work/Final thesis

Rijeka, 2024.

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

Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_,

Pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

## SAŽETAK

1. UVOD.....	9
1.1. Mjerenje aerobnog kapaciteta.....	9
1.2. Aerobni kapacitet.....	9
1.3. Harvard-step test.....	10
1.4. HTS-index.....	11
1.5. Limitacije harvard-step testa.....	12
1.6. Modificirani harvard-step testovi.....	13
1.6.1. Queens College Step Test.....	14
1.6.2. Chester Step Test.....	15
1.6.3. YMCA Step Test.....	16
1.6.4. Tecumseh Step Test.....	16
1.7. Modifikacija sa stepenicama.....	17
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	18
3. ISPITANICI I METODE.....	19
3.1. Uzorak ispitanika.....	19
3.2. Metode istraživanja.....	19
3.3. Statistička obrada podataka.....	20
4. REZULTATI.....	21
5. RASPRAVA.....	27
6. ZAKLJUČAK.....	32
LITERATURA.....	33
PRIVITCI.....	38
KRATKI ŽIVOTOPIS.....	39

## SAŽETAK

UVOD: Mjerenje kardiovaskularne izdržljivosti ključno je, jer daje uvid u sveukupno zdravlje i kondiciju pojedinca, pokazuje efikasnost funkcije srca, pluća i krvožilnog sustava u opskrbljivanju kisika kroz organizam tijekom tjelesne aktivnosti. Sportašima pomaže u procjeni njihovih sposobnosti i raznih vještina vezanih uz sport. Precizno mjerenje omogućuje planiranje učinkovitih programa vježbanja prilagođeni individualnim razinama kondicije, smanjujući rizik od ozljeda. Redovita procjena može otkriti zdravstvene probleme u ranijim stadijima razvoja, omogućujući pravovremenu intervenciju. Harvard Step Test izvrsna je metoda za brzo i učinkovito mjerenje kardiovaskularne izdržljivosti s minimalnom opremom, ali ima svojih ograničenja. Cilj ovoga rada je pružiti alternativu koja se može primijeniti na širi raspon pojedinaca.

CILJ: Glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi jesu li rezultati između tradicionalnog Harvard step testa i prilagođenog Harvardskog step testa usporedivi. Ujedno pomoćni cilj ovog istraživanja je utvrditi da li su rezultati dosljedni prema spolu.

METODE: U istraživanju je sudjelovalo 40 sudionika, svi su bili studenti fizioterapije u dobi od 18 do 26 godina. Ispitanici su bili ravnomjerno raspoređeni po spolu, 50% muškaraca i 50% žena. Svi su sudionici svojevolumeno sudjelovali u istraživanju i potpisali obrasce za informirani pristanak. Također su se mogli povući iz studije u bilo kojem trenutku ako su to željeli. Isključujući faktori su bila dijagnosticirana akutna ili kronična bolna stanja mišićno koštanog i krvožilnog sustava. Podaci su prikupljeni na Fakultetu zdravstvenih studija u biomehaničkom kabinetu, gdje su obavljena testiranja i mjereni rezultati. Za statističku obradu podataka koristio se program Statistica, verzija 13 (TIBCO Software Inc, 2017, Palo Alto, CA, SAD). Deskriptivni podaci spol i srčane frekvencije prije i poslije izvođenja testova su izračunati kao srednje vrijednosti, standardne devijacije, standardne pogreške, medijani, rasponi i postotci te uspoređeni pomoću t-testa za nezavisne uzorke na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$ .

REZULTATI: Prije t-testa, podaci su analizirani pomoću Shapiro-Wilkovog testa kako bi se utvrdilo jesu li rezultati normalno distribuirani. S vrijednošću  $W$  od 0,9605, koja spada u raspon normalnosti od 95%, i  $p$ -vrijednošću od 0,1744, koja je veća od 0,05, nulta hipoteza je potvrđena, što ukazuje da su podaci normalno distribuirani. Upotrijebljen je upareni t-test kako bi se utvrdilo jesu li rezultati između dva testa značajni.  $P$ -vrijednost bila je  $3.22 \times 10^{-14}$ ,

a t-vrijednost -11,60363, što ukazuje na statistički značajnu razliku. Kako bi se utvrdilo postoji li razlika s obzirom na spol, proveden je t-test za nezavisne uzorke. Za rezultate između muškaraca i žena u tradicionalnom testu, t-vrijednost bila je 0,317, a p-vrijednost 0,753, ne pokazujući statistički značajnu razliku. Međutim, u modificiranom testu, t-vrijednost bila je 2,413, a p-vrijednost 0,021, što ukazuje na statistički značajnu razliku, pri čemu su muškarci imali više rezultate. I prva i druga hipoteza su potvrđene.

**ZAKLJUČAK:** Iako je tradicionalni Harvard Step Test učinkovita i jednostavna metoda za mjerenje kardiovaskularne izdržljivosti, modifikacija koja koristi stepenice umjesto platforme ne daje pouzdane i dosljedne rezultate. Potrebne su mu daljnje izmjene ili bi se trebao razviti novi HTS indeks kako bi test bio upotrebljiv.

**Ključne riječi:** Harvardski step test, kardiovaskularna izdržljivost, prilagođeni Harvardski step test.

## **ABSTRACT**

**INTRODUCTION:** Measuring cardiovascular endurance is essential, because it provides insight into the overall health and condition of an individual, showing the efficiency of the function of the heart, lungs and circulatory system in supplying the body with oxygen during physical activity. It helps athletes in assessing their abilities and various sports-related skills. Precise measurement allows for an effective exercise program tailored to individual conditioning levels, reducing the risk of injury. Regular assessment can detect health problems at earlier stages of development, allowing for timely intervention. The Harvard Step Test is an excellent method for quickly and efficiently measuring cardiovascular endurance with minimal equipment, but it has its limitations. The goal of this study is to provide an alternative that can be applied to a wider range of individuals.

**OBJECTIVE:** The main objective of this study is to determine whether the results between the traditional Harvard Step Test and the modified Harvard Step Test are comparable. At the same time, the secondary goal of this study was to determine whether the results differ between man and woman.

**METHODS:** 40 participants took part in the study, all of them were physiotherapy students aged 18 to 26 years. The participants were evenly distributed by gender, 50% men and 50% women. All participants voluntarily participated in the research and signed informed consent forms. They could also withdraw from the study at any time if they wished. Excluding factors were diagnosed acute or chronic pain conditions of the musculoskeletal and vascular system. The data was collected at the Faculty of Health Studies in the biomechanical cabinet, where the tests were performed and the results were measured. Statistica, version 13 (TIBCO Software Inc, 2017, Palo Alto, CA, USA) was used for statistical data processing. Descriptive data of gender and heart rate before and after performing the tests are calculated as means, standard deviations, standard errors, medians, ranges and percentages and compared using the t-test for independent samples at the level of statistical significance  $p < 0.05$ .

**RESULTS:** Prior to the t-test, the data was analyzed using the Shapiro-Wilk test to determine whether the results were normally distributed. With a W value of 0.9605, which falls within the 95% normality range, and a p-value of 0.1744, which is greater than 0.05, the null hypothesis is confirmed, indicating that the data is normally distributed. A paired t-test was used to determine whether the results between two tests were significant. The p-value was



$3.22 \times 10^{-14}$ , and the t-value was -11.60363, which indicates a statistically significant difference. In order to determine whether there was a gender difference, an independent samples t-test was performed. For the results between men and women in the traditional test, the t-value was 0.317 and the p-value was 0.753, showing no statistically significant difference. However, in the modified test, the t-value was 2.413 and the p-value was 0.021, indicating a statistically significant difference, with men scoring higher. Both the first and second hypothesis were confirmed.

**CONCLUSION:** Although the traditional Harvard Step Test is an effective and simple method for measuring cardiovascular endurance, the modification that uses stairs instead of a platform does not provide reliable and consistent results. It needs further modifications or a new HTS index should be developed to make the test usable.

**Key words:** Harvard step test, cardiovascular endurance, modified Harvard step test.

## **1. UVOD**

### **1.1. Mjerenje aerobnog kapaciteta**

Mjerenje aerobnog kapaciteta, odnosno kardiovaskularne izdržljivosti, ključna je u procjeni tjelesne sposobnosti i daje uvid u cjelokupno kardiovaskularno zdravlje i razinu kondicije pojedinca, služeći kao osnova za utvrđivanje trenutnog zdravstvenog stanja (1,2).

Mjerenja aerobnog kapaciteta je izrazito bitno za pacijente koji se oporavljaju od srčanih problema, operacija ili ozljeda. Ova mjerenja pomažu pružateljima zdravstvenih usluga u stvaranju sigurnih programa rehabilitacije prilagođenih sposobnostima svakog pacijenta (7). Poboljšanja aerobnog kapaciteta tijekom oporavka često su znak napretka i povratka na normalno funkcioniranje.

