

Usporedba maksimalnog primitka kisika između studenata treće godine studija fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci

Žužić, Carlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:629490>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ
FIZIOTERAPIJA

Carlo Žužić

USPOREDBA MAKSIMALNOG PRIMITKA KISIKA IZMEĐU STUDENATA TREĆE
GODINE STUDIJA FIZIOTERAPIJE FAKULTETA ZDRAVSTVENIH STUDIJA U RIJECI
I UČENIKA SREDNJE MEDICINSKE ŠKOLE U RIJECI: rad s istraživanjem

Završni rad

Rijeka, 2023.

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

Carlo Žužić

COMPARISON IN MAXIMAL OXIGEN INTAKE BETWEEN THIRD YEAR
PHYSIOTHERAPY STUDENTS FROM THE UNIVERSITY OF HEALTH STUDIES IN
RIJEKA AND PUPILS FROM THE MEDICAL HIGH SCHOOL IN RIJEKA: research

Bachelor thesis

Rijeka, 2023.

Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

Sastavnica	FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA, SVEUČILIŠTE U RIJECI
Studij	PRIJEDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ FIZIOTERAPIJA
Vrsta studentskog rada	ZAVRŠNI RAD
Ime i prezime studenta	CARLO ŽUŽIĆ
JMBAG	0351011463

Podatci o radu studenta:

Naslov rada	USPOREDBA MAKSIMALNOG PRIMITKA KISIKA IZMEĐU STUDENATA TREĆE GODINE STUDIJA FIZIOTERAPIJA FAK. ZDRAV. STUDIJA U RIJECI I UČENIKA SREDNJE MEDICINSKE ŠKOLE U RIJECI
Ime i prezime mentora	DOC. DR. SC. HRVOJE VLAHOVIĆ
Datum predaje rada	15.09.2023.
Identifikacijski br. podneska	2166746819
Datum provjere rada	15.09.2023.
Ime datoteke	Carlo_u_i_-_za_Vlahovi.docx
Veličina datoteke	813.35K
Broj znakova	62486
Broj riječi	10282
Broj stranica	42

Podudarnost studentskog rada:

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

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	x
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum
15.09.2023.

Potpis mentora

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Maksimalni primitak kisika.....	3
2.1. Fiziologija tjelesne aktivnosti i VO ₂ max-a.....	3
2.2. Vrijednosti VO ₂ max-a u populaciji.....	5
2.3. Pad VO ₂ max-a sa starenjem	6
2.4. Povezanost VO ₂ max sa duljinom života.....	8
2.5. Metodologija testiranja VO ₂ max-a.....	10
3. Ciljevi i hipoteze	12
4. Ispitanici (materijali) i metode	13
4.1. Ispitanici/materijali	13
4.2. Postupak i instrumentarij	13
5. Rezultati	18
5.1. VO ₂ max	19
5.2. Frekvencija pulsa tijekom izvođenja testa.....	21
5.3. Percipirani osjećaj napora	22
6. Rasprava.....	24
7. Zaključak.....	27
Literatura	28
Privitci	34
Životopis.....	35

POPIS KRATICA

bpm - broj otkucaja u minuti

HR - hazard ratio, rizik mortaliteta

kpm – kilopond metar u minuti, vrijednost opterećenja

ml/kg/min - mililitri kisika po kilogramu tjelesne težine u minuti

Q - srčani minutni volumen

RPE - percipirani napor

SV - udarni volumen

SZO - Svjetska zdravstvena organizacija

VO₂max - Maksimalni primitak kisika

SAŽETAK

Uvod: Maksimalni primitak kisika ($VO_2\max$) označava maksimalni volumen kisika kojeg tijelo može iskoristiti tijekom određene aktivnosti. Definira gornju granicu aerobne izdržljivosti, čije vrijednosti variraju ispod 15 ml/min/kg u pacijenata sa zatajenjem srca do preko 90 ml/min/kg u vrhunskih sportaša. Samo nekoliko tjedana vježbanja ili prestanka treninga dovoljno je za njegovo povećanje odnosno smanjenje, čineći ga osjetljivim pokazateljem kardiorespiratorne kondicije. Također mnoga istraživanja pokazuju da je $VO_2\max$ jedan od glavnih faktora kada je u pitanju dužina života, što ukazuje na važnost testiranja $VO_2\max$ -a.

Cilj istraživanja: Glavni cilj ovog istraživanja je usporediti $VO_2\max$ između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci. Sporedni ciljevi su usporedba prosječnog pulsa i percipiranog napora tijekom izvođenja testa.

Ispitanici i metode: U ovom istraživanju sudjelovalo je 39 ispitanika oba spola podijeljenih u dvije skupine. Prvu skupinu činilo je 16 učenika prosječne dobi 17,9 godina, dok je drugu skupinu činilo 23 studenata prosječne 21,13 godina. Za testiranje $VO_2\max$ -a korišten je *Astrand-Rhyming cycleergometer fitness test* koji se izvodio na stacionarnom cikloergometru Monark LC4-G3. Za mjerenje percipiranog napora korištena je Borgova ljestvica za percipirani napor.

Rezultati: Prosječan $VO_2\max$ za prvu skupinu iznosi 35,28 ml/kg/min dok za drugu 40,38 ml/kg/min. Prosječna frekvencija pulsa za vrijeme izvođenja testa za prvu skupinu iznosi 134,69 bpm dok za drugu 126,77 bpm. Prosječan percipirani napor kvantificiran pomoću Borgove ljestvice za prvu skupinu iznosio je 7,62 dok za drugu 7,88. T-testovi za pojedine hipoteze nisu pokazali statističku značajnost na razini $p < 0,05$ te su hipoteze odbačene.

Zaključak: Nisu pronađene statistički značajne razlike u niti jednom od ispitivanih parametra. Podaci o $VO_2\max$ -u za obje skupine niži su od prosječnih referentnih vrijednosti iz poznate literature. Ti su rezultati zabrinjavajući zbog vrlo visoke korelacije loše aerobne kondicije i dužine života.

Ključne riječi: Astrand, maksimalni primitak kisika, studenti, učenici

ABSTRACT

Introduction: Maximum oxygen uptake (VO_{2max}) is the maximum volume of oxygen that the body can utilise during a certain activity. It defines the upper limit of aerobic endurance, whose values vary from below 15 ml/min/kg in patients with heart failure to over 90 ml/min/kg in elite athletes. Only a few weeks of training or cessation of training is enough to increase or decrease this value, making it a sensitive indicator of cardiorespiratory fitness. Also, many studies show that VO_{2max} is one of the main factors when it comes to longevity, which indicates the importance of VO_{2max} testing.

Objectives: The main objective of this research is to compare maximal oxygen uptake between third year physiotherapy students from the University of Health Studies in Rijeka and pupils from the Medical High School in Rijeka. Secondary objectives include the comparison of average heart rate and the perceived effort measured during the test.

Subjects and methods: 39 subjects of both sexes, divided into two groups, participated in this research. The first group consisted of 16 students with an average age of 17,9 years, while the second group consisted of 23 students with an average age of 21,13 years. The test used in this study to predict VO_{2max} is the Astrand-Rhyming cycle ergometer fitness test, which is performed on a Monark LC4-G3 stationary cycle ergometer. The Borg Scale for Perceived Effort was used to measure perceived effort.

Results: The average VO_{2max} for the first group is 35.28 ml/kg/min, while for the second group, it is 40.38 ml/kg/min. The average heart rate during the test for the first group is 134.69 bpm, whereas for the second group, it is 126.77 bpm. The average perceived exertion quantified using the Borg Scale for the first group was 7.62, and for the second group, it was 7.88. T-tests for individual hypotheses did not show statistical significance at the $p < 0.05$ level, thus the hypotheses were rejected.

Conclusion: No statistically significant differences were found in any of the examined parameters. Data on VO_{2max} for both groups are lower than the average reference values from the known literature. These results are worrying because of the very high correlation between poor aerobic fitness and longevity.

Keywords: Astrand, maximal oxygen uptake, students, pupils

1. UVOD

Maksimalni primitak kisika (eng. *Maximal oxygen uptake*) (VO_{2max}) je najveća dobivena stopa potrošnje kisika tijekom obavljanja aktivnosti. Prvi put su ga opisali Hill i Lupton 1923. godine kao primitak kisika postignut pri maksimalnom intenzitetu vježbanja koji se ne može povećati unatoč daljnjem povećanju otpora (1). VO_{2max} također se može smatrati kao maksimalna aerobna sposobnost odnosno maksimalna sposobnost kardiorespiratornog sistema za prijenos kisika iz zraka u tkiva (2). Definira gornju granicu aerobne izdržljivosti, čije vrijednosti variraju ispod 15 ml/min/kg u pacijenata sa zatajenjem srca do preko 90 ml/min/kg u vrhunskih sportaša (3).

VO_{2max} nije važan parametar samo za sportaše jer je jedan od bolje povezanih čimbenika sa duljinom života. U više kohortnih studija pronađene su visoke korelacije VO_{2max} -a i duljine života. Autori navode da soba čiji se VO_{2max} nalazi u donjoj četvrtini raspodijele, odnosno ispod 25. percentila normalne raspodijele, ima gotovo 400% veći rizik od svih uzroka smrti od osobe čiji se VO_{2max} smatra elitnim, odnosno iznad 97.7. percentila (4). Također niska razina VO_{2max} -a pokazala je bolju korelaciju sa smrću ispitanika od svih ostalih faktora uključujući pušenje, hipertenziju, dijabetes, fibrilaciju atrijsku, svih vrsta raka, kardiovaskularnih bolesti i kronične bubrene bolesti (5). Važno je napomenuti kako VO_{2max} nije stabilna vrijednost te samo nekoliko tjedana vježbanja ili prestanka treninga dovoljno je za njegovo povećanje odnosno smanjenje, čineći ga osjetljivim pokazateljem kardiorespiratorne kondicije (6). Promjene u VO_{2max} u također mogu se primijetiti u dužim vremenskim periodima. U dječaka VO_{2max} raste do 18-te godine, u djevojčica do između 14-te i 16-te godine, no nakon postizanja maksimalne vrijednosti, VO_{2max} se postupno smanjuje sa starenjem (7). Nakon 30-te godine života VO_{2max} smanjuje se za otprilike 10% svakih 10 godina, a nakon 50-te godine 15% svakih 10 godina (8).

VO_{2max} može se testirati pomoću izravnih ili neizravnih metoda. Pod izravne metode smatraju se testovi koji koriste specijalne maske za mjerenje količine kisika koju ispitanik udiše i izdiše. Pod neizravne metode smatra se korištenje grafikona, formula, ostalih fizioloških ili subjektivnih varijabli za predviđanje VO_{2max} -a (9). Jedan od najkorištenijih testova za mjerenje VO_{2max} -a je *Astrand-Rhyming Cycle Ergometer Test*. Test se provodi na cikloergometru i traje 6 minuta, a bazira se na omjeru srčane frekvencije i snage koju ispitanik stvara (10). Prilikom izvođenja bilo koje tjelesne aktivnosti osjećaj napora moguće je kvantificirati pomoću Borgove

ljestvice percipiranog napora. Ljestvica je razvijena na način da se perceptivne ocjene napora linearno prate s povećanje opterećenja i frekvenciju srca tijekom određene aktivnosti, kao npr. aerobnog testa (11)

Glavni cilj ovog istraživanja je usporediti $VO_2\max$ između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci. $VO_2\max$ jedan je od boljih prediktora dužine života, te testiranjem studenata i učenika možemo također dobiti sliku zdravstvenog stanja mladih i bolji uvid utjecaja sjedilačkog načina života na njihovo zdravlje.

