

# Utjecaj okluzijskog treninga na hipertrofiju mišića i volumen opterećenja rekreativaca

---

**Palančević, Boris**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:265:125387>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Kinesiology Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Osijek

Sveučilišni prijediplomski studij Kineziologija

Boris Palančević

**UTJECAJ OKLUZIJSKOG TRENINGA NA HIPERTROFIJU  
MIŠIĆA I VOLUMEN OPTEREĆENJA REKREATIVACA**

Završni rad

Osijek, 2024. godina

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Osijek

Sveučilišni prijediplomski studij Kineziologija

Boris Palančević

**UTJECAJ OKLUZIJSKOG TRENINGA NA HIPERTROFIJU  
MIŠIĆA I VOLUMEN OPTEREĆENJA REKREATIVACA**

Završni rad

JMBAG: 0283012736

e- mail: bpalancevic@kifos.hr

Mentor: doc.dr.sc. Hrvoje Ajman

Osijek, 2024. godina

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Kinesiology Osijek  
University undergraduate study of Kinesiology

Boris Palančević

**THE EFFECT OF BLOOD-FLOW RESTRICTION TRAINING  
ON MUSCLE HYPERTROPHY AND TRAINING VOLUME IN  
RECREATIONAL ATHLETES**

Undergraduate thesis

Osijek, 2024

## IZJAVA

### O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Kineziološkog fakulteta Osijek, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju „Narodne novine“ broj 123/03., 198/03., 105/04., 174/04., 2/07.-Odluka USRH, 46/07., 63/11., 94/13., 139/13., 101/14.-Odluka USRH, 60/15.-Odluka USRH i 131/17.).
3. Izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

**Ime i prezime studenta:** Boris Palančević

**JMBAG:** 0283012736

**Službeni e-mail:** bpalancevic@kifos.hr

**Naziv studija:** Sveučilišni prijediplomski studij Kineziologija

**Naslov rada:** Utjecaj okluzijskog treninga na hipertrofiju mišića i volumen opterećenja rekreativaca

**Mentor završnog rada:** doc.dr.sc. Hrvoje Ajman

U Osijeku 10.09.2024. godine

Potpis



## Utjecaj okluzijskog treninga na hipertrofiju mišića i volumen opterećenja rekreativaca

### SAŽETAK

Sport i tjelesna aktivnost pružaju brojne fizičke, mentalne i socijalne benefite rekreativcima. Redovita tjelesna aktivnost ključna je za zdravlje, prevenciju kroničnih bolesti i poboljšanje tjelesne kondicije. Trening otpora, posebno trening okluzije (OT), koji uključuje restrikciju krvotoka, pokazao se učinkovitim za mišićnu hipertrofiju i snagu. Stoga je cilj ovog istraživanja utvrditi utjecaj okluzijskog treninga na hipertrofiju kod naprednih rekreativaca te na volumen opterećenja. Uzorak čine jedan muški (32 god, 180 cm, 93 kg) i jedan ženski ispitanik (26 god, 170 cm, 68 kg). Ispitanici su trenirali četiri puta tjedno; dva puta za gornji i dva puta za donji dio tijela, s OT primjenjenim na donji dio tijela. Hipertrofija je procijenjena mjerenjem opsega natkoljenice i potkoljenice u tri faze: inicijalno, tranzitivno (nakon prvog bloka treninga) i završno. Trening uključuje četiri serije nožne ekstenzije s OT, pri čemu je u prvoj seriji odrađeno 30 ponavljanja, a u ostale tri serije je odrađeno po 15 ponavljanja. Kod muškog ispitanika došlo je do povećanja opsega natkoljenice i potkoljenice nakon treninga s i bez OT, s većim povećanjem nakon OT. Suprotno od muškog ispitanika, kod ženske ispitanice zabilježeno je smanjenje opsega natkoljenice nakon OT, te povećanje opsega nakon bloka treninga bez primjene okluzije. Opseg obiju potkoljenica porastao je nakon treninga bez primjene okluzije, dok prilikom okluzijskog treninga nije došlo do promjene opsega u desnoj potkoljenici, dok se opseg lijeve potkoljenice smanjio nakon okluzijskog treninga u usporedbi s inicijalnim mjerenjem. Okluzijski trening može inducirati mišićnu hipertrofiju i snagu koristeći niske intenzitete, povećavajući metabolički stres. Brojne studije sugeriraju da OT može pružiti slične ili bolje rezultate u usporedbi s tradicionalnim treninzima te da primjena OT može biti korisna za brži oporavak i optimizaciju treninga, posebno u kombinaciji s tradicionalnim metodama. Okluzijski trening značajno doprinosi hipertrofiji i povećanju mišićne snage kod rekreativnih sportaša. Integracija OT s tradicionalnim treninzima može maksimizirati mišićni rast i snagu, pružajući sveobuhvatan pristup treningu.