### **1.2. Aerobni kapacitet**

Aerobni kapacitet pokazuje koliko dobro netko može održati tjelesnu aktivnost tijekom određenog vremenskog intervala bez pretjeranog umora. Veći aerobni kapacitet općenito se povezuje sa većom izdržljivošću, što je bitno za profesionalne sportaše i za rekreativne sportaše (3). Ova mjera može usmjeriti pojedince u odabiru ciljeva u programima treniranja i u odabiru optimalnih rutina vježbanja. Aerobni kapacitet služi kao mjerilo za praćenje napretka u programima fitnessa. Kako se pojedinci redovito bave tjelesnom aktivnošću, obično vide poboljšanja u svom aerobnom kapacitetu. Mjerenje kardiovaskularne izdržljivosti olakšava procjenu učinkovitosti programa treniranja tijekom vremena, dopuštajući prilagodbe za postizanje željenih rezultata. Također pruža motivaciju jer pojedinci vide opipljiv napredak u svom tjelesnom stanju (2,4). Aerobni kapacitet izravno je povezan s učinkovitošću srca, pluća i krvnih žila, odnosno kardiopulmonarnom sustavu u dopremanju kisika do mišića tijekom kontinuirane tjelesne aktivnosti. Mjerenjem aerobnog kapaciteta možemo procijeniti efikasnost funkcije kardiovaskularnog sustava. To je ključno za određivanje rizika od bolesti srca, hipertenzije i drugih patologija povenazim sa kardiovaskularnim sustavom (5,6).

Harvard Step Test je jednostavan i pristupačan pristup procjeni kardiovaskularnog zdravlja. Ovaj je test popularan zbog svoje jednostavne metodologije i potrebe za minimalnom opremom, što ga čini dostupnim za širok raspon okruženja, od škola i teretana do kliničkih okruženja. Test uključuje koračenje na platformi fiksne visine ujednačenim tempom, pružajući praktičan način za mjerenje kardiovaskularne izdržljivosti i stopa oporavka (8).

### 1.3. Harvardski step test

Harvardski step test je metoda za procjenu kardiovaskularne izdržljivosti, koju su razvili istraživači sa Sveučilišta Harvard početkom 1940-ih (8). Ovaj test tjelesne spremnosti je osmišljen za procjenu sposobnosti pojedinca da održi kontinuiranu tjelesnu aktivnost tijekom određenog vremenskog perioda čime se dobiva procjena njihove razine kardiovaskularne spremnosti. Test uključuje ritmičko koračanje gore-dolje na čvrstoj klupi tijekom unaprijed vremenski određenog trajanja ili do odustajanja. Pruža praktičan i pristupačan način procjene aerobnog kapaciteta, osobito u okruženjima gdje sofisticiranija oprema i prostorni kapaciteti nisu dostupni.

Ono što ovaj protokol testiranja čini praktičnim, je pristupačnost i jednostavnost izvođenja. Jedna od primarnih prednosti harvardskog step testa leži u njegovoj jednostavnosti izvođenja i minimalnim prostornim zahtjevima i opremi. Test se može provoditi s čvrstom klupom, metronomom i štopericom. Trajanje testa iznosi 5 minuta ili do odustajanja (9,10). Vremensko trajanje testa daje mu učinkovitost u okolnostima kada nam treba brza procjena kardiovaskularne sposobnosti.

Test se oslanja na promatranju otkucaja srca pojedinca prije i nakon bavljenja propisanom vježbom (11).

Pri analizi otkucaja srca za oporavak, koji se odnosi na broj otkucaja srca neposredno nakon testa i tijekom intervala oporavka koji slijedi, uzimaju se u obzir određene referentne vrijednosti. Niži broj otkucaja srca za oporavak u usporedbi s utvrđenim normama obično ukazuje na bolju kardiovaskularnu spremnost (12). To sugerira da su srce i krvožilni sustav učinkoviti u vraćanju u stanje mirovanja nakon napora, što odražava višu razinu aerobnog kapaciteta i ukupnog kardiovaskularnog zdravlja.

Standardiziran protokol uključuje visinu klupe, brzinu koraka, trajanje testa, mjerenje pulsa te izračun indeksa tjelesne spremnosti što znači da će dobiveni rezultati biti dosljedni. Ova dosljednost omogućuje usporedbu rezultata kroz vrijeme te među različitim ispitanicima.

#### 1.4. HTS index

Razvoj “fitness” indeksa, odnosno HTS indeksa povezanog s Harvard Step Testom potječe iz istraživanja provedenog na Sveučilištu Harvard ranih 1940-ih, ovaj je test konceptualiziran kao praktična i učinkovita metoda za procjenu kardiovaskularne izdržljivosti (8).

Proces formuliranja fitness indeksa uključivao je detaljna empirijska istraživanja i detaljnu analizu fizioloških odgovora na tjelovježbu. Istraživači su pomno promatrali sudionike dok su izvodili Harvard Step Test, mjereći im otkucaje srca u preciznim intervalima tijekom i nakon testa. Ovi sveobuhvatni naponi prikupljanja podataka omogućili su istraživačima da razaznaju obrasce u stopama oporavka otkucaja srca nakon napora.

Temeljitom analizom i tumačenjem ovih zapažanja, istraživači su razvili matematičku formulu za kvantificiranje odnosa između trajanja vježbanja i oporavka otkucaja srca. Ova formula, poznata kao fitness indeks (Slika 1.), služi kao standardizirana metrika za procjenu kardiovaskularne sposobnosti (8,9,11,13).

$$HTS\ Indeks = \frac{Trajanje\ Vježbe(u\ sekundama)}{2 \times \sum(zbroj\ srčane\ frekvencije\ tijekom\ oporavka)} \times 100$$

Slika 1. Formula za HTS indeks

Formula za izračun fitness indeksa obuhvaća trajanje vježbe, mjereno u sekundama, podijeljeno zbrojem otkucaja srca zabilježenih u tri različita intervala nakon završetka testa. Ovaj kvocijent se zatim množi sa 100 da bi se dobila vrijednost indeksa fitnessa.

Rezultati dobiveni iz izračuna fitness indeksa uspoređuju se sa standardiziranom ljestvicom fitness indeksa. Ova ljestvica kategorizira pojedince na temelju njihovih vrijednosti indeksa kondicije, pružajući kvalitativnu procjenu razine njihove kardiovaskularne kondicije.

Prema Indeksu kondicijske spremne ocjenom izvrsno za indeks viši od 96, dobro između 83 i 96, prosječno 68 i 82, ispod prosjeka 54 do 67 te loše manje od 56 (Tablica 1.).

Tablica 1. Prikaz HTS ljestvice

Ocjena	Fitness Index
Izvršno	>96
Dobro	96-83
Prosječno	82-68
Ispod prosjeka	67-54
Loše	<56

Izvor: (Brouha L. The step test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation. 1943 Mar 1;14(1):31-7. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2601400/>)

### 1.5. Limitacije harvard-step testa

Iako se Harvard Step Test smatra prikladnom i isplativom metodom za procjenu kardiovaskularne sposobnosti, važno je napomenuti da njegova primjenjivost u nekim slučajevima može biti ograničena. Pojedinci s određenim zdravstvenim stanjima ili tjelesnim ograničenjima možda nisu prikladni kandidati za ovaj test zbog brojnih čimbenika (14).

Primjerice, ljudi s ortopedskim problemima kao što su bolovi u zglobovima, artritis ili mišićno-koštane ozljede mogu imati poteškoća u izvođenju repetitivnih pokreta koje zahtijeva Harvard Step Test (15). Za one koji pate od bolova u zglobovima, i patologijama povezanim uz kardiovaskularni sustav ponavljajući pokreti, u ovome kontekstu penjanje i spuštanje sa platforme mogu pogoršati nelagodu i potencijalno pogoršati postojeće stanje (16,17). Slično, ljudi s artritismom, osobito u zglobovima koji nose znatnu težinu kao što su koljena i kukovi, mogu osjetiti bol i nelagodu kod sličnog testiranja (18,19).

Za pojedince koji se oporavljaju od ozljeda mišićno-koštanog sustava kao što su uganuća, istegnuća ili prijelomi, tjelesni zahtjevi Harvard Step Testa mogu predstavljati rizik od daljnjih ozljeda. Ponavljajući stres na ozlijeđenim ili oslabljenim mišićima, ligamentima ili

kostima tijekom hodanja mogao bi produžiti proces zacjeljivanja i potencijalno dovesti do komplikacija (20).

Osobe s ortopedskim poremećajima, primjerice plantarni fasciitis, hernijacija diska, spinalna stenoza i skolioza, displazija kuka također mogu imati ograničenja u opsegu pokreta, fleksibilnosti i ravnoteži, što dodatno komplicira ili oduzima njihovu sposobnost točnog i sigurnog izvođenja testa (21,22,23). Nelagoda ili bol povezana s kretanjem može utjecati na sposobnost održavanja pravilne forme i ritma, potencijalno utječući na točnost rezultata testa.