2. MAKSIMALNI PRIMITAK KISIKA

Maksimalni primitak kisika (eng. *Maximal oxygen uptake*) ($VO_2\max$) prvi su put opisali Hill i Lupton 1923. godine kao primitak kisika postignut pri maksimalnom intenzitetu vježbanja koji se ne može povećati unatoč daljnjem povećanju otpora (1). Na taj način $VO_2\max$ može se smatrati kao maksimalna sposobnost kardiorespiratornog sistema za prijenos kisika iz zraka u tkiva (2). $VO_2\max$ označava maksimalni (max) volumen (V) kisika (O_2) kojeg naše tijelo može iskoristiti tijekom neke aktivnosti. Izražava se u apsolutnim (litra kisika u minuti - LO_2/\min) ili relativnim vrijednostima (mililitri kisika po kilogramu tjelesne težine u minuti - $ml/kg/\min$). Maksimalni primitak kisika ovisi o sposobnosti kardiorespiratornog sustava da dopremi atmosferski kisik do mišićnih stanica i o sposobnosti muskulature da iskoristi taj kisik, te se često u literaturi definira kao maksimalni aerobni kapacitet (12).

2.1. Fiziologija tjelesne aktivnosti i $VO_2\max$ -a

Tjelesna aktivnost može se klasificirati kao aerobna i anaerobna prema glavnim metaboličkim putevima uključenim za proizvodnju energije (13). Aerobni metabolizam čine dva glavna procesa; razgradnja masti odnosno metabolizam lipida i aerobna glikoliza odnosno razgradnja glikogena pomoću kisika. Oksidacija masti i ugljikohidrata koristi se kod aktivnosti niskog i srednjeg intenziteta koje su srednjeg ili dugog trajanja (npr. biciklizam, trčanje na duge staze i sl.). Aerobni sustav za proizvodnju energije, u teoriji, može se koristiti na neograničeno vrijeme odnosno dok se ne iskoriste sve hranjive tvari (14). Oksidacija lipida odvija se vrlo sporo te nije od posebne važnosti za sprinterske discipline ni aktivnosti visokog ili maksimalnog intenziteta. Tijekom aerobnih aktivnosti manji broj mišićnih vlakna radi koristeći anaerobni metabolizam te zbog toga se stvara mliječna kiselina koju ostala vlakna razgrađuju i oksidiraju. U takvom režimu rada postoji balans između stvaranja i razgradnje mliječne kiseline (15).

Nasuprot tome nalaze se anaerobne aktivnosti vrlo visokog intenziteta i kratkog trajanja koje koriste izvore energije unutar kontrakcijskih mišića (fosfokreatin-kreatin i glikogen). Sustav fosfagenski sustav može proizvesti mnogo energije u kratkom trajanju od 8-10 sekundi a sustav glikogen-mliječna kiselina od 1.3-1.6 minuta. Ovaj proces proizvodi znatno više adenosintrifosfata (ATP-a) i u kraćem vremenskom roku od aerobnog metabolizma ali dovodi do disbalansa između nakupljanja i razgradnje mliječne kiseline i u konačnici brzog zamora (14).

Potrošak kisika u mlada muškaraca u mirovanju iznosi oko 250-300 ml/min. Da bi taj isti pojedinac lagano trčao na ravnoj površini biti će mu potrebno oko 2.500 do 3.500 ml/min. Da bi zadržao istu brzinu trčanja ali uzbrdo biti će mu potrebno oko 4.000 do 4.500 ml/min te nastavivši ubrzavanjem tempa uskoro bi započeo koristiti anaerobne izvore energije te ukratko nakon toga morao bi se zaustaviti zbog iscrpljenosti. Količina kisika koju je pojedinac koristio na ovoj razini napora predstavlja njegov VO_2max . Dobro trenirani sportaš će pri istom naporu moći koristiti 5.000 ml/min a neki vrhunski čak i preko 6.000 ml/min te će njihova brzina trčanja moći biti veća (14,16).

Osoba sa višim VO_2max -om moći koristiti veći ukupni volumen kisika pri maksimalnim naporima od osobe sa nižim VO_2max -om. Osim toga, poznato je da će takve osobe pokazivati niži puls pri istom određenom submaksimalnom otporu od osoba s nižim VO_2max -om (17). To je posljedica činjenice da kardiovaskularni sustav i njegove komponente se adaptiraju povećanju ili smanjenju aerobnog kapaciteta. Glavne regulatorne promjene nalaze se u srčanom mišiću (povećanje veličine srca i kontraktilne funkcije dovodi do smanjenja pulsa pri submaksimalnom otporu), praćen naknadnim promjenama u udarnom volumenu (eng. *stroke volume- SV*), minutnim volumenom srca (eng. *cardiac output-Q*), krvi i krvotoku. Osim toga, trening izdržljivosti također povećava volumen krvi. Povećava se proizvodnja crvenih krvnih stanica koju prati znatno povećanje volumena plazme. Povećani volumen krvi dovodi do većeg minutnog volumena srca, budući da je $Q = SV \times \text{otkucaji u minuti}$. Posljedično, povećanjem SV određeni Q može se postići sa manjim brojem otkucaja srca u minuti što znači da osoba koja ima bolje razvijeni aerobni kapacitet za isti otpor pokazati će manji puls. Ove fiziološke prilagodbe krvožilnog sustava dovode do smanjenog pulsa u stanju mirovanja, kao i tijekom submaksimalnih otpora (17). Što je nečiji VO_2max viši to će više kisika moći njegovi mišići koristiti za izvedbu neke aktivnosti visokog intenziteta. Isto tako netko tko ima visoki VO_2max koristiti će manji postotak svog maksimalnog aerobnog kapaciteta tijekom lakših aktivnosti te će za isti posao osjećati manji napor od osobe sa manjim VO_2max -om (18).

VO_2max je mjera koja značajno varira među pojedincima zbog razlika u spolu, dobi, genetici, povijesti i vrsti treninga. Relativno je dobro prihvaćeno da postoji individualna gornja granica za VO_2max , a taj individualni "vrhunac" također je uvelike određen gore navedenim faktorima. Međutim, čak i ako je VO_2max dosegao plato, poboljšanja u izvedbi mogu se postići putem drugih čimbenika i fizioloških funkcija kao na primjer prilagodbe u skeletnim mišićima (19).

2.2. Vrijednosti $VO_2\text{max}$ -a u populaciji

Vrijednosti $VO_2\text{max}$ -a u populaciji jako su raznolike. Najviše vrijednosti $VO_2\text{max}$ -a nalaze se kod vrhunskih sportaša u sportovima izdržljivosti. No nisu svi sportovi izdržljivosti jednaki. Na primjer, veslanje je aktivnost koja se može definirati kao „*non weight bearing*“ odnosno aktivnost kojoj se sila teža ne suprotstavlja lokomotornom sustavu kao glavni otpor. U takvim sportovima muški sportaši imaju apsolutne vrijednosti iznad 6,5 L/min ali zbog veće tjelesne mase takvi rezultati odgovaraju relativnoj vrijednosti od oko 70 ml/kg/min (20). Najviše relativne vrijednosti (>80 mL/kg/min) nalaze se kod sportaša u sportovima koje definiramo „*weight bearing*“, odnosno sportovi u kojima se sila teža suprotstavlja pokretu lokomotornog sustava kao što su skijaško trčanje i trčanje na duge staze te kod sportova gdje tjelesna masa igra veliku ulogu kao npr. biciklizam. Prema jednom istraživanju trkači iz Kenije u prosjeku pokazuju $VO_2\text{max}$ od 79.9 ml/kg/min, slično kao profesionalni biciklisti čije se relativne vrijednosti u prosjeku nalaze između 70 i 80 ml/kg/min (21,22). Najviši rezultat u relativnim vrijednostima (97.5 ml/kg/min) postigao je Norveški biciklist Oskar Svendsen u dobi od 18 godina, a najveći rezultat za žene (78.9 ml/kg/min) postigla je Američka trkačica na duge pruge Joan Benoit (23). Vrijednosti za elitne sportašice općenito su 10-20% niže (24,25).

$VO_2\text{max}$ nije važan parametar samo za sportaše već i za opću populaciju zato što je usko povezan sa duljinom života. Za razliku od elitnih sportaša, vrijednosti netreniranih žena i muškarca srednje dobi (tj. 40-59 godina) kreću se od 32 i 38 ml/kg/min (26). No, u literaturi nalaze se razlike u tim vrijednostima. Steeg i sur. u svom istraživanju iz 2021. koristili su podatke o $VO_2\text{max}$ -u iz sistematskih pregleda od 4612 ispitanika, 3671 muškaraca i 941 ženu pronađene su znatno više relativne vrijednosti nego iz ranije publiciranih studija (Tablica 1.) (27). Muškarci su u prosjeku imali 18% veći $VO_2\text{max}$ od žena, što je usporedivo sa ostalom literaturom. No kad se referentne vrijednosti ove studije usporede sa vrijednostima prethodno objavljenih radova koji su koristili iste vrste testiranja uočava se da su one znatno više. Autori navode nekoliko razloga zbog kojih je možda došlo do razlike. Referentne vrijednosti uvijek se baziraju na skupinama različitog geografskog podrijetla, Kanada (28) (Jones i sur. 1985.), Amerika (29) (Wasserman i sur. 2005.) i Njemačka (30) (Koch i sur. 2009.) dok je njihova studija prva na Nizozemskom uzorku. Navode fizičke i kulturalne aspekte kao moguće razloge za razliku. $VO_2\text{max}$ pozitivno je povezan s tjelesnom visinom, a stanovnici Nizozemske dokazani su kao najviši na svijetu (31). Nadalje, $VO_2\text{max}$ negativno je povezan sa indeksom tjelesne mase (eng. *body mass indeks-BMI*) (30) a BMI niži je u Nizozemskoj (26.1 kg/m²) u

usporedbi sa Kanadom (27.3 kg/m²), Njemačkom (27.4 kg/m²) te SAD-om (29.1 kg/m²) (27). Osim toga niža tjelesna masa dovodi do boljih relativnih vrijednosti jer se VO₂max izražava kao ml/kg, te svaki kilogram masne mase (mase koja ne može koristiti kisik) smanjit će tu vrijednost. Isto tako, korištenje bicikla u dnevnim transferima najistaknutije je u Nizozemskoj, u usporedbi s ostatkom svijeta te autori to navode kao moguću prednost tijekom izvođenja testa na cikloergometru (32).