**Ključne riječi:** restrikcija krvotoka, snaga, trening s opterećenjem

## **The effect of blood-flow restriction training on muscle hypertrophy and training volume in recreational athletes**

### **ABSTRACT**

Sport and physical activity offer numerous physical, mental, and social benefits to recreational athletes. Regular physical activity is essential for health, the prevention of chronic diseases, and the improvement of physical fitness. Resistance training, particularly occlusion training (OT), which involves blood flow restriction, has proven effective for muscle hypertrophy and strength. Therefore, the aim of this study is to determine the impact of occlusion training on hypertrophy in advanced recreational athletes. The sample consists of one male (32 years old, 180 cm, 93 kg) and one female participant (26 years old, 170 cm, 68 kg). The participants trained four times a week: twice for the upper body and twice for the lower body, with OT applied to the lower body. Hypertrophy was assessed by measuring the circumference of the thigh and calf in three phases: initial, transitional (after the first training block), and final. The training involved four sets of leg extensions with OT, with 30 repetitions in the first set and 15 repetitions in each of the remaining three sets. The male participant experienced an increase in thigh and calf circumference after training with and without OT, with greater increases observed after OT. In contrast to the male subject, the female subject showed a decrease in thigh circumference after occlusion training, and an increase after a block of training without occlusion. The circumference of both calves increased after training without occlusion, while during occlusion training, the circumference of the right calf remained the same, and the circumference of the left calf decreased compared to the initial measurement. Numerous studies suggest that OT can provide similar or better results compared to traditional training and that the application of OT may be beneficial for faster recovery and training optimization, especially when combined with traditional methods. Occlusion training significantly contributes to hypertrophy and the increase of muscle strength in recreational athletes. Integrating OT with traditional training methods can maximize muscle growth and strength, providing a comprehensive approach to training.

**Keywords:** blood flow restriction, resistance training, strenght

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Metode razvoja snage .....	2
1.1.1. Eksplozivna snaga.....	2
1.1.2. Repetitivna snaga .....	3
1.1.3. Statička snaga.....	4
1.1.4. Programi vježbanja za razvoj snage u sportskoj rekreaciji.....	5
1.2. Hipertrofija mišića .....	5
1.3. Trening s ciljem hipertrofije mišića .....	6
1.3.1. Forsirana ponavljanja.....	8
1.3.2. Opadajuće serije.....	8
1.3.3. Superserije.....	9
1.3.4. Teški negativni .....	9
1.4. Okluzijski trening.....	9
1.5. Dosadašnja istraživanja.....	10
<b>2. CILJ RADA</b> .....	12
2.1. Problem istraživanja.....	12
2.2. Hipoteze istraživanja .....	12
<b>3. METODE RADA</b> .....	13
3.1. Uzorak ispitanika .....	13
3.2. Mjerni instrumenti i varijable .....	13
3.3. Protokol istraživanja .....	14
<b>4. REZULTATI</b> .....	17
<b>5. RASPRAVA</b> .....	20
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	23
<b>7. LITERATURA</b> .....	25
<b>8. PRILOG</b> .....	29
<b>9. ŽIVOTOPIS</b> .....	30



## 1. UVOD

Sport i tjelesna aktivnost imaju izuzetno pozitivan utjecaj na rekreativce, nudeći brojne fizičke, mentalne i socijalne benefite. Redovita tjelesna aktivnost ključna je za održavanje zdravlja i prevenciju mnogih kroničnih bolesti, uključujući kardiovaskularne bolesti, dijabetes tipa 2 i pretilost. Osobe koje se bave sportom i redovitom tjelesnom aktivnošću često uživaju u boljoj tjelesnoj kondiciji, većoj mišićnoj snazi i fleksibilnosti te poboljšanoj koordinaciji i ravnoteži (WHO, 2010). Jedan od glavnih fizičkih benefita tjelesne aktivnosti za rekreativce je poboljšanje kardiovaskularnog zdravlja. Redovita tjelesna aktivnost pomaže u snižavanju krvnog tlaka, poboljšava cirkulaciju i povećava kapacitet pluća. Aktivnosti poput trčanja, biciklizma ili plivanja mogu značajno smanjiti razinu lošeg kolesterola i povećati razinu dobrog kolesterola u krvi. Nadalje, mentalne prednosti tjelesne aktivnosti jednako su važne. Fizička aktivnost dokazano smanjuje simptome stresa, anksioznosti i depresije. To se postiže kroz oslobađanje endorfina koji poboljšavaju raspoloženje i stvaraju osjećaj zadovoljstva (WHO, 2010). U treningu s otporom (trening snage ili trening s utezima) kod rekreativaca, koristi se vanjsko opterećenje poput utega, elastičnih traka ili vlastita tjelesna težina za povećanje mišićne snage, izdržljivosti i mase (Bodine, 2001) te pruža brojne benefite za tjelesno i mentalno zdravlje.