U sličnim slučajevima mogu biti prikladnije alternativne metode za procjenu kardiovaskularne sposobnosti koje su manje zamorne i manje stresne za mišićno-koštani sustav. Osim toga, modifikacije protokola testiranja ili upotreba pomoćne opreme mogu biti potrebne kako bi se prilagodile specifičnim potrebama i ograničenjima pojedinaca s ortopedskim stanjima, osiguravajući njihovu sigurnost i dobrobit tijekom procesa evaluacije.

Alternativa koja nudi usporedive prednosti s tradicionalnim step testom, s jednostavnom modifikacijom, uključuje korištenje nižih platformi. U ovoj prilagođenoj verziji, umjesto jedne manje platforme, sudionici se uspinju i spuštaju trima stepenicama (tri stepenice jer je maksimalna visina stepenica po regulacijama europske unije između 17 i 21 cm (24,25), što ukupno iznosi otprilike 50 do 60 cm), održavajući isti tempo i frekvenciju kao standardni step test. Održavanjem utvrđene brzine, ritma i istog biomehaničkog obrasca, ovaj modificirani step test zadržava aspekte procjene kardiovaskularne izdržljivosti standardizirane metode. Štoviše, korištenje stepenica pruža praktično rješenje za one kojima bi korak na standardiziranu visinu platforme mogao biti izazov.

## **1.6. Modificirani harvard-step testovi**

Kako bi se povećala primjenjivost step testa na širi raspon pojedinaca, razvijene su razne modifikacije. Cilj ovih izmjena je prilagoditi test na specifična tjelesna ograničenja pojedinih ispitanika, poboljšanje pristupačnosti i prilagođavanje različitim razinama kondicije i pokretljivosti. Primjeri modifikacija navedeni su i objašnjeni u slijedećim poglavljima u nastavku.

### 1.6.1. Queens College Step Test (također poznat kao McArdle Step Test)

Radi se o metodologiji testiranja koja je osmišljena za procjenu kardiovaskularne sposobnosti i procjenu VO<sub>2</sub> max pojedinca. To je test koji mjeri odgovor otkucaja srca na standardiziranu vježbu koračanja. Potrebna oprema se sastoji od platforme visine 40 cm, metronom, štoperica, puls oksimetar ili elektrokardiogram bilo kakvoga oblika (26,27).

Po protokolu brzina koračanja za muškarce iznosi 24 koraka u minuti (metronom postavljen na 96 otkucaja u minuti, gdje svaki otkucaj označava korak). Za žene iznosi 22 koraka u minuti (metronom postavljen na 88 otkucaja u minuti). Sudionik mora pratiti specifičan redoslijed koraka prateći taktove metronoma. Uzorak koraka je: gore desnom nogom, gore lijevom nogom, dolje desnom nogom, dolje lijevom nogom, zatim ponoviti. Trajanje testa je 3 minute. Odmah nakon 3-minutnog intervala vježbanja, ispitanik se zaustavlja i ostaje stojećem položaju. Srčana frekvencija sudionika se mjeri 15 sekundi, počevši od 5 do 20 sekundi nakon završetka vježbanja (26,27). Ako se upotrebljava aparat za mjerenje otkucaja srca, broj otkucaja srca se zabilježi na kraju intervala vježbanja i tijekom oporavka. Izračun VO<sub>2</sub>Max: Koristi se broj otkucaja srca za oporavak kako bi se procijenio VO<sub>2</sub>max pomoću sljedećih formula: Za muškarce:  $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 111,33 - (0,42 \times \text{broj otkucaja srca u otkucajima u minuti})$  Za žene:  $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 65,81 - (0,1847 \times \text{broj otkucaja srca u otkucajima u minuti})$ . Vrijednost VO<sub>2</sub> max daje procjenu razine aerobne sposobnosti sudionika. Više vrijednosti VO<sub>2</sub> max ukazuju na bolju kardiovaskularnu spremnost (28).

Pozitivni aspekti Queens College Step Testa su jednostavnost, test je jednostavan za izvođenje, što ga čini dostupnim širokom krugu sudionika i ustanova. Potrebna je minimalna, jeftina oprema (klupa, metronom i štoperica). Test je relativno kratak, traje samo 3 minute. To je submaksimalni test, što znači da ne zahtijeva od sudionika da se dovedu do iscrpljenosti, to čini test sigurnijim, posebno za one s nižom razinom kondicije ili zdravstvenim problemima. Pruža procjenu maksimalnog VO<sub>2</sub>, pokazatelja aerobne kondicije i kardiovaskularnog zdravlja.

Negativni aspekti Queens College Step Testa, pošto se radi o submaksimalnom testu koji ne vrši puno pritiska na kardiovaskularni sustav, procjena VO<sub>2</sub>max nije precizna koliko kod metodologija testiranja poput testa na traci za trčanje ili cikloergometra. Nije prikladno za osobe s određenim tjelesnim ograničenjima ili ortopedskim problemima, kao što su problemi s koljenima ili kukovima, koji se mogu pogoršati koračanjem. Na kratak interval oporavka

koje se koristi za mjerenje otkucaja srca neposredno nakon vježbanja mogu utjecati čimbenici koji kao što su stres ili temperatura okoline.

### **1.6.2. Chester Step Test**

Dizajniran je za procjenu kardiovaskularne izdržljivosti postupnim povećanjem intenziteta koračanja. Oprema koja je potrebna kako bi se provodio test je platforma s podesivom visinom, metronom, štoperica, puls oksimetar ili elektrokardiogram bilo kakvoga oblika kao i kod Queens College Step Testa. Protokol je relativno složen platforma od 30 cm se fiksira na sigurnom mjestu. Brzina koraka se povećava kroz trajanje testa. Sudionik počinje koračati brzinom određenom metronomom, brzina iskoraka se povećava svake 2 minute. Test se sastoji od više faza, svaka s višom stopom koračanja. Sudionik nastavlja dok više ne može održavati zadan tempo. Početna brzina koraka je umjerena i postupno se povećava svake 2 minute. Uobičajeno se počinje sa 15 koraka po minuti, zatim se postepeno povećava na 20, 25, 30 i 35 koraka u minuti. Test traje maksimalno 10 minuta ili dok sudionik više ne može održavati brzinu koraka (29,30). Chester Step Test koristi tablice za interpretaciju rezultata i procjenu VO<sub>2</sub>max na temelju broja otkucaja srca sudionika i dovršene faze testiranja (31).

Pozitivni aspekti Chester Step Testa su postupno povećanje intenziteta testa, što omogućiti ispitanicima da se više optereće i potencijalno postignu točniju procjenu svoje kardiovaskularne sposobnosti. Test se može provesti u zatvorenom prostoru u kontroliranom okruženju, što ga čini sigurnim i pouzdanim. Kao i Queens College Step Test, Chester Step Test je submaksimalni test, može se sigurno primijeniti na širokom rasponu pojedinaca i nosi sa sobom manji rizik za ozljede.

Negativni aspekti uključuju poteškoće u održavanju dosljedne stope koraka i ispravne tehnike tijekom testa. Varijabilnost može utjecati na ishod. Vanjski čimbenici kao što su sobna temperatura i prethodna tjelesna aktivnost sudionika mogu utjecati na izvedbu i mjerenje otkucaja srca, potencijalno utječući na točnost testa. Visina platforme i promjenjiva brzina koračanja nije prikladna mogu potencijalno egzacerbirati stanje kod osoba s tjelesnim ograničenjima.



### **1.6.3. YMCA Step Test**

Submaksimalni je modificirana verzija Harvard Step Testa, koja koristi kraću platformu i sporiju stopu koraka u usporedbi s originalom. Oprema ostaje ista osim platforme, platforma je visine 30 cm. Metronom postavljena na 96 otkucaja u minuti (brzine koraka od 24 koraka u minuti), štoperica, puls oksimeter ili elektrokardiogram bilo kakvoga oblika. Protokol je slični tradicionalnom harvard step testu, ispitanik korača po platformi brzinom od 24 koraka u minuti, i alternira nogama kako korača, ako u prvom intervalu se penje desnom nogom, u sljedećem se penje lijevom. Test traje maksimalno 3 minute (32,33). Nakon završetka vježbe, ispitanik se zaustavlja i sjeda. Ispitanikov puls se mjeri 1 minutu neposredno nakon vježbe. Broj otkucaja srca za oporavak se koristiti za procjenu kardiovaskularne izdržljivosti. Koriste se standardizirane tablice i formule za procjenu VO<sub>2</sub>max iz frekvencije otkucaja srca kod oporavaka. Specifične tablice YMCA Step Testa daju procjene VO<sub>2</sub> max na temelju spola, dobi i otkucaja srca za oporavak (32).

Pozitivni aspekti su trajanje testa, cjelokupni protokol testiranja uključujući pripremu i mjerenje otkucaja srca za oporavak, traje svega nekoliko minuta, za razliku od tradicionalnog harvardskog step testa gdje se puls mjeri u 3 intervala nakon testiranja. YMCA test kao i prethodno spomenute metodologije se ubraja u submaksimalne testove što ga čini neinvazivnim i smanjuje rizik od prenaprezanja i prikladan je za pojedince s različitim razinama kondicije.