Tablica 1. Referentne vrijednosti za VO₂max prema dobnim skupinama

Istraživanje	Dob (godine)							
	8	12	20	30	40	50	60	70
Muškarci								
Jones	x	x	46.2	41.8	37.4	33.0	28.6	24.2
Wasserman	x	x	43.3	39.6	35.8	32.1	28.4	24.7
Koch (SHIP)	x	x	x	35.9	33.8	31.2	32.2	29.3
Cooper	43.4	46.1	x	x	x	x	x	x
Smith	48.7	48.6	48.1	46.5	44.0	40.4	35.9	30.4
Žene								
Jones	x	x	35.8	32.2	28.6	25.0	21.4	17.8
Wasserman	x	x	31.8	29.0	25.9	23.2	20.3	17.6
SHIP	x	x	x	29.3	28.1	26.4	24.3	21.7
Cooper	37.3	34.5	x	x	x	x	x	x
Smith	41.8	41.1	39.4	37.0	34.1	30.8	27.1	22.9

Izvor: Smith i sur., 2021. Dostupno na:

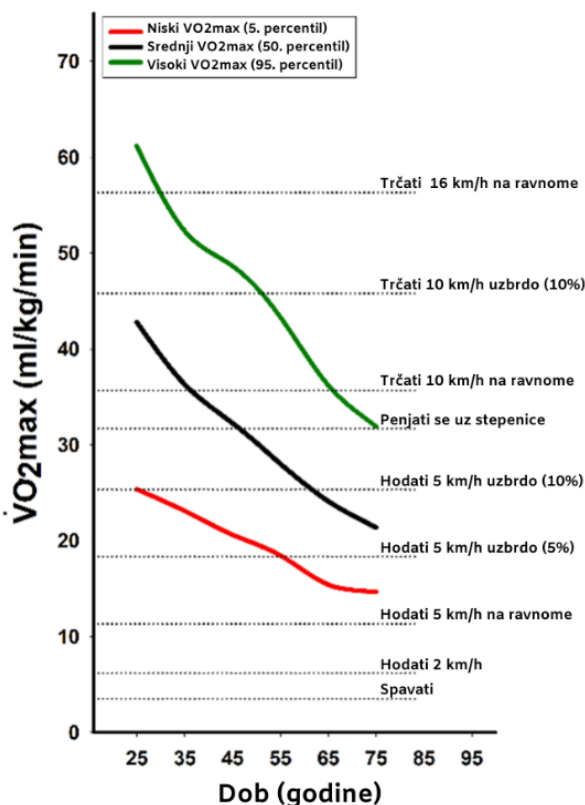
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7966187/>

2.3. Pad VO₂max-a sa starenjem

Također važno je napomenuti da VO₂max je vrijednost koja varira tokom godina. U dječaka VO₂max raste do 18. godine, u djevojčica do između 14. i 16. godine (7). Studije ukazuju da nakon postizanja maksimalne vrijednosti, VO₂max se postupno smanjuje sa starenjem. Nakon 30. godine života VO₂max smanjuje se za otprilike 10% svakih 10 godina, a nakon 50. godine 15% svakih 10 godina (8).

Pedesetogodišnjak sa prosječnim VO₂max-om od 35 ml/kg/min trebao bi biti u mogućnosti trčati brzinom od 6 mph (9.66 km/h) po ravnoj površini. No samo oni sedamdesetogodišnjaci koji se nalaze u gornjih 5% svoje skupine prema VO₂max-u biti će u mogućnosti učiniti isto. Slično tome aktivnost kao lagano planinarenje zahtjeva VO₂max od oko 30 ml/kg/min te

pedesetogodišnja žena koja se nalazi na 50. percentilu te ima $VO_2\max$ od 32 ml/kg/min može ju izvoditi bez previše problema. No, zbog prirodnog smanjenja, $VO_2\max$ te iste osobe sa 80 godina, iznosit će otprilike 21 ml/kg/min te da bi ta ona tada mogla planinariti, sada sa 50 godina, trebala bi biti iznad 95. percentila te imati $VO_2\max$ od 45-49 ml/kg/min (16). Prirodno opadanje $VO_2\max$ -a sa starenjem grafički je prikazao je dr. Jayson Gifford prema uputama o testiranju i programiranju treninga Američkog fakulteta sportske medicine (Slika 1.) (33).



Slika 1. Grafički prikaz opadanja $VO_2\max$ -a sa starenjem

Izvor: <https://twitter.com/JaysonGifford/status/1537185279781482496>

Relativne vrijednosti $VO_2\max$ -a mogu mnogo varirati od osobe do osobe. Vrijednosti $VO_2\max$ -a netreniranih i starijih osoba kreću se oko 20 ml/kg/min no najniže vrijednosti, od oko 15 ml/min/kg, mogu se pronaći u pacijenata s zatajenjem srca. Kada $VO_2\max$ padne ispod jednog praga (18 ml/kg/min za muškarce te 15 ml/kg/min za žene) počinje ugrožavati samostalnost osobe (3). Te osobe dosežu čak 85% svog ukupnog aerobnog kapaciteta tijekom hodanja i lakših aerobnih aktivnosti. Stoga njihov nizak $VO_2\max$ može značajno ograničiti njihove svakodnevne životne aktivnosti (34).

2.4. Povezanost $VO_2\text{max}$ sa duljinom života

U kohortnoj studiji Mandsager i sur. iz 2018. u kojoj je sudjelovalo više od 120 000 ispitanika kroz 23 godine pronašli su snažnu korelaciju $VO_2\text{max}$ -a, odnosno kardiorespiratorne kondicije i mortaliteta. Cilj istraživanja bio je procijeniti povezanost mortaliteta od svih uzroka i maksimalnog aerobnog kapaciteta pomoću testiranja na traci za trčanje. Ispitanici podvrgnuti su testiranju maksimalnog primitka kisika pomoću trake za trčanje. Prikupljeni su demografski podaci pacijenta (dob i spol), antropometrija (visina, masa i BMI), lijekovi i komorbiditeti su dokumentirani. Komorbiditeti uključivali su povijest bolesti koronarne arterije, dijabetesa, hipertenzije, hiperlipidemije, završnog stadija bubrežne bolesti i pušenja. Istraživanje trajalo je između 1991. i 2014. godine, a ispitanici testirani su dvaput sa prosječnim razmakom između testiranja od 8.4 godine. Pacijenti su zatim razvrstani u skupine prema $VO_2\text{max}$ -u, dobi i spolu, te su postavljene slijedeće granične vrijednosti: elita (97.7. percentil), visok (75.-97.6. percentil), iznad prosjeka (50.-74. percentil), ispod prosjeka (25.-49. percentil) i nizak (<25. percentil) (4).

Pronašli su da je $VO_2\text{max}$ negativno povezan sa mortalitetom svih uzroka. Rizik mortaliteta zbog niskog $VO_2\text{max}$ -a veći je od tradicionalnih rizičnih čimbenika kao npr. bolest koronarne arterije, dijabetes i pušenje. Važno je napomenuti kako nije uočena gornja granica koristi za visoki $VO_2\text{max}$. Ispitanici iz elitne skupine čiji je $VO_2\text{max}$ na samom kraju krivulje normalne raspodjele ($\geq 2SD$ iznad prosjeka za dob i spol) imali su inkrementalno smanjenje smrtnosti od svih uzroka u usporedbi sa svim ostalim skupinama, uključujući i one s visokim rezultatima (75.-97.6. percentil) (4). Rezultati tog istraživanja otkrili su da osoba čiji je $VO_2\text{max}$ ispod prosjeka, odnosno između 25. i 50. percentila normalne raspodjele, ima 200% veći rizik od svih uzroka smrti od osobe čiji se $VO_2\text{max}$ smatra visokim, odnosno između 75. i 97.6. percentila. Osoba čiji se $VO_2\text{max}$ nalazi u donjoj četvrtini raspodjele, odnosno ispod 25. percentila normalne raspodjele, ima gotovo 400% veći rizik od svih uzroka smrti od osobe čiji se $VO_2\text{max}$ smatra elitnim, odnosno iznad 97.7. percentila (4). Vrlo slični rezultati pokazali su se u novijem istraživanju na više od 750 000 veterana SAD-a, dobi od 30 do 95 godina (5). Povezanost kardiorespiratorne kondicije i smrtnosti od svih uzroka dokazala se negativnom neovisno o dobi, spolu ili rasi. U ovom istraživanju umjesto $VO_2\text{max}$ -a za kvantificiranje kardiorespiratorne kondicije korišteni su METs (eng. *metabolic equivalent*). MET je omjer radne metaboličke stope u odnosu na metaboličku stopu tokom odmora, često se koristi za opis

intenziteta aktivnosti. 1 MET je količina energije koja je potrebna za naš bazalni metabolizam, na primjer aktivnost kao sjedenje na kauču zahtjeva 1 MET, sjedenje i vođenje razgovora 1.3 MET-a, šetanje 5-6 km/h oko 4 MET-a (35). Najmanji rizik od smrtnosti primijećen je za osobe koje su mogle doseći 14 MET-a (sd±2.1), odnosno intenzitet aktivnosti koji zahtjeva 14 puta veću potrošnju kisika od njihovog bazalnog metabolizma (1 MET = 3.5 ml/O₂, 14 x 3.5 = 49 ml/kg/min). Rizik mortaliteta (eng. *hazard ratio* – HR) od svih uzroka kod osoba sa najgorom aerobnom kondicijom 4.7 MET-a bio je 4 puta veći nego od onih sa najboljom kondicijom (HR: 4,09; 95% CI: 3,90-4,20). Autori zaključuju da imati lošu kondiciju nosi veći rizik smrtnosti od svih ispitanih rizičnih faktora uključujući pušenje, hipertenziju, dijabetesa, fibrilacije atrijske, svih vrsta raka, kardiovaskularnih bolesti i kronične bubrežne bolesti (Tablica 2.). Također navode da većina pojedinca s prosječnom tjelesnom kondicijom mogu smanjiti svoj rizik smrtnosti za najmanje 50% ispunjavanjem preporuka o tjelesnoj aktivnosti od 150 min tjedno, te da bi testiranje aerobne kondicije trebalo biti dio rutinski dio kliničke prakse (5,36).

Tablica 2. Indeks rizika smrtnosti u odnosu na elitni aerobni kapacitet

Rizik smrtnosti u odnosu na elitni aerobni kapacitet	
Varijabla	HR (95 % CI*)
Loš aerobni kapacitet	4.09 (3.94-4.24)
Nizak aerobni kapacitet	2.88 (2.78-2.99)
Prosječni aerobni kapacitet	2.13 (2.05-2.21)
Dobar aerobni kapacitet	1.66 (1.60-1.73)
Visok aerobni kapacitet	1.39 (1.34-1.45)
Komorbiditeti	
Kronična bolest bubrega	1.49 (1.46-1.52)
Pušenje	1.40 (1.39-1.42)
Dijabetes	1.34 (1.33-1.36)
Fibrilacija atrijske	1.34 (1.31-1.36)
Rak (sve vrste)	1.33 (1.30-1.35)
Kardiovaskularne bolesti	1.28 (1.27-1.29)
Hipertenzija	1.14 (1.13-1.16)
Dob	1.06 (1.06-1.06)
BMI	0.98 (0.97-0.98)
*Sve p vrijednosti <0.001	

Izvor: Ainsworth i sur., 2011.

Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21681120/>

2.5. Metodologija testiranja $VO_2\text{max}$ -a

Samo nekoliko tjedana vježbanja ili prestanka treninga dovoljno je za povećanje odnosno smanjenje $VO_2\text{max}$ -a, čineći ga osjetljivim pokazateljem kardiorespiratorne kondicije (6). $VO_2\text{max}$ može se testirati pomoću izravnih ili neizravnih metoda. Pod izravne metode smatraju se testovi koji koriste specijalne maske za mjerenje količine kisika koju ispitanik udiše i izdiše. Pod neizravne metode smatra se korištenje grafikona, formula, ostalih fizioloških ili subjektivnih varijabli za predviđanje $VO_2\text{max}$ -a. Izravne metode su preciznije i pouzdanije no mnogo skuplje, nedostupnije, zahtijevaju obuku tehničara i oduzimaju više vremena (9). Jedan od najranijih eksperimenata s prikupljanjem zraka u hermetičke vrećice izveo je Prout 1813. godine(37). Kasnije tijekom 19. stoljeća, njemački znanstvenik Nathan Zuntz razvio je uređaj za ventilacijska mjerenja na ljudima (38). Međutim, tek je početkom 20. stoljeća češće provođeno mjerenje ventilacije kod ljudi. Metoda s Douglasovom vrećicom postala je prva široko korištena tehnika za mjerenje isteklog zraka i time omogućila izračun potrošenog kisika tijekom vježbanja. Metoda se i dalje smatra zlatnim standardom za mjerenje stabilne razmjene respiratornih plinova. Ekspirirani zrak prikuplja se u velikoj vrećici za zrak (85-150L) tako zvana Douglasova vrećica. Ukupni volumen prikupljenog zraka mjeri se spirometrom a uzorak zraka analizira se za temperaturu, tlak i koncentraciju kisika i ugljičnog dioksida. Nažalost ova metoda mjerenja zahtjeva mnogo vremena, aparature i resursa (39).