Posljednjih godina, okluzijski trening (OT) ili trening restrikcije krvotoka dobio je sve veću pozornost u znanstvenoj zajednici te je utvrđeno da primjenom podveza ili manžeta na napuhavanje na proksimalnom dijelu uda OT trening s niskim opterećenjem (20–30% od 1RM) potiče mišićnu hipertrofiju i povećanje snage kao i nakon programa treninga s velikim opterećenjem (Karabulu, 2010). Trening okluzije izvorno je razvijen u Japanu gdje je poznatiji kao KAATSU trening. U normalnim uvjetima, najprije se regrutiraju spora vlakna, a kako se intenzitet povećava regrutiraju se brza vlakna. U ishemijskim uvjetima, brza vlakna se regrutiraju čak i ako je intenzitet nizak. Trening okluzije rezultira s nekoliko promjena na tijelu. Akumulacija metaboličkih nusproizvoda primarni je mehanizam koji stoji iza vidljivih benefita kod okluzijskog treninga. Akumulacija laktata u krvi, laktata u plazmi i laktata u mišićnim stanicama zbog okluzije krvotoka (smanjenog vaskularnog protoka) dovodi do povećanja hormona rasta (Takarada, 2000). Ovaj efekt se pokazao značajnim zato što je poznato da hormon rasta stimulira kiselo intramuskularno okruženje. Isto tako utvrđeno je da trening s otporom niskog intenziteta povećava sintezu mišićnih proteina (Loenneke, 2009). Sustav okluzijskog treninga pokazao se najučinkovitijim na donjim udovima zbog velikih mišićnih

skupina. Biceps brachii mnogo je manji u popriječnom presjeku od m. quadricepsa, a metabolički stres izazvan djelomičnom vaskularnom okluzijom bio bi manje raširen i mogao bi potencijalno oslabiti neke od odgovora laktata na mišićni rad (Reeves, 2006). Iako nije tako učinkovit, pokazalo se da trening okluzije niskog intenziteta također može pružiti dobrobiti i u gornjem dijelu tijela. Okluzija se može pojaviti korištenjem KAATSU aparata ili praktičnije kroz elastične trake za koljena. Elastične trake za koljena mogu se omotati oko proksimalnog dijela ciljanog mišića, a tlak može biti čak i relativno nizak. Pokazalo se da su korisni učinci koji se javljaju na niskim razinama već od 50 mm Hg, iako će većina koristiti tlak od 100 mm Hg jer je to dovoljan podražaj za okluziju venskog protoka krvi, što uzrokuje nakupljanje krvi u žilama distalno od manžeta, a u konačnici ograničava arterijski protok krvi (Sumide, 2009).

### **1.1. Metode razvoja snage**

Motoričke sposobnosti su sposobnosti koje određuju potencijal osobe u izvođenju motoričkih manifestacija, tj. jednostavnih i složenih voljnih kretnji koje se izvode djelovanjem skeletnih mišića (Sekulić i Metikoš, 2007). Tako se struktura motoričkih sposobnosti dijeli na mehanizam za reguliranje kretanja i mehanizam za energetske regulaciju. Upravo motoričke sposobnosti u kojima prevladava mehanizam za energetske regulaciju nazivaju se još i generalni faktor snage, tj. sve vrste snage (Sekulić i Metikoš, 2007). Sve dimenzije snage međusobno su visoko korelirane što znači da ako kod osobe dominira jedna vrsta snage većinom će dominirati i druge vrste snage. Podjela snage prema Sekuliću i Metikošu (2007):

- eksplozivna snaga
- sila mjerena dinamometrom
- repetitivna snaga
- statička snaga

Andrijašević (2010) naglašava kako se u rekreaciji najčešće razvija repetitivna snaga te da je snaga motorička sposobnost koja je najmanje urođena ali se u odnosu na druge motoričke sposobnosti na nju može najviše utjecati.