Negativni aspekti, točnost testa ovisi o preciznom mjerenju otkucaja srca. Varijacije u mjerenju otkucaja srca mogu utjecati na pouzdanost rezultata. Pošto je submaksimalni test, neće dati preciznu procjenu VO<sub>2</sub>max kao testovi koji zahtijevaju maksimalno moguće opterećenje poput testa na ergometru.

### **1.6.4. Tecumseh Step Test**

Još je jedna submaksimalna modifikacija tradicionalnog step testa, koja se sastoji od kraće visine platforme i sporije stope koračanja. Potrebna oprema uključuje platformu od 20 cm, štopericu, metronom i metodu za mjerenje pulsa, pomoću puls oksimetra ili ručno ako uređaj nije dostupan. Ispitanik korača po platformi brzinom od 24 koraka u minuti, metronom je postavljen na 96 otkucaja u minuti (svaki otkucaj odgovara pokretu stopala). Trajanje testa je 3 minute. Otkucaji srca ispitanika se mjere kroz cijelu minutu neposredno nakon završetka

vježbe i bilježe se. Standardizirane tablice specifične za Tecumseh Step Test koriste se za procjenu VO<sub>2</sub>max na temelju otkucaja srca za oporavak te dobi i spola sudionika (34,35).

Budući da je ovo submaksimalni test kao i prethodna tri, dijeli iste pozitivne aspekte. Prvenstveno, može se primijeniti na širok raspon pojedinaca zbog relativno niske visine platforme i umjeren ritam koračanja. Osim toga, to je kratak test za koji ne treba dugo da se izvede, što ga čini idealnim za mjerenje velikih grupa ljudi. Zbog toga se Tecumseh Step Test često koristi u epidemiološkim studijama. Međutim, negativni aspekti uključuju činjenicu da test ne opterećuje ispitanika u potpunosti, tako da mjerenje VO<sub>2</sub>max nije nužno precizno. Nadalje, rezultati uvelike ovise o točnosti mjerenja otkucaja srca.

### **1.7. Modifikacija sa stepenicama**

Jedna moguća modifikacija Harvadskog step testa koraka uključuje uporabu niza stepenica umjesto tradicionalne platforme. Ovaj pristup nudi veću fleksibilnost i može biti pristupačniji za one kojima može biti izazov koračati na visokoj platformi. Uporaba stepenica, testu omogućuje prirodnije korake, potencijalno smanjujući naprezanje i rizik od ozljeda. Ova bi promjena mogla biti osobito korisna za osobe s problemima sa zglobovima ili pokretljivošću, budući da raspodjeljuje visinu koraka na više manjih koraka, što olakšava izvođenje testa.

Modificirani test održava isti ritam i brzinu kao i originalni, pružajući dosljedan tempo koraka kako bi se osigurali standardizirani rezultati. Kao i tradicionalni Harvard Step Test, traje 5 minuta (8), što omogućuje temeljitu procjenu kardiovaskularne izdržljivosti unutar razumnog vremenskog okvira.

Modificirani test koristi istu opremu, kao što su metronom i štoperica, čime se osigurava da ostaje isplativ i jednostavan za primjenu. Vremenski učinkovita metodologija koja zahtijeva minimalnu opremu omogućuje brzu i učinkovitu evaluaciju bez potrebe za posebnom opremom ili opsežnom obukom za ispitivače.

Unatoč tim sličnostima, modifikacija ima dodatnu prednost jer je inkluzivnija, što omogućuje sudjelovanje širem rasponu pojedinaca. Ova prilagodljivost ga čini prikladnim za ljude s različitim razinama kondicije, dobnim skupinama ili onima s određenim tjelesnim ograničenjima. Sposobnost primjene ovog testa na širu demografiju bez žrtvovanja prednosti originalnog Harvard Step Testa naglašava njegovu praktičnost i učinkovitost u procjeni kardiovaskularnog zdravlja.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi jesu li rezultati između tradicionalnog Harvard step testa i modificirane verzije usporedivi.

Ujedno pomoćni cilj ovog istraživanja jest da li su rezultati dosljedni prema spolu.

C1. Usporedba rezultata modificiranog Harvard step testa s rezultatima dobivenim iz standardiziranog Harvard step testa.

C2. Usporedba rezultata modificiranog Harvard step testa s rezultatima dobivenim iz standardiziranog Harvard step testa prema spolu.

Hipoteze:

H1. Postoji značajna razlika u rezultatima dobivenim prilagođenim Harvard step testom u usporedbi s tradicionalnim Harvard step testom.

H2. Postoji značajna razlika u rezultatima između prilagođenog Harvard step testa i tradicionalnog Harvard Step Testa s obzirom na spol.

### **3. ISPITANICI I METODE**

#### **3.1. Uzorak ispitanika**

Uzorak za istraživanje je sastavljen od 20 studenata i 20 studentica Preddiplomskog stručnog studija Fizioterapije fakulteta zdravstvenih studija Sveučilišta u Rijeci, starosne dobi između 18 i 26 godina. Isključujući faktor su dijagnosticirana akutna ili kronična bolna stanja mišićno koštanog i srčano žilnog sustava.

#### **3.2. Postupak i instrumentarij**

Istraživanje se provodi u dvije faze. U prvoj fazi istraživanja će se ispitanike mjeriti standardnim harvardskim step testom dok će se u drugoj fazi koristiti modificirana verzija izvođenja testa. Razmak između faza istraživanja biti će minimalno 48 sati.

Za istraživanje u prvoj fazi je potreban zaporni mehanizam, metronom, platformu od 50,8 cm za muški spol te 40 cm za ženski spol te stolica. Skupina od 40 ispitanika proći će protokol testiranja u dvije različite faze. U prvoj fazi mjerenja sudionici će se testirati tradicionalnim 5-minutni Harvard step test na platformi od 50,8 cm za muški spol te 40 cm za ženski spol. Harvardski step test izvodi se tako da se ispitanik ili ispitanica u ritmu metronoma 120 Hz penje na klupicu u četiri takta prva noga na klupicu druga noga na klupicu, prva noga na pod druga noga na pod. Penjanje na klupicu se započinje slobodnim odabirom lijeve ili desne noge. Mjeri se maksimalno vrijeme 300 sekundi ili do odustajanja ispitanika/ispitanice. Nakon što je ispitanik dostigao maksimalno vrijeme ili je odustao od testiranja. Sjeda na stolicu i pristupa mjerenju srčane frekvencije nakon prve minute, druge minute i treće minute testa. Mjerenje srčane frekvencije iznosi 30 sekundi te se sva tri dobivena rezultata bilježe. Za svakog se ispitanika ili ispitanicu izračunava Indeks kondicije prema formuli (8).

Dobiveni rezultati se kategoriziraju prema Indeksu kondicijske spremne ocjenom izvrsno za indeks viši od 96, dobro između 83 i 96, prosječno 68 i 82, ispod prosjeka 54 do 67 te loše manje od 56 (10).

U drugoj fazi istraživanja koristiti će se prilagođeni Harvardski step test. Za njega će nam biti potreban zaporni mehanizam za mjerenje vremena, metronom, stolica te tri stube visine 17 cm za muški i ženski spol. Test se izvodi na način da se ispitanik ili ispitanica penje

na tri stube čelom prema gazištu stepenice. Na posljednjoj trećoj se okreće te se spušta nazad na podest prije prve stepenice. Penjanje po stepenicama se započinje slobodnim odabirom lijeve ili desne noge. Frekvencija metronoma je 120 Hz. Mjeri se maksimalno vrijeme 300 sekundi ili do odustajanja ispitanika/ispitanice. Nakon što je ispitanik dostigao maksimalno vrijeme ili je odustao od testiranja. Sjeda na stolicu i pristupa mjerenju srčane frekvencije nakon prve minute, druge minute i treće minute testa. Mjerenje srčane frekvencije iznosi 30 sekundi te se sva tri dobivena rezultata bilježe. Za svakog se ispitanika ili ispitanicu izračunava Indeks kondicije prema formuli koja vrijedi za standardizirani Harvardski step test. Dobiveni će se rezultati kategorizirati prema Indeksu kondicijske spremne standardnog Harvardskog step testa ocjenom izvrsno za indeks viši od 96, dobro između 83 i 96, prosječno 68 i 82, ispod prosjeka 54 do 67 te loše manje od 56.