Zahvaljujući unapređenjem računala tehnika indirektna kalorimetrije se modernizirala. Ovaj razvoj rezultirao je automatiziranim i prijenosnim sustavima za analizu plinova te značajno povećanom učinkovitošću postupka. Neki moderni sustavi za mjerenje metabolizma također se mogu koristiti tijekom vanjskih aktivnosti. Računalni metabolički sustavi imaju ugrađene uređaje za mjerenje volumena ili protoka, kao i brze i vrlo precizne analizatore CO_2 i O_2 (40). Nažalost izravno mjerenje $VO_2\text{max}$ -a oduzima puno vremena, skupo je i zahtijeva laboratorijsku aparaturu.

No, postoji nekoliko testova za neizravnu procjenu $VO_2\text{max}$ -a. Ti testovi se temelje na statističkim korelacijama između, primjerice, vremena potrebnog za prijeđenu određenu udaljenost (hodanje/trčanje) i $VO_2\text{max}$. Te veze mogu biti relativno snažne, no važno je uzeti u obzir da rezultati tih testova su u velikoj mjeri pod utjecajem ostalih faktora kao što su anaerobni procesi, motivacija, taktike, prethodna iskustva (efekt učenja) te ekonomičnost trčanja. Te se

sposobnosti lako mogu poboljšati specifičnim treningom, što dovodi do značajnog povećanja rezultata testa bez stvarne promjene u $VO_2\text{max}$ -u (41).

$VO_2\text{max}$ također se može procijeniti pomoću testova submaksimalnog otpora. Te procjene najčešće se temelje na linearni odnos između stabilne frekvencije pulsa za određeno opterećenje VO_2 vrijednosti. Poznato je da ispitanici s visokim aerobnim kapacitetom imaju niži puls pri određenom submaksimalnom otporu od onih s nižim aerobnim kapacitetom (17). To je posljedica adaptacija kardiovaskularnog sustava; povećanje veličine i kontraktilne funkcije srca, povećanje udarnog volumena i minutnog volumena srca te povećanju u volumenu krvi i promjenama u krvotoku. Navedene adaptacije detaljnije su obrađene u poglavlju o fiziologiji $VO_2\text{max}$ -a. Manja frekvencija otkucaja srca je "krajnja točka" u nizu prilagodbi krvožilnog sustava, te može se koristiti kao prediktor aerobnog kapaciteta (42).

Najprecizniji načini procjene rade se cikloergometrijom, budući da vožnja stacionarnog bicikla manje ovisi o čimbenicima poput atletskih vještina i koordinacije koji mogu utjecati na rezultate. Stoga vožnjom cikloergometra pokazuju se relativno male među individualne varijacije u rezultatima (38). Nadalje, cikloergometar prigodniji je iza osobe s prekomjernom tjelesnom masom ili nekom vrstom ograničenja kod hodanja, koračanja ili trčanja. Navedene prednosti vožnje bicikla dovele su do razvoja brojnih submaksimalnih cikloergometarskih testova za procjenu $VO_2\text{max}$ -a. Ti su testovi razvijeni na temelju linearnog odnosa između pulsa i snage koju netko proizvodi, odnosno otpora kojeg cikloergometar zadaje (10).

Jedan od tih testova za procjenu $VO_2\text{max}$ -a je cikloergometarski test Astrand-Rhyming (eng. *Astrand-Rhyming Cycle Ergometer Test*) (dalje u tekstu: Astrand test). Astrand test je razvijen u Švedskoj tijekom pedesetih i šezdesetih godina prošlog stoljeća. Tijekom godina zahvaljujući većim istraživanjima Astrand test se modificirao kako bi njegovi rezultati bili precizniji, jedna od glavnih promjena bila je uvođenje faktora korekcije specifičan za dob i spol (43). Astrand test provodi se na cikloergometru i traje 6 minuta. Ispitanik pedalira brzinom od 50 okretaja u minuti. Cikloergometar na početku pruža otpor od 450 kpm/min. Cikloergometar mjeri i mijenja otpor po protokolu ovisno o srčanoj frekvenciji ispitanika. Informacije o srčanoj frekvenciji cikloergometar prikuplja pomoću trake za mjerenje pulsa te na kraju testa automatski izbacuje podatak o $VO_2\text{max}$ -u (38).

3. CILJEVI I HIPOTEZE

Glavni cilj ovog istraživačkog bio je usporediti razlike u maksimalnom primitku kisika ($VO_2\max$) između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci tijekom izvođenja Astrand testa na cikloergometru. Specifični bili su istražiti postoji li razlika u prosječnoj frekvenciji pulsa tijekom izvođenja Astrand testa između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci. Nadalje, istražiti postoji li razlika u osjećaju napora pomoću Borgove ljestvice tijekom izvođenja Astrand testa između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci.

U skladu s glavnim ciljem i specifičnim ciljevima istraživanja, postavljene su sljedeće hipoteze:

H1: maksimalni primitak kisika ($VO_2\max$) tijekom izvođenja Astrand testa manji je kod studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci nego kod učenika Srednje medicinske škole u Rijeci

H2: prosječna frekvencija pulsa studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci viša je u usporedbi sa učenicima Srednje medicinske škole u Rijeci.

H3: osjećaj napora mjeran Borgovom skalom tijekom izvođenja Astrand testa veći je kod studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci u usporedbi sa učenicima Srednje medicinske škole u Rijeci.

4. ISPITANICI (MATERIJALI) I METODE

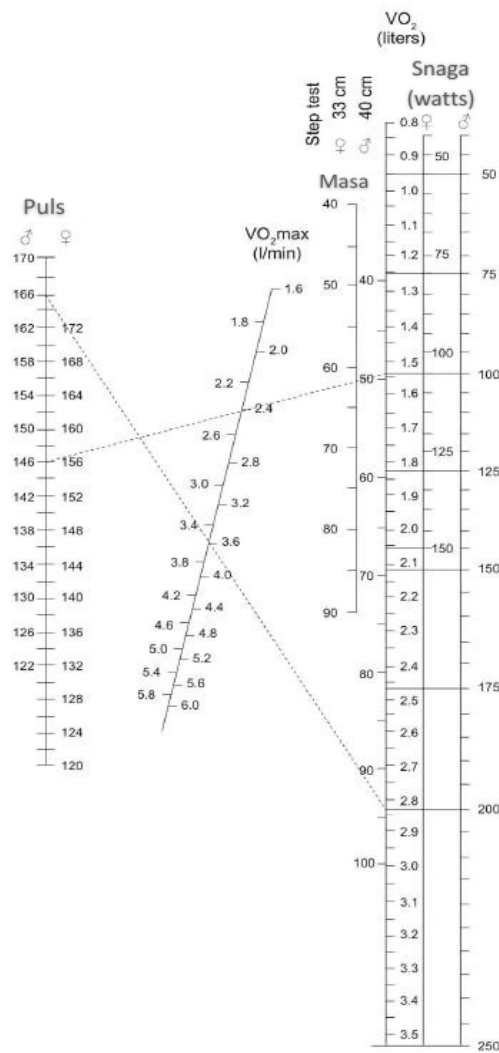
4.1.4.1. Ispitanici/materijali

Prigodni uzorak ovog istraživanja čini 39 ispitanika podijeljenih u 2 skupine. Prvu skupinu činilo je 16 učenika srednje medicinske škole u Rijeci od kojih je bilo 7 muškog spola i 9 ženskog spola. Drugu skupinu činilo je 23 studenata treće godine preddiplomskog studija fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci od kojih 11 muškog i 12 ženskog spola. Kriteriji uključenja za prvu skupinu bili su: pohađanje Srednje medicinske škole u Rijeci, dob od 17 do 18 godina, mogućnost izvođenja tjelesne aktivnosti. Kriteriji uključenja za drugu skupinu bili su: pohađanje treće godine preddiplomskog studija fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci, dob između 20 i 23 godina, mogućnost izvođenja tjelesne aktivnosti. Kriteriji isključenja za obje skupine bili su slijedeći: učenici i studenti ostalih srednjih škola ili fakulteta, prisustvo kroničkih ili akutnih oboljenja, ozljede lokomotornog sustava, propisana zabrana za tjelesnu aktivnost od strane liječnika. Istraživanje provelo se u nekoliko dana kroz mjesec Rujan 2023. godine u Atletskoj dvorani Kantrida po dogovoru sa Sportskim savezom osoba s invaliditetom grada Rijeke.

4.2.4.2. Postupak i instrumentarij

Podatci su prikupljeni pomoću submaksimalnog aerobnog fitnes testa pod nazivom *Astrand-Rhyming Cycle Ergometer Test* (Astrand test). Test se izvodio na stacionarnom cikloergometru švedskog proizvođača Monark, modela Monark LC4-G3. Istraživanje provelo se u nekoliko dana kroz mjesec Rujan 2023. godine u Atletskoj dvorani Kantrida po dogovoru sa Sportskim savezom osoba s invaliditetom grada Rijeke. Prije samog testa ispitanici su se 2 minute zagrijavali na cikloergometru bez otpora i kadencom od 40 okretaja u minuti. Zatim započeo je sam Astrand test koji se izvodio po standardnom protokolu. Testiranje trajalo je 6 minuta. Početni otpor koji cikloergometar daje ispitaniku pri početku testa je 450 kpm/min, a automatski se povećava ovisno o frekvenciji pulsa ispitanika. Primjerice, ako je nakon prve minute puls ispitanika niži od 100 otkucaja u minuti (eng. *beats per minute-bpm*) otpor se povećava za 300 kpm/min odnosno ako se puls nalazi između 100-105 bpm otpor se povećava za 150 kpm/min. Ako je nakon druge minute puls niži od 110 bpm opterećenje se ponovno povećava za 300 kpm/min, također se povećava ako se puls povećao za manje od 10 bpm u posljednjoj minuti, odnosno otpor se povećava za 150 kpm/min ako je puls između 110-115 bpm ili ako se povećao

za više od 10 ali za manje od 15 bpm u posljednjoj minuti. Nakon treće minute dolazi do povećanja opterećenja od 150 kpm/min ako je puls niži od 120 bpm i ako se povećao za manje od 5 bpm u posljednjoj minuti. Ako je razlika u broju otkucaja srca između kraja pete i šeste minute veća od 5 bpm test se nastavlja još jednu minutu. Monark cikloergometar je moguće kontrolirati putem prijenosnog računala. Računalna podrška za upravljanje cikloergometrom i prikupljanje podataka besplatna je i dostupna na stranicama proizvođača. Prije početka testa unesene su informacije o ispitaniku kao što su datum rođenja te visina i masa koje su se mjerile pomoću digitalne vage i metra. Ergometar prikupljao je podatke o brzini okretaja pedala u minuti, vremenu trajanja testa i opterećenju. Broj otkucaja u minuti prikupljao se je pomoću trake za mjerenje pulsa Garmin HRM- Dual™. Softver na kraju testiranja automatski je izračunavao rezultat VO_{2max} -a uz pomoć Astrandovog nomograma koji se bazira na povezanosti opterećenja i frekvencije otkucaja srca (Slika 2.).