#### **1.1.1. Eksplozivna snaga**

Eksplozivna snaga je sposobnost da se maksimalna sila proizvede u što kraćem vremenu (Sekulić i Metikoš, 2007). Milanović (2013) navodi kako eksplozivna snaga sportašu omogućava davanje maksimalnog ubrzanja vlastitom tijelu, nekom predmetu ili partneru.

Eksplozivna snaga se dijeli na: eksplozivnu snagu tipa bacanja, skoka, udarca i sprinta. Milanović (2013) navodi da je za razvoj eksplozivne snage potrebno primijeniti metodu visoko intenzivnog rada 50-70% od 1RM, od četiri do osam ponavljanja, u četiri do pet serija po vježbi sa pauzama od tri do pet minuta između serija te da tempo izvođenja mora biti eksplozivan (Tablica 1). Andrijašević (2010) navodi kako je razvoj eksplozivne snage u sportu nužan za daljnji napredak, ali da se u sportskoj rekreaciji vrlo rijetko koristi zbog visoke mogućnosti pojave ozljeda.

Tablica 1. Primjena metode eksplozivnih dinamičkih podražaja prema Milanović (2013)

<b>Metoda eksplozivnih dinamičkih podražaja</b>	
Intenzitet – vanjsko opterećenje u %	50-70
Broj ponavljanja	4–8
Broj serija po vježbi	4-5
Trajanje odmora u minutama	3-5
Broj vježbi na treningu	3-4
Tempo izvođenja	Eksplozivan
Aktivnost u pauzi	Vježbe istezanja i opuštanja

### 1.1.2. Repetitivna snaga

Repetitivna snaga je sposobnost radno angažirane muskulature da određenu dinamičku kretnju izvodi što je dulje moguće (Sekulić i Metikoš, 2007). Podjela ove sposobnosti prema istim autorima je sljedeća:

- apsolutna repetitivna snaga- svladavanje vanjskog opterećenja
- relativna repetitivna snaga- svladavanje težine vlastitog tijela

Milanović (2013) navodi metodu ekstenzivnog rada kao najoptimalniju za razvoj repetitivne snage uz 40-60 % 1RM, 1-15 ponavljanja, sedam do devet serija po vježbi sa pauzama od 45-90 sekundi uz umjeren do ubrzan-standardan ili varijabilan tempo. Uz to

Sekulić (2015) navodi da su tri metode vježbanja ključna za razvoj repetitivne snage a to su: standardna metoda, ekstenzivna metoda i intenzivna metoda (Tablica 2). Repetitivna snaga najbolje se razvija nižim i srednjim opterećenjem uz korištenje slobodnih utega poput šipki, medicinskih guma, bućica te uz pomoć sprava (Andrijašević, 2010).

Programi vježbanja za razvoj repetitivne snage istodobno utječu i na razvoj ravnoteže, mišićne izdržljivosti, pravilnog držanja tijela, poboljšanje koordinacije, te imaju važnu ulogu u povećanju učinkovitosti sposobnosti sustava za kretanje (Andrijašević, 2010).

Tablica 2. Prikaz različitih metoda vježbanja za razvoj repetitivne snage prema Sekulić (2015)

	Standardna	Ekstenzivna	Intenzivna
Tempo rada	Umjeren	Umjeren	Umjeren
Opterećenje u % od 1RM	80	60-70	85-95
Broj ponavljanja	7-10	12-20	5-8
Broj serija po vježbi	3-5	3-5	3-5
Odmor	3-5 min	60-120 sec	3 min
Broj vježbi	5-8	5-8	5-8
Frekvencija treninga tjedno	2-4	2-4	2-4

### 1.1.3. Statička snaga

Statička snaga je sposobnost radno angažirane muskulature da statički podražaj održava što je dulje moguće (Sekulić i Metikoš, 2007). Muskulatura u ovoj vrsti snage je pod stalnom kontrakcijom bez relaksacije. Također, Sekulić i Metikoš (2007) dijele statičku snagu na apsolutnu statičku snagu i relativnu statičku snagu. Najbolji primjer relativne statičke snage je vježba izdržaj u uporuu na podlakticama. Milanović (2013) smatra da je za razvoj statičke snage broj serija po vježbi pet dok bi broj vježbi na treningu trebao biti tri te da pauza između serija treba biti pet minuta jer dolazi do maksimalnog izometričkog naprezanja.