### **3.3. Statistička obrada podataka**

Za statističku obradu podataka koristit će se program Statistice, verzija 13 (TIBCO Software Inc, 2017, Palo Alto, CA, SAD). Deskriptivni podaci spol i srčane frekvencije prije i poslije izvođenja testova će biti izračunati kao srednje vrijednosti, standardne devijacije, standardne pogreške, medijani, rasponi i postotci. Zavisna varijabla Indeks kondicijske spremne standardiziranog harvardskog step testa i nezavisna varijabla Indeks kondicijske spremne modificiranog harvardskog step testa biti će prikazana u ordinalnoj ljestvici. Za testiranje prve hipoteze koristiti će se Pareni T-test. U drugoj hipotezi

zavisna varijabla Indeks kondicijske spremne standardiziranog harvardskog step testa u odnosu na spol i nezavisna varijabla Indeks kondicijske spremne modificiranog harvardskog step testa u odnosu na spol biti će prikazana u ordinalnoj ljestvici. Za testiranje druge hipoteze koristiti će se t-test za nezavisne uzorke.

#### 4. REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 40 studenata preddiplomskog studija fizioterapije, u dobi od 18 do 26 godina. Grupa je bila ravnomjerno podijeljena po spolu, 20 studenata i 20 studentica (Slika 2.).

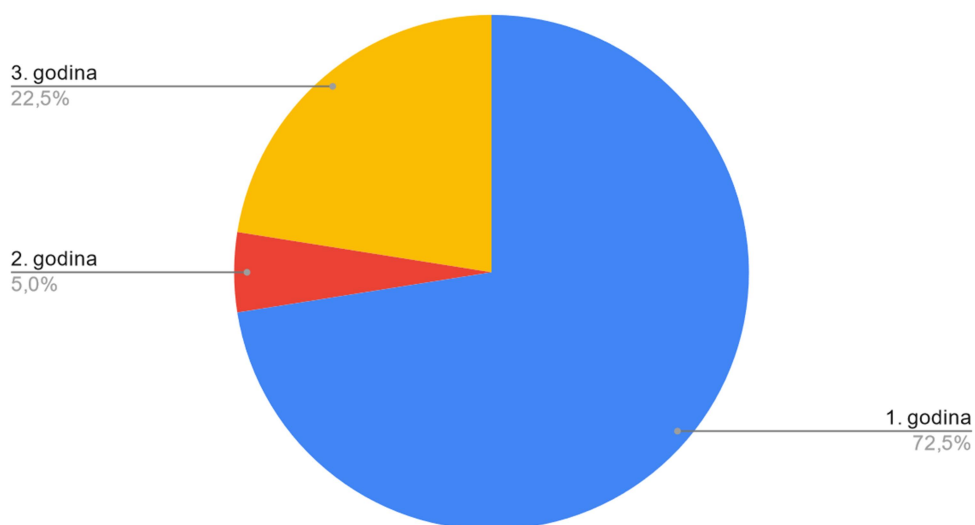
Podjela ispitanika po spolu



Slika 2. Grafikon ilustrira distribuciju sudionika prema spolu.

U istraživanju su sudjelovali studenti prve, druge i treće godine preddiplomskog studija fizioterapije. Sljedeći grafikon prikazuje njihovu distribuciju po godinama (Slika 3.).

Podjela ispitanika po godini studija



Slika 3. Grafički prikaz ispitanika po godini studija.

Kako bi se provjerila distribucija dobivenih podataka, rezultati su podvrgnuti Shapiro-Wilkovom testom (Tablica 2.).

Tablica 2. Prikaz parametara Shapiro-Wilkovog testa.

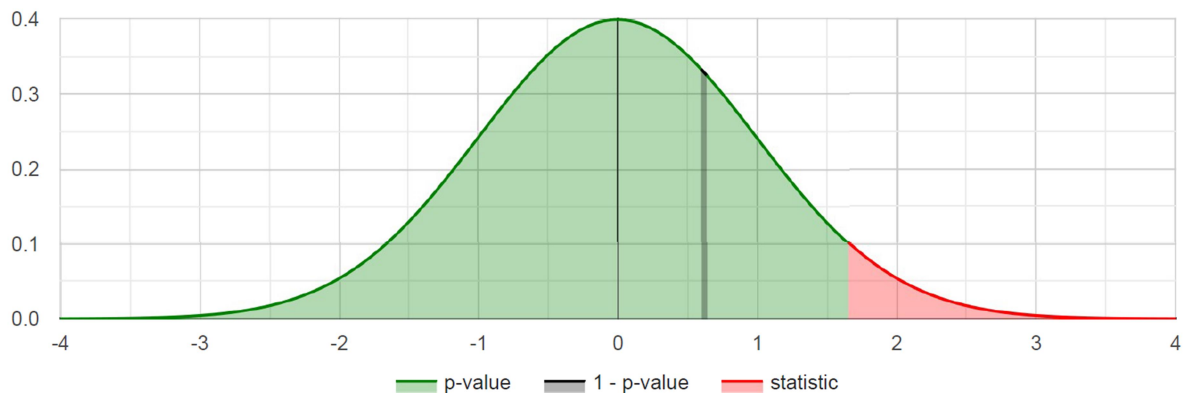
Parametar	Vrijednost
P-vrijednost	0.1744
W	0.9605
Veličina uzorka (n)	40
Prosjek ( $\bar{x}$ )	-29.675
Medijan	-27
Standardna devijacija uzorka (S)	16.174
Zbroj „kvadrata“	10202.775
b	98.9946
Asimetrija	-0.5232
Oblik asimetrije	Potencijalno simetrično (pval=0,162)
Prekomjerna kurtoza	-0.2344
Oblik kurtoze	Potencijalno Mezokurtična, normalno (pval=0,749)

Budući da je  $n \leq 50$  upotrijebio se Shapiro-Wilkove tablice za izračun p-vrijednosti.

P-vrijednost je veća od 0,05, ne odbacuje se nulta hipoteza. To znači da nema značajnih dokaza koji bi sugerirali da razlike u dobivenim rezultatima nisu normalno raspoređene.

P-vrijednost jednaka je 0,1744, ( $P(x \leq 0,9368) = 0,8256$ ). Što je p-vrijednost veća, to više podržava nultu hipotezu

Vrijednost W jednaka je 0,9605, što je u 95% pragu prihvatljivosti: [0,9447, 1].



Slika 4. Grafički prikaz parametara Shapiro-Wilkovog testa.

Grafički prikaz parametara Shapiro-Wilkovog testa dobiven preko Shapiro-Wilk test kalkulatora (36).

Nakon potvrde da su podaci normalno distribuirani, upareni t-test proveden je između rezultata originalnog Harvard Step Testa i modificiranog Harvard Step Testa.

Upareni t-test najbolji je izbor za određivanje jesu li rezultati između originalnog Harvardskog step testa i modificiranog testa provedenog na istoj populaciji statistički značajni jer uspoređuje srednje vrijednosti dviju povezanih skupina. Budući da isti sudionici obave oba testa, njihovi su rezultati povezani, upareni t-test test uzme u obzir individualnu varijabilnost i razlike između dva testa. To čini test točnim u otkrivanju bilo kakvih značajnih promjena ili učinaka između izvorne i modificirane verzije.

Srednje vrijednosti i standardne devijacije za originalni i modificirani Harvard Step Test prikazani su u tablici 3. Postoji primjetna razlika u rezultatima između dva testa.

Tablica 3. Prikaz srednje vrijednosti, i standardne devijacije između provedenih testova.

Test	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Originalni Test	53.9	17.76
Modificirani Test	83.58	9.52



Ovo su rezultati uparenog t-testa. Podaci pokazuju da postoji statistički značajna razlika između originalnog testa i modificirane verzije. Ovo sugerira da su izmjene testa imale mjerljiv učinak na izvedbu sudionika (Tablica 4.).

Tablica 4. Prikaz podataka uparenog t-testa

Aritmetička sredina razlika	Standardna devijacija razlika	T- vrijednost	P - razina	Stupnjevi slobode
29.675	16.174	-11.604	$3.22 \times 10^{-14}$	39

Velika t-statistika sugerira značajnu razliku između dva skupa rezultata. U ovom slučaju, -11,60 je vrlo velika vrijednost, što ukazuje na značajnu razliku.

P-vrijednost je iznimno mala  $3.22 \times 10^{-14}$  (mnogo manja od 0,05), što ukazuje da razlika između izvornih i modificiranih rezultata testa nije slučajna, odnosno statistički je značajna.

Budući da je t-statistika veća od t-kritične vrijednosti, odbacujemo nultu hipotezu.

H0. Ne postoji značajna razlika u rezultatima dobivenim prilagođenim Harvard step testom u usporedbi s tradicionalnim Harvard step testom.

Potvrđena je prva hipoteza.

H1. Postoji značajna razlika u rezultatima dobivenim prilagođenim Harvard step testom u usporedbi s tradicionalnim Harvard step testom.

Sekundarni cilj istraživanja bio je usporediti rezultate modificiranog Harvard step testa s onima dobivenim standardiziranim Harvard step testom prema spolu. T-test za nezavisne uzorke korišten je kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika u rezultatima između muškaraca i žena u izvornom i modificiranom testu.