Slika 2. Astrandov nomogram za izračunavanje VO_{2max} -a

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Fig-8-Astrand-Rhyming-nomogram_fig7_295853817)

Također, nakon početka testa, svake minute prikupljene se informacije o percipiranom naporu pomoću standardizirane Borgove ljestvice (Tablica 3.). Ljestvica je razvijena na način da se perceptivne ocjene napora linearno prate s povećanje opterećenja i frekvenciju srca tokom određene aktivnosti, kao npr. aerobnog testa. Vrijednosti ljestvice su od 6 do 20 te označavaju puls u rasponu od 60-200 otkucaja/min. To znači da vrijednost od 13 trebala bi približno označavati puls od 130 bpm (11). Pokazalo se da je Borgova ljestvica koristan alat za procjenu percipiranog napora tijekom vježbanja, te za propisivanje i prilagodbu intenziteta vježbanja u sportu i rehabilitaciji. Brojevi na ljestvici potkrijepljeni su kratkim opisom odgovarajućeg subjektivnog osjećaja naprežanja za tu razinu, na primjer "nikakav napor" (ocjena 6), "donekle teško" (ocjena 13) i "maksimalni napor" (ocjena 20) (38).

Tablica 3. Borgova ljestvica percipiranog napora

6	Nikakav napor
7	Vrlo, vrlo lagano
8	
9	Vrlo lagano
10	
11	Umjereno lagano
12	Umjereno teško
13	Donekle teško
14	
15	Teško
16	
17	Vrlo teško
18	
19	Vrlo, vrlo teško
20	Maksimalni napor

Izvor: https://www.health.gov.au/sites/default/files/images/publications/2021/05/allied-health-professional-resource-for-group-therapy-borg-scale_0.jpg)

Mogući problemi tijekom postupka testiranja bili su utjecaj vanjskih čimbenika ili nemogućnost završetka testiranja. Neki od vanjskih čimbenika koji su mogli utjecati na rezultate su greške ergometra i temperatura. Ergometar je kalibriran, mehanički i elektronički, prema uputama proizvođača prije testiranja kako bi rezultati bili precizni. Testiranje se izvodilo u klimatiziranom prostoru čija je temperatura bila konstantna. Mjerenja provedena su individualno, te autoru je pomogao suradnik. Svakom ispitaniku prije početka objašnjen je protokol i što se od njega očekuje. Objasnjena je Borgova ljestvica te da će se od ispitanika tražiti da svake minute pokaže ili izrekne ocjenu koja najbolje opisuje njegov percipirani osjećaj napora. Prije početka testiranja napomenuto je da ako prilikom izvođenja testa ispitanik se ne osjeća dobro, osjeća bilo kakvu bol ili neugodu upozori autora te da će se testiranje prekinuti. Također napomenuto je da u bilo kojem trenutku, slobodno i bez navođenja razloga smije odustati i povući se iz istraživanja.

3.3. Statistička obrada podataka

Varijabla maksimalni primitak kisika (VO_2max) javlja se u prvoj hipotezi, izražena je na omjernoj ljestvici a opisana je aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Varijabla frekvencija pulsa javlja se u drugoj hipotezi, izražena je na omjernoj ljestvici a opisana je aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Varijabla percipirani napor javlja se u trećoj hipotezi, izražena je na ordinalnoj ljestvici te je također opisana aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Za testiranje svih hipoteza koristio se t-test na razini značajnosti $p < 0.05$. Za statističku obradu podataka koristio se program Statistica 14.0.0.15 (TIBCO Software Inc.). Prilikom opisivanja općih podataka (spol i dob) te specifičnih podataka (VO_2max , puls, percipirani napor) korištena je deskriptivna statistika. Obradeni podatci prikazani su pomoću tablica i grafikona.

3.5. Etički aspekti istraživanja

Prije početka istraživanja ispitanicima je rečeno da je njihovo sudjelovanje dobrovoljno i da se slobodno i bez ikakvih posljedica mogu povući iz istraživanja u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga. Također prije početka istraživanja ispitanici morali su potpisati suglasnost o sudjelovanju u istraživanju u obliku informiranog pristanka. Prilikom obrade podataka imena ispitanika zamijenjena su kodom, kako bi se osigurala anonimnost ispitanika. Ispitanici informirani su o tajnosti prikupljenih podataka, kojima je raspolagao samo autor. Naglašeno je da je istraživanje anonimno te da će se podatci koristiti samo u svrhe izrade i objave završnog

rada. Istraživanje je niskog rizika no za njegovu provedbu zatražena je suglasnost Etičkog povjerenstva za biomedicinska istraživanja Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci radi moguće publikacije istraživanja.

5. REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 39 ispitanika podijeljenih u dvije skupine. Prvu skupinu činilo je 16 učenika srednje medicinske škole u Rijeci od kojih je bilo 7 (43,75%) muškog spola i 9 (56,25%) ženskog spola. Prosječna dob za prvu skupinu bila je 17,9 godina ($sd\pm 0,4$). Drugu skupinu činilo je 23 studenata treće godine preddiplomskog studija fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci od kojih 11 (47,83%) muškog i 12 (52,17%) ženskog spola. Prosječna dob za drugu skupinu bila je 21,13 godina ($sd\pm 0,92$). U Tablici 4. prikazani su opći podatci ispitanika. Dob ispitanika opisana je aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom.

Tablica 4. Opći podatci ispitanika

Skupina	N	Spol		Dob	
		M	Ž	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
Učenici	16	7	9	17,9	0,4
Studenti	23	11	12	21,13	0,92

Također izračunat je BMI za ispitanike pomoću visine i tjelesne mase formulom kg/m^2 . Prosječan BMI za sve učenike iznosi 24,42, za učenike muškog spola 23,88 dok za učenike ženskog spola 24,83. Prosječan BMI za sve studente iznosi 24,55, za studente muškog spola 23,65 dok za studente ženskog spola 25,54. Podatci analizirani su aritmetičkom sredinom te standardnom devijacijom te prikazani u slijedećoj tablici (Tablica 5.)

Tablica 5. Vrijednosti BMI-a ispitanika

Skupina	Aritmetička sredina	SD
Učenici M	23,88	2,01
Studenti M	23,65	2,45
Učenici Ž	24,83	3,09
Studenti Ž	25,54	2,99
Učenici ukupno	24,42	2,64
Studenti ukupno	24,55	2,83

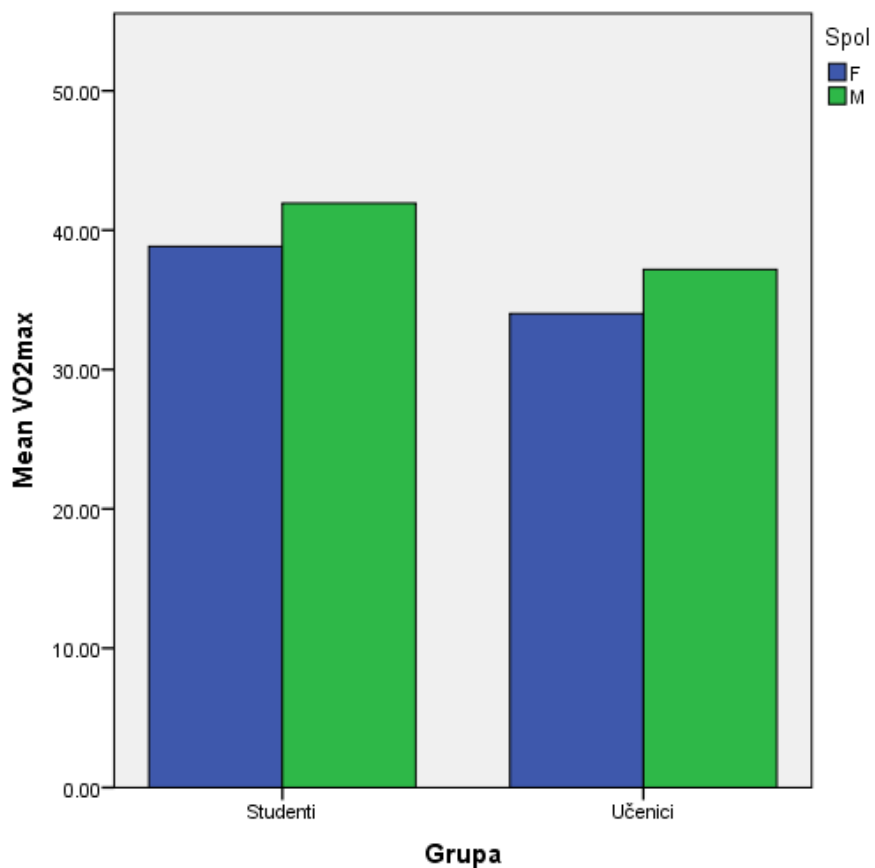
5.1. VO_2max

Glavni cilj istraživanja bio je usporediti VO_2max između učenika srednje medicinske škole u Rijeci i studenata treće godine preddiplomskog studija fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci. Podatci o VO_2max u nisu prikupljeni kod jednog učenika zbog previsokog pulsa te kod troje studenata; zbog nemogućnosti dovršetka testa (1), zbog pre niskog pulsa (1) te zbog previsokog pulsa (1).

Prosječni VO_2max za učenike iznosio je 35,28 ml/kg/min (sd±9,55 ml/kg/min), za učenike muškog spola 37,18 ml/kg/min (sd±8,77 ml/kg/min) dok za učenike ženskog spola 33,07 ml/kg/min (sd±4,7 ml/kg/min). Prosječni VO_2max za studente iznosi je 40,38 ml/kg/min (sd±9,56 ml/kg/min), za studente muškog spola 41,94 ml/kg/min (sd±10,23 ml/kg/min) dok za studente ženskog spola 35,28 ml/kg/min (sd±7,02 ml/kg/min). Podatci su prikazani u Tablici 5. te opisani aritmetičkom sredinom, standardnom devijacijom, standardnom pogreškom za obje skupine i oba spola posebno. Proveden je t-test na razini značajnosti $p < 0,05$ koji je pokazao da da ne postoji statistički značajna razlika u VO_2max -u između učenika i studenata ($p=0,094$), čime se prva hipoteza odbacuje. Štoviše, u našem uzorku je prosječna vrijednost za VO_2max veća za studente nego za učenike. Podatci su također grafički prikazani stupčastim dijagramom (Slika 3.).