T-test neovisnih uzoraka idealan je za usporedbu rezultata modificiranog Harvard step testa sa standardiziranim Harvard step testom prema spolu jer je test osmišljen za usporedbu srednjih vrijednosti dviju neovisnih skupina. U ovom istraživanju dvije grupe su studenti i studentice. Test pretpostavlja da su podaci u svakoj skupini približno normalno raspoređeni

(potvrđeno Shapiro-Wilkovovim testom). Ako su varijance nejednake, mogu se napraviti prilagodbe (koristeći Welchov t-test).

S obzirom da varijance nisu jednake, primjenjuje se Welchov t-test. Prilagođava stupnjeve slobode kako bi bolje uzela u obzir razlike u varijancama.

U Tablici 5. Prikazane su razlike između muškaraca i žena u izvornom i modificiranom harvardskom step testu.

Tablica 5. Prikaz osnovnih statističkih podataka (aritmetička sredina/standardna devijacija/minimum/maksimum prema spolu i metodologiji testiranja.

Spol/test	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost
Studenti originalan test	54.8	18.01	25	94
Studentice originalan test	53	17.92	24	72
Studenti modificiran test	87	7.89	70	98
Studentice modificiran test	80.15	9.94	65	94

Po tablici je evidentno da su i muškarci i žene postigli više rezultate na modificiranom testu. Čini se da su razlike između muškaraca i žena u originalnoj metodologiji testiranja zanemarive; međutim, čini se da u modificiranom testu muškarci postižu nešto više rezultate. Rezultati t-testa su prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Prikaz rezultata Welchovog t-testa.

Test	T-test	P-vrijednost	Rezultat
Originalan test	0.317	0.753	Nema značajne razlike među spolovima
Modificiran test	2.413	0.021	Značajna razlika između spolova

Za izvornu metodologiju testiranja p-vrijednost je veća od 0,05, što ukazuje da nema statistički značajne razlike u izvedbi između muškaraca i žena u originalnom testu. Ovo sugerira da spol ne utječe značajno na izvedbu u tradicionalnom Harvard Step Testu.

U modificiranom testu p-vrijednost manja je od 0,05, što ukazuje na statistički značajnu razliku u izvedbi između muškaraca i žena u modificiranom testu. Čini se da modifikacija (upotreba stepenica umjesto platforme) različito utječe na muškarce i žene.

P-vrijednost manja je od 0,05, ukazuje na statistički značajnu razliku, što dovodi do odbacivanja nulte hipoteze.

H0. Ne postoji značajna razlika u rezultatima između prilagođenog Harvard step testa i tradicionalnog Harvard Step Testa s obzirom na spol. - odbačeno.

Druga hipoteza je potvrđena.

H2. Postoji značajna razlika u rezultatima između prilagođenog Harvard step testa i tradicionalnog Harvard Step Testa s obzirom na spol. - potvrđeno.

## 5. RASPRAVA

Primarni cilj ove studije bio je usporediti rezultate modificiranog Harvard Step Testa s rezultatima standardiziranog Harvard Step Testa. Motivacija iza ove usporedbe bila je istražiti alternativni test koji bi se mogao primijeniti na širi raspon pojedinaca.

Podaci pokazuju da testovi nisu usporedivi. Bez obzira na spol, ispitanici imaju tendenciju postizanja viših rezultata na HTS indeksu kad je implementirana modificirana metodologija testiranja. Statistička analiza ukazuje na to da su razlike u rezultatima između originalnog step testa i modificirane verzije statistički značajne.

U teoriji, modifikacija je osmišljena da blisko oponaša izvornu metodologiju. To uključuje održavanje iste stope koraka (frekvencije koračanja), ukupnog trajanja testa i ukupne visine platforme (kada se zbroji visina svake stepenice). Dodatno, HTS indeks i formula za njegov izračun ostaju nepromijenjeni.

Iz biomehaničke perspektive, penjanje uz tri stepenice i penjanje uz jednu platformu slične su aktivnosti (37).

Sličnosti:

Pokreti u zglobovima - *Articulatio talocruralis*: Obje aktivnosti uključuju dorzalnu fleksiju i plantarnu fleksiju. Ovi pokreti su bitni za stabilizaciju stopala na platformi ili stepenicama. *Articulatio genus*: Dolazi do fleksije i ekstenzije koljena kada se noga podigne, a zatim ispruži kako bi podržala tjelesnu težinu. *Articulatio coxae*: Fleksija (podizanje natkoljenice) i ekstenzija (pomicanje bedra unatrag) potrebni su za podizanje noge na stepenicu i zatim guranje tijela prema gore (38).

Aktivacija mišića - Glavne skupine mišića: Obje aktivnosti aktiviraju kvadriceps (za ekstenziju koljena), biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus (za fleksiju koljena i ekstenziju natkoljenice), gluteus maximus (za ekstenziju natkoljenice), gastrocnemius (za plantarnu fleksiju) i tibialis anterior (za dorzalnu fleksiju), ako se fokusiramo na donje ekstremitete (38,39).

Redosljed aktivacije - Redosljed aktivacije mišića je sličan, kvadricepsom ekstendira potkoljenicu u koljenu tijekom uspona, a zadnja loža (biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus) i gluteus maximus se aktiviraju u ekstenziji natkoljenice. Tijekom spuštanja, isti mišići se ekscentrično aktiviraju kako bi kontrolirali pokret. Dodatno, tijekom faze kretanja gdje sudionik stoji na jednoj nozi, gluteus medius se kontrahira ekscentrično kako bi održao ravnotežu ondok se spriječio pad zdjelice prema nozi u rasterećenju.

Obje aktivnosti zahtijevaju kontrolu ravnoteže i koordinaciju, uključujući senzornu povratnu informaciju od proprioceptora i vestibularnog sustava.

Faze kretanja (40,41):

Faza 1. oslonac na dvije noge

Faza 2. oslonac na jednoj nozi

Po distribuciji težine:

Inicijalni kontakt: Postavljanje stopala na platformu ili stepenicu.

Podizanje/spuštanje: Podizanje tijela prema gore ili kontroliranje spuštanja.

Kontakt sa podlogom: Stabilizacija tijela na platformi ili prije sljedećeg koraka.

Razlike:

Visina koraka i ponavljajući pokreti. Kod platforme od 50/40 cm potrebna je veća amplituda pokreta i veći mišićni napor u jednom pokretu zbog visine prepreke.

Kod koračanja po tri stepenice mišićna aktivnost i napor dijele se u više ponavljajućih pokreta. Svaki je korak visok otprilike 18 cm, što čini ukupni uspon slično visok, ali podijeljen je u tri odvojena pokreta za uspinjanje i spuštanje.

Dinamički i Statički elementi. Platforma uključuje veću početnu silu za podizanje tijela u jednom potezu. Dok test sa penjanjem uz stepenice uključuje niz manjih, kontroliranih pokreta, koji zahtijevaju dosljedan ritam i tempo (41,42).

Raspodjela sile, kod platforme sila je koncentrirana u manje, snažnih pokreta, posebno tijekom inicijalnog uspinjanja, odnosno mišićni napor je koncentriran u jednom, snažnom pokretu. Na stubama sila se ravnomjernije raspoređuju na više koraka, a svaki korak zahtijeva umjerenu snagu.

Razlike u ravnoteži - koračanje na platformu od 50/40 cm zahtijeva značajnu prilagodbu ravnoteže kad se ispitanik popne, zbog visinske razlike. Dok koračanje po stepenicama zahtijeva stalne, manje prilagodbe ravnoteže sa svakim korakom, čineći prilagodbe češćim, ali i manje intenzivnim.

Aktivacija mišićne mase: Kada se penje na platformu od 50/40 cm, kvadricepsi prolaze kroz koncentričnu kontrakciju kako bi ekstenzirali koljeno i podigli tijelo, dok se gluteus maximus i zadnja loža (biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus) također koncentrično kontrahiraju kako bi ekstenzirali nadkoljenicu u zglobu kuka. Gastrocnemius se kontrahira koncentrično za plantarnu fleksiju tijekom odgurivanja, a tibialis anterior kontrahira se izometrično kako bi stabilizirao stopalo tijekom dorzalne fleksije pri spuštanju i prihvatanju tjelesne težine(43).

Tijekom spuštanja, kvadricepsi kontroliraju fleksiju koljena kako gravitacija ne bi dovela nogu u naglu fleksiju, putem ekscentrične kontrakcije, gluteus maximusom i zadnja loža na sličan način kontrahirajući ekscentrično upravljaju fleksijom kuka. Gastrocnemius i tibialis anterior također sudjeluju u ekscentričnim kontrakcijama kako bi kontrolirali spuštanje pete, odnosno stopala (42,43).

Koračanje po tri stepenice uključuje ponavljajuće koncentrične kontrakcije kvadricepsa za ekstenziju koljena, te gluteusa maximusa zadnje lože za ekstenziju noge u zglobu kuka, pri čemu gastrocnemius i tibialis anterior stabiliziraju stopalo izometrijski tijekom svakog koraka.

Spuštajući se trima stepenicama, kvadriceps, gluteus maximus, zadnja loža, gastrocnemius i tibialis anterior izvode ponovljene ekscentrične kontrakcije za kontrolu fleksije koljena i kuka, spuštanja pete i postavljanja stopala (43).

U kratko, koračanje po jednoj platformi od 50/40 cm energetski je zahtjevnije od penjanja uz i niz tri stube. To je zbog jednog pokreta visokog intenziteta potrebnog za platformu, koji zahtijeva veću snagu i značajnu prilagodbu ravnoteže, u usporedbi s ponavljajućim pokretima umjerenog intenziteta s manjim prilagodbama ravnoteže potrebnim za stepenice.

Ova razlika u energetskej zahtjevnosti vjerojatno je jedan od razloga zbog kojeg su rezultati između tradicionalnog testa i modificiranog testa statistički značajni, objašnjavajući zašto su sudionici postigli više rezultate na modificiranom testu.

Dodatni podatak koji podupire ovo objašnjenje je trajanje testova. Test je osmišljen da traje najviše 300 sekundi (5 minuta), no ako ispitanik ne može održati ritam 15 sekundi, test se prekida. U originalnom testu samo je 47.5% ispitanika završilo punih 5 minuta. Međutim, s modificiranom metodologijom, svi su sudionici završili test u 5 minuta i izjavili da je bilo manje tjelesno zahtjevno od izvorne metodologije.

Neki drugi mogući razlozi koji objašnjavaju razliku u dobivenim rezultatima između testova uključuju psihološke čimbenike kao što su opće raspoloženje, stres, manjak motivacije i percepcija zadatka, odnosno ako sudionici modificirani test vide kao "lakši", mogli bi biti bolji zbog smanjenih psiholoških prepreka, studije su pokazale da visina sudionika utječe na rezultate s originalnom metodologijom testiranja (44) , no takve studije nisu provedene na modificiranoj metodologiji, i bilo kakva tjelesna aktivnost koja se radila sa strane sudionika prije testiranja koje je uzrokovalo napor, mogla bi imat utjecaj na rezultate.

Sekundarni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi postoji li statistički značajna razlika u rezultatima između muškaraca i žena.

Podaci pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u rezultatima između muškaraca i žena u originalnoj metodologiji testiranja, iako je prosječna ocjena na HTS indeksu za muškarce viša od prosječne ocjene za žene. Međutim, u modificiranoj metodologiji testiranja podaci pokazuju da postoji statistički značajna razlika između muškaraca i žena. Studenti muškog spola su postigli bolje rezultate na modificiranoj verziji step testa.

Kardiovaskularna izdržljivost, koju Harvard step test je osmišljen da kvantificira, varira od osobe do osobe na temelju nekoliko varijabli poput treninga, prehrane, vanjskih čimbenika, genetike i spola. Muškarci generalno imaju veće srce od žena, što proizvodi veći udarni volumen (količina krvi koja se ispumpa iz srca po otkucaju srca). VO2 max, odnosno

maksimalna količina kisika koja se može koristiti tijekom tjelesne aktivnosti, također je u prosjeku viša kod muškaraca. To znači da muškarci općenito imaju veći kapacitet pluća i višu razinu hemoglobina od žena. Osim toga, kad se gleda sastava tijela, muškarci obično imaju niži postotak tjelesne masti i veću mišićnu masu od žena. Više mišićnog tkiva može pridonijeti većoj kardiovaskularnoj izdržljivosti.

Dodatni čimbenik koji bi mogao objasniti zašto su muškarci postigli bolje rezultate u modificiranoj metodologiji testiranja je da su muškarci i žene koračali po tri stepenice. Suprotno tome, tradicionalna metodologija testiranja koristi različite visine platforme: 50 cm za muškarce i 40 cm za žene.



## 6. ZAKLJUČAK

Rezultati ove studije pokazuju da modificirani Harvard Step Test i tradicionalni step test ne daju usporedive rezultate. U testiranom uzorku populacije, spol ne utječe na rezultate tradicionalnog testa. Međutim, postoji razlika u rezultatima između muškaraca i žena u modificiranoj metodologiji. Neki razlozi koji objašnjavaju zašto modificirana metodologija nije pouzdana uključuju to što je koračanje na jednoj platformi (bilo 50 cm ili 40 cm, ovisno o spolu ispitanika) energetski zahtjevnije od koračanja po nekoliko manjih platformi odnosno stepenica. Neovisno o spolu, ispitanici su koračali po 3 stepenice u modificiranom testu. Kad bi ispitanici ženskoga spola koračali po 2 stepenice, a ispitanici muškoga spola po 3 stepenice, rezultati bi mogli biti usporediviji među spolovima. Međutim, problem potrošnje energije i dalje bi utjecao na rezultate. Stoga bi trebalo razviti novi HTS indeks prilagođen za modificirani step test koji koristi stepenice kako bi ova metodologija bila upotrebljiva. Ostale moguće izmjene uključuju povećanje brzine metronoma ili podešavanje trajanja testa na duže ili kraće od 5 minuta. Iz razloga n što su svi sudionici uspješno završili punih 5 minuta modificiranog testa, u usporedbi sa samo 47,5% sudionika koji su završili originalni test u punih 5 minuta.

## LITERATURA

1. Posadzki P, Pieper D, Bajpai R, Makaruk H, Könsgen N, Neuhaus AL, et al. Exercise/physical activity and health outcomes: an overview of Cochrane systematic reviews. *BMC Public Health* [Internet]. 2020 Nov 16;20(1). Dostupno na: <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-020-09855-3>
2. Medrano-Ureña M del R, Ortega-Ruiz R, Benítez-Sillero J de D. Physical Fitness, Exercise Self-Efficacy, and Quality of Life in Adulthood: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020 Aug 31;17(17):6343.
3. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2005 Apr 1;12(2):102–14.
4. Wackerhage H, Schoenfeld BJ. Personalized, Evidence-Informed Training Plans and Exercise Prescriptions for Performance, Fitness and Health. *Sports Medicine* [Internet]. 2021 Jun 18;51(9):1805–13. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8363526/>
5. Cleven L, Krell-Roesch J, Nigg CR, Woll A. The association between physical activity with incident obesity, coronary heart disease, diabetes and hypertension in adults: a systematic review of longitudinal studies published after 2012. *BMC Public Health* [Internet]. 2020 May 19;20(1). Dostupno na: <https://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-020-08715-4>
6. Mandsager K, Harb S, Cremer P, Phelan D, Nissen SE, Jaber W. Association of Cardiorespiratory Fitness With Long-term Mortality Among Adults Undergoing Exercise Treadmill Testing. *JAMA Network Open* [Internet]. 2018 Oct 19;1(6):e183605. Dostupno na: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2707428>
7. Fiorina C, Vizzardi E, Lorusso R, Maggio M, De Cicco G, Nodari S, et al. The 6-min walking test early after cardiac surgery. Reference values and the effects of rehabilitation programme. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery: Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery* [Internet]. 2007 Nov 1 [cited 2021 Mar 7];32(5):724–9. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17881241/>

8. Brouha L. The step test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*. 1943 Mar 1;14(1):31-7. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2601400/>
9. Topend Sports. Harvard Step Test [Internet]. *Topendsports.com*. 2019. Dostupno na: <https://www.topendsports.com/testing/tests/step-harvard.htm>
10. Physiopedia. Harvard Step Test [Internet]. *Physiopedia*. 2021. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Harvard\\_Step\\_Test](https://www.physio-pedia.com/Harvard_Step_Test)
11. VO2max Cardio Test | Dexafit Boston | VO2 max test near me [Internet]. *Dexafit Boston*. [cited 2024 Jun 3]. Dostupno na: [https://www.dexafitboston.com/v02max?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCCQjw0\\_WyBhDMARIsAL1Vz8vHDpR2KXXnPA-X37mVaQ7wWL82tgZ0zdfyl8KbgkefST-PGv68resaAu40EALw\\_wcB](https://www.dexafitboston.com/v02max?gad_source=1&gclid=Cj0KCCQjw0_WyBhDMARIsAL1Vz8vHDpR2KXXnPA-X37mVaQ7wWL82tgZ0zdfyl8KbgkefST-PGv68resaAu40EALw_wcB)
12. Myers JN, Froelicher VF. Exercise Testing and Prescription. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* [Internet]. 1995 Feb 1;6(1):117–51. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1047965118304819?via%3Dihub>
13. Bandyopthyay B, Chattopadhyay H. Assessment of physical fitness of sedentary and physically active male college students by a modified Harvard step test. *Ergonomics*. 1981 Jan;24(1):15–20.
14. White K, Lu J, Ibrahim Z, Furth PA. Modified Harvard Step Testing within a Clinic Setting Enables Exercise Prescription for Cancer Survivors. *medRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory)*. 2020 Sep 30;
15. Castelli L, Iacovelli C, Ciccone S, Geracitano V, Loreti C, Fusco A, et al. RObotic-Assisted Rehabilitation of Lower Limbs for Orthopedic Patients (ROAR-O): A Randomized Controlled Trial. *Applied Sciences* [Internet]. 2023 Jan 1 [cited 2024 Jun 3];13(24):13208. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/24/13208>
16. Cleveland Clinic. Chronic Venous Insufficiency (CVI) [Internet]. *Cleveland Clinic*. 2019. Dostupno na: <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/16872-chronic-venous-insufficiency-cvi>