Tablica 6. Razlika u VO₂max među skupinama

Skupina	N	Aritmetička sredina	SD	Standardna pogreška	
Učenici M	7	37,18	8,77	0,19	
Studenti M	10	41,94	10,24	0,17	
Učenici Ž	8	33,07	4,70	0,09	
Studenti Ž	10	35,28	7,02	0,10	p-vrijednost
Učenici ukupno	15	35.28	7.26	1.88	0,094
Studenti ukupno	20	40.39	9.56	2.14	



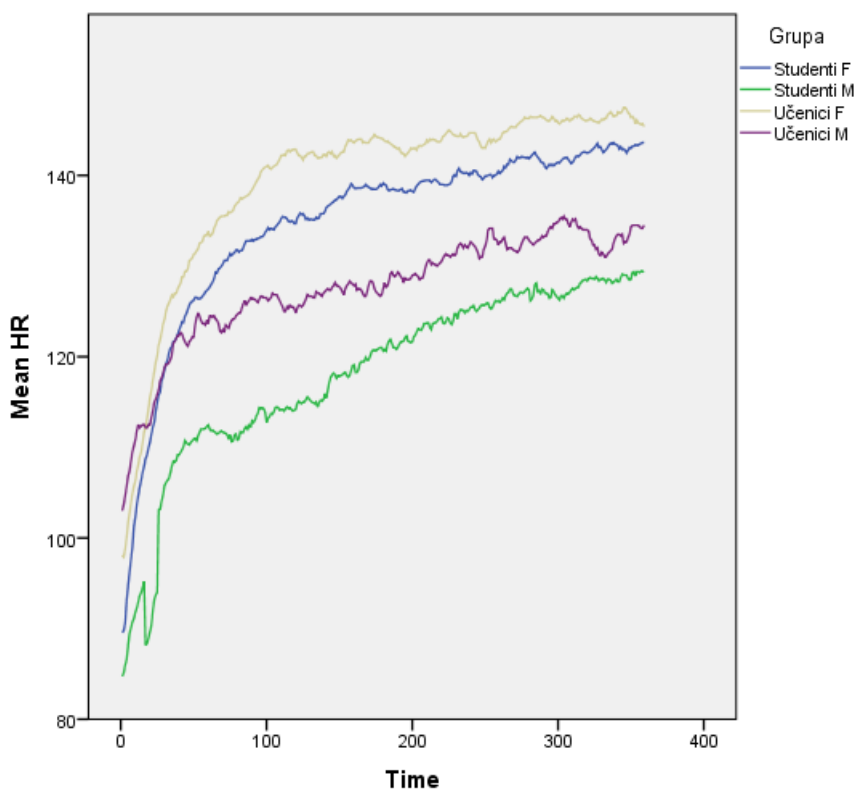
Slika 3. Grafički prikaz razlika u VO₂max-u među skupinama

5.2. Frekvencija pulsa tijekom izvođenja testa

Tablica 6. prikazuje vrijednosti frekvencije pulsa za obje skupine i oba spola. Vrijednosti su opisane aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom. Prosječni puls svih učenika srednje škole iznosi 134,69 bpm (sd± 15,81 bpm), za učenike muškog spola 127,26 bpm (sd±11,79 bpm) dok za učenike ženskog spola 139,15 bpm (sd±16,23 bpm). Prosječni puls kod studenata bio je 126,77 bpm (sd±18,87 bpm), za muške studente 117,94 bpm (sd± 15,81 bpm) dok za studente ženskog spola 134,25 bpm (sd± 17,99 bpm). Za ispitivanje druge hipoteze proveden je t-test na razini značajnosti $p=0,05$. Rezultati t-testa su na granici značajnosti ($p=0,052$). Gledajući prosječne vrijednosti pulsa među skupinama vidimo da je prosječni puls veći za učenike nego za studente te se druga hipoteza odbacuje. Također prikazan je linijski grafikon frekvencije pulsa prema skupinama i spolu (Slika 4.).

Tablica 7. Usporedba frekvencije pulsa prema skupini i spolu

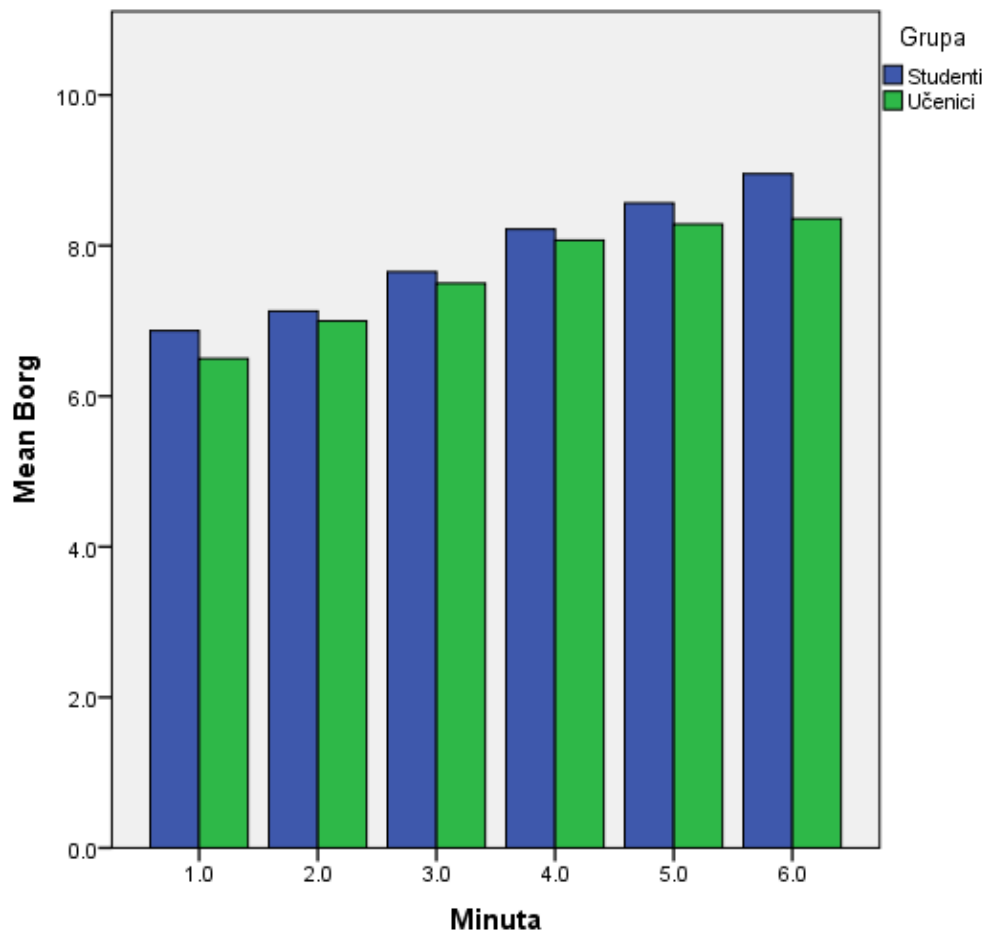
Skupina	Aritmetička sredina	SD	
Učenici M	127,26	11,79	
Studenti M	117,94	15,81	
Učenici Ž	139,15	16,23	
Studenti Ž	134,25	17,99	p-vrijednost
Učenici ukupno	134,69	15,81	0,052
Studenti ukupno	126,77	18,87	



Slika 4. Linijski grafikon frekvencije pulsa tijekom izvođenja testa

5.3. Percipirani osjećaj napora

Prosječni osjećaj napora po Borgovoj ljestvici tijekom cijelog testa kod učenika iznosi 7,62 ($sd \pm 1,42$; u rasponu od 6 do 12), kod učenika muškog spola 7,50 ($sd \pm 1,74$; u rasponu od 6 do 12) dok kod učenika ženskog spola 7,71 ($sd \pm 1,26$; u rasponu od 6 do 11). Prosječni osjećaj napora po Borgovoj ljestvici kod studenta iznosi 7,88 ($sd \pm 0,98$; u rasponu od 6 do 12), kod studenta muškog spola 7,68 ($sd \pm 1,00$; u rasponu od 6 do 11) dok kod studenta ženskog spola 8,03 ($sd \pm 0,97$; u rasponu od 6 do 12). Za testiranje treće hipoteze proveden je t-test na razini značajnosti $p < 0,05$. Rezultati testa pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika u percipiranom naporu tijekom izvođenja testa između skupina ($p = 0,477$), te je treća hipoteza odbačena. Slika 5. prikazuje vrijednosti percipiranog napora tijekom izvođenja testa stupčastim dijagramom. Vrijednosti prikupljene su svake minute te za obje skupine i posebno za svaku minutu izračunata je aritmetička sredina.



Slika 5. Grafički prikaz ocjena percipiranog napora za svaku minutu izvođenja testa

6. RASPRAVA

Glavni cilj istraživanja bio je ispitati postoji li razlika u maksimalnom primitku kisika između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci.

U istraživanju sudjelovalo je 39 ispitanika no zbog nemogućnosti dovršetka testa, previsokog ili pre niskog pulsa, za testiranje prve hipoteze korišteni su podaci 35 ispitanika. Iz prve skupine koristili su se podaci 15 učenika prosječne dobi 17.9 godina, dok za drugu skupinu koristili su se podaci 20 studenata prosječne dobi 21.13 godina. Prosječni VO₂max za učenike bio je 35.28 ml/kg/min dok za studente 40.38 ml/kg/min. T-testom ukazalo se da ne postoji statistički značajna razlika te je prva hipoteza odbačena. Štoviše VO₂max studenata bio je viši nego onaj od učenika što je suprotno od predviđenog.

Slične podatke pronašli su Ortega i sur. u svom istraživanju iz 2011. godine na 3428 ispitanika iz Europskih zemalja. Prosječan VO₂max za osamnaestogodišnje dječake iznosio je 49.6 ml/kg/min dok za djevojčice 38.6 ml/kg/min (44). U istraživanju Bandyopadhyay iz 2013. godine u kojemu su sudjelovali studenti prosječne dobi 22.1 godina dobiveni su slični rezultati, 38,95 ml/kg/min za muškarce i 35,90 ml/kg/min za žene (45). Mandsager i sur. 2018. godine dali su referentne vrijednosti za VO₂max prema dobnim skupinama. Za prosječnog muškarca dobi 18-19 godina VO₂max trebao bi biti između 42 i 46 ml/kg/min dok za muškarca dobi 20-29 godina očekuje se VO₂max između 40 i 43 ml/kg/min. Za prosječnu ženu u dobi 18-19 godina očekuje se VO₂max od 38 do 40 ml/kg/min dok za ženu dobi 20-29 godina od 33 do 36 ml/kg/min (4).

Ramos-Sepúlveda i sur. u svom istraživanju iz 2016. godine ispitivali su razne parametre tjelesne sposobnosti u djece od 10 do 18 godina Latino-Američkog podrijetla. Prosječan VO₂max za dječake od 17 do 18 godina bio je 52.2 ml/kg/min dok za djevojčice iste dobi 37.2 ml/kg/min (46). Ti su rezultati znatno viši od rezultata našeg istraživanja. Zanimljivo je da Ramos-Sepúlveda i sur. navode kao moguće faktore za više rezultate VO₂max-a nego u ostalim istraživanjima nekoliko socioekonomskih faktora. Navode kako djeca iz njihovog istraživanja nižeg su socioekonomskog statusa i većina njih dolazi iz ruralnih krajeva te da ta djeca provode više vremena na aktivan način nego njihovi vršnjaci iz većih sredina. Osim toga, u ruralnim područjima, djeca obično pomažu svojim roditeljima u radnim aktivnostima, smanjujući vrijeme za sjedilačke aktivnosti (46,47).

Nadalje, drugi razlog zbog kojeg su možda rezultati našeg istraživanja niži od ostalih je povezanost BMI-a i $VO_2\max$ -a. Steeg i sur. u svom istraživanju na Nizozemskom stanovništvu (BMI 26.1 kg/m²) primijetili su da su njihovi rezultati znatno viši od rezultata testiranja koja su provedena u Kanadi (BMI 27.3 kg/m²), Njemačkoj (BMI 27.4 kg/m²) ili SAD-u (BMI 29.1 kg/m²) (27). Oni nisu jedini koji su uspostavili negativnu korelaciju BMI-a i $VO_2\max$ -a (30).

Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (SZO) prosječni BMI za osobe dobi 17.9 godina trebao bi iznositi 21,7 za muški spol a za ženski spol 21,2 (48). Prosječan BMI za učenike muškog spola iz našeg uzorka je 23,88 a za učenike ženskog spola 24,83. U našem istraživanju samo je jedna osoba iz grupe učenika imala BMI minimalno ispod srednje preporučene vrijednosti a sve ostale iznad. 7 od 16 (43.75%) učenika nalazi se između +1SD i +2SD (između 24.7 i 29.5) odnosno imaju prekomjernu tjelesnu masu, a 1 (6.25%) ima debljinu (BMI>29,5). Gotovo se isti rezultati primjećuju u drugoj skupini u kojoj samo dvije osobe su ispod središnje vrijednosti od 21.7, 10 od 23 (43.48%) studenata ima prekomjernu tjelesnu težinu, s time da su još dvoje na samoj granici od 24.9 kg/m² (49).

Rezultati našeg istraživanja u skladu su sa rezultatima Europske zdravstvene ankete u Hrvatskoj iz 2019. godine. 34% odraslog stanovništva Republike Hrvatske u 2019. godini imalo je normalnu tjelesnu masu prema njihovom BMI-u, gotovo dvije trećine (65%) imalo je prekomjernu tjelesnu masu ili debljinu (42% prekomjernu tjelesnu masu i 23% debljinu). Ti su rezultati poražavajući jer nas stavljaju na sam vrh država članica Europske unije prema udjelu osoba s prekomjernom tjelesnom masom i debljinom (50). Naravno važno je napomenuti da dok BMI ima negativnu korelaciju sa $VO_2\max$ -om, postotak tjelesne masti ima znatno bolju korelaciju ($r = -0,33$; $r = -0,75$, $p < 0,001$) kao što su dokazali Mondal i sur. 2017. godine (51). Nažalost takve metode zahtijevaju skupu aparaturu dok se BMI može lako izračunati samo sa visinom i masom osobe te tako nastaje jedno ograničenje ovog istraživanja.

Kao što zaključuju Koch i sur. i Steeg i sur. u svom istraživanju $VO_2\max$ i BMI su u negativnoj korelaciji, što bi moglo objašnjavati rezultate našeg istraživanja. Autori tih radova zaključuju da povećanje BMI-a negativno utječe na aerobni kapacitet osobe te da promjene u životnom stilu rezultirale bi poboljšanjem oba parametra (27,30).

Naravno važno je napomenuti neka od ograničenja ovog istraživanja koja mogu utjecati na pouzdanost dobivenih rezultata kao što su mali broj ispitanika, ne ravnomjerna raspodjela među skupinama, te moguće varijacije indirektnog načina mjerenja $VO_2\max$ -a.

S obzirom na drugu postavljenu hipotezu, koja je ispitala postoji li razlika u prosječnoj frekvenciji pulsa tijekom izvođenja testa, rezultati su ukazali da nema statističke razlike ($p=0,052$), te se druga hipoteza odbacuje. Gledajući linijske prikaze pulsa, neovisno o skupini i spolu, primjećuje se sličan oblik krivulja. Vidi se kako na početku testa puls brzo raste tijekom prve dvije minute nakon čega, slijedeće tri minute, sporije raste te tijekom zadnje minute najmanje varira. Gledajući prosječne vrijednosti pulsa među skupinama vidimo da je prosječni puls veći za učenike nego za studente, što je suprotno od predviđenog. Prva pretpostavka bila da će VO_2max biti veći kod učenika nego kod studenata pošto VO_2max raste do osamnaeste godine u dječaka, a u djevojčica do između 14-te i 16-te godine, nakon čega opada sa starenjem (7). Pošto je veći VO_2max koreliran sa manjim pulsom za isti napor (17) zaključili smo da će puls tijekom izvođenja testa biti manji kod učenika.

Jedan od razloga zbog kojeg se primjećuje veći puls kod učenika mogla bi biti njihova manja dob. Dobro je poznato a puls, pogotovo maksimalni puls tijekom izvođenja aktivnosti, se smanjuje sa starenjem (52,53). Postoji mnogo istraživanja koja su probala definirati najbolji način za predviđanje maksimalne srčane frekvencije sa različitim formulama kao npr. $220 - \text{dob}$ (54), $221 - 0,95 \times \text{dob}$ (55) ili $206 - 0,88 \times \text{dob}$ (56). Rezultati tih istraživanja znatno variraju ovisno o drugim faktorima koju utječu na puls te još nije pronađen najprecizniji način za predviđanje maksimalnog pulsa, ali se sva istraživanja slažu da sa povećanjem dobi se maksimalni puls smanjuje (53). Mlađi ljudi većini slučajeva pokazuju više frekvencije pulsa tijekom tjelesne aktivnosti od stariji osoba ali više istraživanja je potrebno kako bi se uspostavio točan način predviđanja maksimalne frekvencije pulsa i njegovog odnosa sa dobi (57).

U trećoj hipotezi nastojali smo ispitati postoji li razlika u percipiranom naporu između skupina tijekom izvođenja testa. Prosječni osjećaj napora tijekom cijelog trajanja testa kvantificiran po Borgovoj ljestvici kod učenika iznosi 7,62 dok kod studenata iznosi 7,88. Dok percipirani napor je nešto veći kod studenata razlika nije statistički značajna te je treća hipoteza odbačena. Borgova ljestvica izrađena je na način da ocjene napora linearno prate povećanje opterećenja i frekvenciju srca tijekom određene aktivnosti (11). Srčana frekvencija tijekom određene aktivnosti blisko je povezana sa osjećajem napora. U ovo istraživanju, iako na rubu značajnosti, nema statistički značajnih razlika u pulsima između skupina. Zbog povezanosti ta dva faktora i velike sličnosti između skupina nema razloga zbog kojeg bi postojala razlika u percipiranom naporu između skupina za vrijeme izvođenja istog testa.

7. ZAKLJUČAK

Maksimalni primitak kisika vrijednost je koja izražava maksimalnu količinu kisika koju tijelo može iskoristiti tijekom određenog napora. Često se opisuje kao maksimalni aerobni kapacitet, odnosno sposobnost kardiorespiratornog sistema da dopremi kisik iz zraka u tkiva. Njegove vrijednosti uvelike variraju u populaciji gdje se najniže vrijednosti mogu pronaći kod starijih, neaktivnih i pretilih osoba a najviše kod vrhunskih sportaša sportova izdržljivosti. Vrlo je osjetljiv parametar te samo nekoliko tjedana treninga ili prestanka treninga mogu znatno utjecati na njega čineći ga odličnim pokazateljem kardiorespiratorne kondicije. Osim toga VO_2max je jedan od najbolje povezanih parametara sa duljinom života. Visok VO_2max negativno je koreliran sa svim vrstama smrtnosti bez uočljive gornje granice dobrobiti. Dobro poznati faktori rizika kao što su pušenje, koronarna bolest, dijabetes i sl. nose manji rizik smrtnosti nego nizak VO_2max odnosno niska kardiorespiratorna sprema što ukazuje na veliku važnost mjerenja i proučavanja tog parametra.

Glavni cilj ovog istraživanja bio je usporediti maksimalni primitak kisika između studenata treće godine fizioterapije Fakulteta zdravstvenih studija u Rijeci i učenika Srednje medicinske škole u Rijeci tijekom izvođenja Astrand testa na cikloergometru. Prosječni VO_2max bio je nešto viši u skupini studenata nego u skupini učenika (40,39 ml/kg/min prema 35,28 ml/kg/min). T-testom uspostavilo se da razlika u rezultatima nije statistički značajna. Sporedni ciljevi bili su usporediti postoji li razlika između prosječne frekvencije otkucaja srca i percipiranog osjećaja napora prema Borgovoj ljestvici između skupine studenata i skupine učenika. Iako je uočljivo da je puls studenata bio niži od pulsa učenika razlike u frekvenciji pulsa nisu bile statističke značajnosti. Te se razlike prepisuju fiziološkim razlikama između ispitanika jedne i druge skupine zbog različite dobi. Također razlike u percipiranom naporu između skupina bile su minimalne te nisu pokazale statističku značajnost.

Ovim istraživanjem želi se ukazati na važnost maksimalnog primitka kisika te na težinu posljedica koje niska razina kardiorespiratorne kondicije nosi sa sobom. Ovo istraživanje trebalo bi poslužiti za motivaciju pojedinca za zdravijim načinom života te obrazovnom i zdravstvenom sustavom za promicanje tjelesne aktivnosti ne samo u studenata i učenika već u cijeloj populaciji.

LITERATURA

1. Burtcher J, Millet GP, Burtcher M. Celebrating 100 years of VO₂max. QJM [Internet]. 2023 May 10 [cited 2023 Aug 17]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37162485/>
2. Hawkins MN, Raven PB, Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2007 Jan [cited 2023 Aug 17];39(1):103–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17218891/>
3. Shephard RJ. Maximal oxygen intake and independence in old age. Br J Sports Med [Internet]. 2009 May 1 [cited 2023 Aug 20];43(5):342–6. Available from: <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsm.2007.044800>
4. 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 Netw Open [Internet]. 2018 Oct 5 [cited 2023 Aug 18];1(6):e183605–e183605. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2707428>
5. Kokkinos P, Faselis C, Samuel IBH, Pittaras A, Doumas M, Murphy R, i sur.. Cardiorespiratory Fitness and Mortality Risk Across the Spectra of Age, Race, and Sex. J Am Coll Cardiol [Internet]. 2022 Aug 9 [cited 2023 Aug 22];80(6):598–609. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35926933/>
6. Zheng J, Pan T, Jiang Y, Shen Y. Effects of Short- and Long-Term Detraining on Maximal Oxygen Uptake in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Biomed Res Int [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 17];2022:2130993. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36017396/>
7. Black NE. Development of an Exercise Test to Predict VO₂max in Children and Adolescents and Adolescents BYU ScholarsArchive Citation BYU ScholarsArchive Citation. 2009 [cited 2023 Aug 18]; Available from: <https://scholarsarchive.byu.edu/etd>
8. Kim CH, Wheatley CM, Behnia M, Johnson BD. The Effect of Aging on Relationships between Lean Body Mass and VO₂max in Rowers. PLoS One [Internet]. 2016 Aug 1 [cited 2023 Aug 18];11(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26468829/>
9. Habibi E, Dehghan H, Moghiseh M, Hasanzadeh A. Study of the relationship between the aerobic capacity (VO₂ max) and the rating of perceived exertion based on the measurement of heart beat in the metal industries Esfahan. J Educ Health Promot [Internet]. 2014 [cited 2023 Aug 18];3:55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25077148/>
10. Astrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. J Appl Physiol [Internet]. 1954 [cited 2023 Aug 25];7(2):218–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13211501/>

11. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* [Internet]. 1990 [cited 2023 Aug 25];16(SUPPL. 1):55–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2345867/>
12. Fakultet K. Određivanje algoritma za izračunavanje maksimalnog primitak kisika kod rukometaša. 2016 Jun 8 [cited 2023 Aug 19]; Available from: <https://repozitorij.kif.unizg.hr/islandora/object/kif:217>
13. Giannuzzi P, Mezzani A, Saner H, Björnstad H, Fioretti P, Mendes M, i sur.. Physical activity for primary and secondary prevention. Position paper of the Working Group on Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology of the European Society of Cardiology. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation* [Internet]. 2003 Oct 28;10(5):319–27. Available from: <https://academic.oup.com/eurjpc/article/10/5/319-327/5934063>
14. John E. Hall. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*, 13th edition. 13th ed. Zagreb: MEDICINSKA NAKLADA; 2023.
15. Marača M. Master's thesis / Diplomski rad. 2016 [cited 2023 Aug 19]. Određivanje algoritma za izračunavanje maksimalnog primitak kisika kod rukometaša | Repozitorij Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Available from: <https://repozitorij.kif.unizg.hr/islandora/object/kif:217>
16. Attia P, Gifford B. *Outlive; The science and art of longevity*. London: Vermillion; 2023.
17. Astrand Per-Olof, Rodahl Kaare, Dahl Hans A, Stromme Sigmund B. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise - Per-Olof Åstrand - Google Books* [Internet]. [cited 2023 Aug 23]. Available from: https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=BC9SiAsUPqsC&oi=fnd&pg=PP9&dq=%C3%85strand+P-O,+Rodahl+K.+Textbook+of+Work+Physiology.+Physiological+Bases+of+Exercise.++McGraw-Hill,+Inc.%3B+1977.&ots=8Y3J3ZjpUs&sig=wxZM54fNhlNW_DPtCGQDAQ1UEE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
18. Ekblom B. Effect of physical training on oxygen transport system in man. *Acta Physiol Scand Suppl* [Internet]. 1968;328:1–45. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5741483>
19. Schutte NM, Nederend I, Hudziak JJ, Bartels M, de Geus EJC. Twin-sibling study and meta-analysis on the heritability of maximal oxygen consumption. *Physiol Genomics* [Internet]. 2016 Mar 1 [cited 2023 Aug 18];48(3):210–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26787216/>
20. Purge P, Jürimäe J, Jürimäe T. Hormonal and psychological adaptation in elite male rowers during prolonged training. *J Sports Sci* [Internet]. 2006 Oct [cited 2023 Aug 21];24(10):1075–82. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640410500432516>