17. Pieper B, Templin T, Kirsner RS, Birk TJ. Injection-Related Venous Disease and Walking Mobility. *Journal of Addictive Diseases*. 2010 Sep 24;29(4):481–92.
18. Loureiro A, Constantinou M, Diamond LE, Beck B, Barrett R. Individuals with mild-to-moderate hip osteoarthritis have lower limb muscle strength and volume deficits. *BMC Musculoskeletal Disorders* [Internet]. 2018 Aug 21;19(1). Dostupno na: <https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12891-018-2230-4>
19. Steultjens MPM, Dekker J, van Baar ME, Oostendorp R a. B, Bijlsma JWJ. Range of joint motion and disability in patients with osteoarthritis of the knee or hip. *Rheumatology* [Internet]. 2000 Sep 1 [cited 2020 Nov 19];39(9):955–61. Dostupno na: <https://academic.oup.com/rheumatology/article/39/9/955/1784028>
20. How a daily and moderate exercise improves ligament healing. *IRBM*, 29(4), 267–271 | 10.1016/j.rbmret.2008.03.001 [Internet]. sci-hub.se. [cited 2024 Jun 4]. Dostupno na: <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1297956208000533>
21. Mayo Clinic. Plantar fasciitis - Symptoms and causes [Internet]. Mayo Clinic. 2018. Dostupno na: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/plantar-fasciitis/symptoms-causes/syc-20354846>
22. Ploumis A, Transfledt EE, Denis F. Degenerative lumbar scoliosis associated with spinal stenosis. *The Spine Journal*. 2007 Jul;7(4):428–36.
23. Nakahara I, Takao M, Sakai T, Miki H, Nishii T, Sugano N. Three-dimensional morphology and bony range of movement in hip joints in patients with hip dysplasia. *The Bone & Joint Journal* [Internet]. 2014 May 1;96-B(5):580–9. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24788490/>
24. Stair Regulations in the UK • BuildSafe [Internet]. buildsafe.co.uk. 2022. Dostupno na: <https://buildsafe.co.uk/stair-regulations-in-the-uk/>
25. Money20/20 Europe 2021 Space only regulations Single story stand rules and regulations Pages 2 -5 Double decker stand rules and regulations specifics Pages 6 -8 Balcony rules and regulations. Pristupljeno 2024.3.10.

26. Nabi T, Rafiq N, Qayoom O. Assessment of cardiovascular fitness [VO<sub>2</sub> max] among medical students by Queens College step test. *Int J Biomed Adv Res.* 2015;6(5):418-21.
27. Wood R. Queens College Step Test [Internet]. [www.topendsports.com](http://www.topendsports.com). 2008. Dostupno na: <https://www.topendsports.com/testing/tests/step-queens.htm>
28. Kumar N, Goswami S. Comparison of Rockport one-mile walk test and McArdle step test for the prediction of VO<sub>2</sub>max. *Saudi Journal of Sports Medicine.* 2019;19(3):82.
29. Carl. Chester Step Test [Internet]. UK Fire Service Resources. Dostupno na: <https://www.fireservice.co.uk/fitness/how-fit-are-you/chester-step-test/>
30. Sykes K, Roberts A. The Chester step test—a simple yet effective tool for the prediction of aerobic capacity. *Physiotherapy [Internet].* 2004 Dec;90(4):183–8. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031940604000574>
31. Mackenzie B. Chester Step Test [Internet]. [Brianmac.co.uk](http://brianmac.co.uk). 2013. Dostupno na: <https://www.brianmac.co.uk/chester.htm>
32. Harvard Health Publishing. Aerobic Fitness Test: The Step Method - Harvard Health [Internet]. Harvard Health. Harvard Health; 2017. Dostupno na: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/aerobic-fitness-test-the-step-method>
33. Wood R. YMCA 3-minute Step Test [Internet]. [Topendsports.com](http://topendsports.com). 2019. Dostupno na: <https://www.topendsports.com/testing/tests/step-ymca.htm>
34. Tecumseh Step Test [Internet]. [www.brianmac.co.uk](http://www.brianmac.co.uk). [cited 2024 Jun 4]. Dostupno na: <https://www.brianmac.co.uk/tecumseh.htm#ref>
35. D. Hughes A, Chaturvedi N. Estimation of maximal oxygen consumption and heart rate recovery using the Tecumseh sub-maximal step test and their relationship to cardiovascular risk factors, *Artery Research [Internet].* [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). 2017. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1872931216302642>
36. Statistics Kingdom. Shapiro-Wilk test calculator: normality calculator, Q-Q plot [Internet]. [www.statskingdom.com](http://www.statskingdom.com). 2024. Dostupno na: <https://www.statskingdom.com/shapiro-wilk-test-calculator.html>

37. Bobinac, Dragica Osnove kineziologije. Rijeka: Fintrade & Tours, 2010. 107.
38. Križan Z. Kompendij anatomije Čovjeka III. dio. Pregled građe grudi, trbuha, zdjelice noge i ruke. 1997.
39. Geiger DE, Behrendt F, Schuster-Amft C. EMG Muscle Activation Pattern of Four Lower Extremity Muscles during Stair Climbing, Motor Imagery, and Robot-Assisted Stepping: A Cross-Sectional Study in Healthy Individuals. *BioMed Research International* [Internet]. 2019 Mar 25 [cited 2019 Dec 6];2019:1–8. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6452562/>
40. Stair Gait [Internet]. Physiopedia. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Stair\\_Gait](https://www.physio-pedia.com/Stair_Gait)
41. Vallabhajosula S, Tan CW, Mukherjee M, Davidson AJ, Stergiou N. Biomechanical Analyses of Stair-climbing while Dual-tasking. *Journal of biomechanics* [Internet]. 2015 Apr 13;48(6):921–9. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4567248/>
42. Lu TW., Lu CH. Forces Transmitted in the Knee Joint During Stair Ascent and Descent. *Journal of Mechanics*. 2006 Dec;22(4):289–97.
43. Sadiq J, Abbass. Biomechanical Analysis of Human Stair Climbing (Ascending and Descending). *Eng& Tech Journal* [Internet]. 2012 [cited 2024 Jun 5];30(5). Dostupno na: <https://www.iasj.net/iasj/download/531fc7b792d2ff49>
44. Soliman W, Elsaidy I. Evaluating the Validity and Reliability of Harvard Step Test to Predict VO<sub>2</sub>max in Terms of the Step Height According to the Knee Joint Angle. 2011;1(2):126–32. Dostupno na: [https://jassalexu.journals.ekb.eg/article\\_84908\\_ffb5df991ba49a1d3f2c21865a9bf679.pdf](https://jassalexu.journals.ekb.eg/article_84908_ffb5df991ba49a1d3f2c21865a9bf679.pdf)

## **PRILOZI**

Slika 1 - Formula za HTS indeks

Slika 2 - Grafikon ilustrira distribuciju sudionika prema spolu

Slika 3 - Grafički prikaz ispitanika po godini studija

Slika 4 - Grafički prikaz parametara Shapiro-Wilkovog testa

Tablica 1. Prikaz HTS ljestvice

Tablica 2. Prikaz parametara Shapiro-Wilkovog testa

Tablica 3. Prikaz srednje vrijednosti, i standardne devijacije između provedenih testova

Tablica 4. Prikaz podataka uparenog t-testa

Tablica 5. Prikaz osnovnih statističkih podataka (aritmetička sredina/standardna devijacija/minimum/maksimum prema spolu i metodologiji testiranja)

Tablica 6. Prikaz rezultata Welchovog t-testa

## KRATKI ŽIVOTOPIS

### OSOBNNE INFORMACIJE

- Ime i prezime: Emanuel Veneruzzo
- Spol: muško
- Datum i mjesto rođenja: 02. 07. 2002. Pula
- Državljanstvo: Hrvatsko, Talijansko

### OBRAZOVANJE

- Osnovna škola: Scuola elementare italiana/Talijanska Osnovna škola "Giuseppina Martinuzzi" Pula - Pola
- Srednja škola: Talijanska srednja škola – Scuola media superiore italiana „Dante Alighieri“ Pula - Pola
- Preddiplomski studij na fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci- smjer Fizioterapija

### OSOBNNE VJEŠTINE

- timski rad, dobre komunikacijske vještine, suosjećanje, kreativnost

### POZNAVANJE JEZIKA

- Engleski, Talijanski, Njemački

### RAČUNALNE VJEŠTINE

- Osnove rada na osobnom računalu

### INTERESI

- Ronjenje, kickboxing, trail trčanje, snowboarding, čitanje i glazba