21. Lucia A, Hoyos J, Perez M, Chicharro JL. Heart rate and performance parameters in elite cyclists: a longitudinal study. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2000 [cited 2023 Aug 22];32(10):1777–82. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11039652/>
22. Saltin B, Larsen H, Terrados N, Bangsbo J, Bak T, Kim CK, i sur.. Aerobic exercise capacity at sea level and at altitude in Kenyan boys, junior and senior runners compared with Scandinavian runners. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 1995 [cited 2023 Aug 22];5(4):209–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7552766/>
23. VO2 max World Records [Internet]. [cited 2023 Aug 19]. Available from: <https://www.topendsports.com/testing/records/vo2max.htm>
24. Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* [Internet]. 1967 Sep [cited 2023 Aug 25];23(3):353–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6047957/>
25. Larsen HB. Kenyan dominance in distance running. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* [Internet]. 2003 Sep;136(1):161–70. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1095643303002277>
26. Eriksen L, Grønbaek M, Helge JW, Tolstrup JS. Cardiorespiratory fitness in 16 025 adults aged 18-91 years and associations with physical activity and sitting time. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2016 Dec 1 [cited 2023 Aug 20];26(12):1435–43. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sms.12608>
27. van der Steeg GE, Takken T. Reference values for maximum oxygen uptake relative to body mass in Dutch/Flemish subjects aged 6–65 years: the LowLands Fitness Registry. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2023 Aug 20];121(4):1189–96. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-021-04596-6>
28. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis* [Internet]. 1985 May [cited 2023 Aug 30];131(5):700–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3923878/>
29. Wasserman K HJSDSWWBJ. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. *J Cardiopulm Rehabil* [Internet]. 1987 Apr [cited 2023 Aug 24];7(4):168–74. Available from: <https://journals.lww.com/jcrjournal/toc/1987/04000>
30. Koch B, Schaper C, Ittermann T, Spielhagen T, Dorr M, Volzke H, i sur.. Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy volunteers: the SHIP study. *European Respiratory Journal* [Internet]. 2008 Sep 17 [cited 2023 Aug 20];33(2):389–97. Available from: <http://erj.ersjournals.com/cgi/doi/10.1183/09031936.00074208>
31. Abarca-Gómez L, Abdeen ZA, Hamid ZA, Abu-Rmeileh NM, Acosta-Cazares B, Acuin C, i sur.. Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19·2 million participants. *The Lancet* [Internet]. 2016 Apr [cited 2023 Aug 20];387(10026):1377–96. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014067361630054X>

32. Buehler Ralph, Pucher John. Walking and cycling in Western Europe and the United States: Trends, policies, and lessons. TR NEWS [Internet]. 2012 [cited 2023 Aug 20];34–42. Available from: https://www.researchgate.net/publication/279579564_Walking_and_cycling_in_Western_Europe_and_the_United_States_Trends_policies_and_lessons
33. ACSM. ACSM’s Exercise Testing and Prescription. 10th Edition. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2017.
34. Ekblom B, Engström LM, Ekblom Ö. Secular trends of physical fitness in Swedish adults. Scand J Med Sci Sports [Internet]. 2006 May 23 [cited 2023 Aug 20];0(0):061120070736043-???. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2006.00531.x>
35. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR, Tudor-Locke C, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2011 Aug [cited 2023 Aug 24];43(8):1575–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21681120/>
36. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exerc [Internet]. 2007 Aug [cited 2023 Aug 24];39(8):1435–45. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17762378/>
37. Culotta CA. Respiration and the Lavoisier Tradition: Theory and Modification, 1777-1850. Transactions of the American Philosophical Society [Internet]. 1972 [cited 2023 Aug 23];62(3):3. Available from: <https://www.jstor.org/stable/1006083?origin=crossref>
38. Björkman FME. Validity and reliability of a submaximal cycle ergometer test for estimation of maximal oxygen uptake [Internet]. 2017 [cited 2023 Aug 18]. Available from: <urn:nbn:se:gih:diva-5095>
39. Shephard RJ. Open-circuit respirometry: a brief historical review of the use of Douglas bags and chemical analyzers. Eur J Appl Physiol [Internet]. 2017 Mar 1 [cited 2023 Aug 23];117(3):381–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28210818/>
40. Carter J, Jeukendrup AE. Validity and reliability of three commercially available breath-by-breath respiratory systems. Eur J Appl Physiol [Internet]. 2002 Mar [cited 2023 Aug 23];86(5):435–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11882930/>
41. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. Sports Med [Internet]. 2008 [cited 2023 Aug 23];38(1):37–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18081366/>
42. Physiology of Sport and Exercise - W. Larry Kenney, Jack H. Wilmore, David L. Costill - Google Books [Internet]. [cited 2023 Aug 23]. Available from: <https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=XoZGEEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kenney+WL,+Wilmore+JH,+Costill+DL.+Physiology+of+Sport+and+Exercise:+>

Human+Kinetics%3B+2015.&ots=uQ2jn9ve_H&sig=KpK_wsC3VCybIJe6X51REwf
2T9w&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

43. Astrand I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol Scand Suppl* [Internet]. 1960;49(169):1–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13794892>
44. Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodriguez G, et al. Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *Br J Sports Med* [Internet]. 2011 [cited 2023 Aug 29];45(1):20–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19700434/>
45. Bandyopadhyay A. Prediction of maximum oxygen uptake by using the heart rate ratio method in Indian university students. *J Hum Ergol (Tokyo)* [Internet]. 2013 Dec [cited 2023 Aug 29];42(1–2):55–63. Available from: https://www.researchgate.net/publication/271834891_Prediction_of_maximum_oxygen_uptake_by_using_heart_rate_ratio_method_in_Indian_university_students
46. Ramos-Sepúlveda JA, Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE, Izquierdo M, García-Hermoso A. Physical fitness and anthropometric normative values among Colombian-Indian schoolchildren. *BMC Public Health* [Internet]. 2016 Sep 13 [cited 2023 Aug 29];16(1). Available from: </pmc/articles/PMC5020445/>
47. Neto FA, Eto FN, Pereira TSS, Carletti L, Molina MDCB. Active and sedentary behaviours in children aged 7 to 10 years old: the urban and rural contexts, Brazil. *BMC Public Health* [Internet]. 2014 [cited 2023 Aug 29];14(1). Available from: </pmc/articles/PMC4251846/>
48. BMI-for-age (5-19 years) [Internet]. [cited 2023 Aug 30]. Available from: <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years/indicators/bmi-for-age>
49. CDC. Body Mass Index: Considerations for Practitioners. [cited 2023 Aug 30]; Available from: <http://apps.nccd.cdc.gov/dnpabmi/>
50. Musić Milanović S. Životne navike; Europska zdravstvena anketa u Hrvatskoj 2019. 2023 [cited 2023 Aug 28]; Available from: <https://www.hzjz.hr/wp-content/uploads/2023/03/EHIS-publikacija.pdf>
51. Mondal H, Mishra SP. Effect of BMI, Body Fat Percentage and Fat Free Mass on Maximal Oxygen Consumption in Healthy Young Adults. *J Clin Diagn Res* [Internet]. 2017 Jun 1 [cited 2023 Aug 30];11(6):CC17–20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28764152/>
52. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2001 Jan 1 [cited 2023 Aug 30];37(1):153–6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109700010548>
53. Nes BM, Janszky I, Wisløff U, Støylen A, Karlsen T. Age-predicted maximal heart rate in healthy subjects: The HUNT Fitness Study. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2013 Dec 1 [cited 2023 Aug 30];23(6):697–704. Available from: <https://onlineibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0838.2012.01445.x>

54. Fox SM, Naughton JP, Haskell WL. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Ann Clin Res* [Internet]. 1971 Dec [cited 2023 Aug 30];3(6):404–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4945367>
55. Sydó N, Abdelmoneim SS, Mulvagh SL, Merkely B, Gulati M, Allison TG. Relationship between exercise heart rate and age in men vs women. *Mayo Clin Proc* [Internet]. 2014 Dec 1 [cited 2023 Aug 30];89(12):1664–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25441400/>
56. Gulati M, Shaw LJ, Thisted RA, Black HR, Noel Bairey Merz C, Arnsdorf MF. Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women: the st. James women take heart project. *Circulation* [Internet]. 2010 Jul 13 [cited 2023 Aug 30];122(2):130–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20585008/>
57. De Araújo CGS, Duarte CV. Maximal heart rate in young adults: A fixed 188 bpm outperforms values predicted by a classical age-based equation. *Int J Cardiol* [Internet]. 2015 [cited 2023 Aug 30];184(1):609–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25769008/>

PRIVITCI

Privitak A: Popis ilustracija

Popis tablica

Tablica 1. Referentne vrijednosti za VO ₂ max prema dobnim skupinama	6
Tablica 2. Indeks rizika smrtnosti u odnosu na elitni aerobni kapacitet.....	9
Tablica 3. Borgova ljestvica percipiranog napora	15
Tablica 4. Opći podatci ispitanika	18
Tablica 5. Vrijednosti BMI-a ispitanika	19
Tablica 6. Razlika u VO ₂ max među skupinama	20
Tablica 7. Usporedba frekvencije pulsa prema skupini i spolu	21

Popis slika

Slika 1. Grafički prikaz opadanja VO ₂ max-a sa starenjem	7
Slika 2. Astrandov nomogram za izračunavanje VO ₂ max-a.....	14
Slika 3. Grafički prikaz razlika u VO ₂ max-u među skupinama	20
Slika 4. Linijski grafikon frekvencije pulsa tijekom izvođenja testa	22
Slika 5. Grafički prikaz ocjena percipiranog napora za svaku minutu izvođenja testa	23

ŽIVOTOPIS

Zovem se Carlo Žužić i rođen sam 12.10.2001. godine u Puli. Moj obrazovni put započinje 2008. godine upisom u Talijanske osnovne škole Bernardo Parentin u Poreču. Nakon završene osnovne škole, 2016. godine odlučujem upisati Talijansku srednju školu za Fizioterapeutskog tehničara u Rovinju gdje, zahvaljujući profesorima, moj interes za struku postaje sve veći. 2020 godine. Odlučujem nastaviti svoj obrazovni put u istome smjeru te upisujem preddiplomski stručni studiji fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Kliničku praksu odrađujem na više lokaliteta; prve godine studija u Poliklinici Scipion, druge godine studija u Thalassoterapiji u Opatiji te treće godine studija u Poliklinici Rakovac u Poreču.