#### **1.1.4. Programi vježbanja za razvoj snage u sportskoj rekreaciji**

Andrijašević (2010) preporuča da se u sportskoj rekreaciji 25-40 % ukupnog vremena vježbanje usmjeri ka razvoju snage. Važno je odrediti cilj pojedinca i na taj način sastaviti odgovarajući plan i program. Smatra se da je korištenje sprava u rekreaciji znatno utjecalo na ubrzavanje procesa razvoja snage. Kvalitetnim izborom vježbi može se ravnomjerno razvijati jakost cijelog tijela ali istodobno utjecati i na utrošak energije koji će potom dovesti do smanjenja potkožnog masnog tkiva. Opterećenje se kao i u svim drugim programima vježbanja prilagođava pojedincu. U današnje vrijeme grupni programi vježbanja najpopularniji su na svijetu, a sami treninzi mogu se provoditi u frontalnom, kružnom, staničnom i cirkularnom obliku. Postoji niz novih programa vježbanja koji također utječu na razvoj snage poput AMRAP treninga, EMOM treninga, pilatesa, joge, aerobike, itd. Od rekvizita koriste se razne šipke, bučice, step klupice, TRX, pilates lopte i obruči, medicinke, nožni utezi s pijeskom, elastične trake, itd. Glazba se smatra neizostavnim djelom u grupnim fitness programima jer služi za podizanje motivacije (Schelert, 1996).

#### **1.2. Hipertrofija mišića**

Tijekom treninga hipertrofije, kontraktilni elementi se povećavaju, a izvanstanični matriks se širi kako bi podržao rast. To je u suprotnosti s hiperplazijom, koja rezultira povećanjem broja vlakana unutar mišića. Kontraktilna hipertrofija može nastati ili dodavanjem sarkomera u nizu ili paralelno. Većina hipertrofijskih efekata izazvanih vježbanjem prema tradicionalnim programima treninga otpora rezultat su povećanja sarkomera i miofibrila dodanih paralelno. Kada je skeletni mišić podvrgnut stimulansu preopterećenja, to uzrokuje poremećaje u miofibrima i povezanom izvanstaničnom matriksu. Ovo pokreće lanac miogenih događaja koji u konačnici dovode do povećanja veličine i količine miofibrilarnih kontraktilnih proteina aktina i miozina, te ukupnog broja paralelnih sarkomera. To zauzvrat povećava promjer pojedinačnih vlakana i time rezultira povećanjem površine poprečnog presjeka mišića (Schoenfeld, 2010).

Dokazano je da se hipertrofija u seriji događa kada je mišić prisiljen prilagoditi se novoj funkcionalnoj duljini. To se vidi kod udova koji se stavljaju u gips, gdje imobilizacija zgloba na velikim duljinama mišića rezultira povećanim brojem sarkomera u nizu, dok imobilizacija na kraćim duljinama uzrokuje smanjenje. Pretpostavlja se da hipertrofija može biti pojačana povećanjem različitih nekontraktilnih elemenata i tekućine. To je nazvano "sarkoplazmička

hipertrofija" i može rezultirati većom mišićnom masom bez istodobnog povećanja snage. Smatra se da je povećanje sarkoplazmatske hipertrofije specifično za trening koje pokazuju da je mišićna hipertrofija drugačija kod bodybuildera nego kod powerliftera. Konkretno, bodybuilderi pokazuju veću proliferaciju fibroznog endomizijalnog vezivnog tkiva i veći sadržaj glikogena u usporedbi s powerlifterima, vjerojatno zbog razlika u metodologiji treninga. Iako se sarkoplazmatska hipertrofija često opisuje kao nefunkcionalna, moguće je da kronične prilagodbe povezane s njezinim učincima na oticanje stanica mogu posredovati naknadnim porastima sinteze proteina koji dovode do većeg kontraktilnog rasta (Schoenfeld, 2010).

Hormoni i citokini (interleukin-5 i interleukin-6) igraju važnu ulogu u hipertrofičnom odgovoru, služeći kao regulatori anaboličkih procesa. Povišene koncentracije anaboličkih hormona povećavaju vjerojatnost interakcija receptora, olakšavajući metabolizam proteina i kasniji rast mišića. Mnogi su također uključeni u proliferaciju i diferencijaciju satelitskih stanica i možda olakšavaju vezanje satelitskih stanica na oštećena vlakna kako bi pomogli u obnavljanju mišića. Tri najčešće proučavana od ovih hormona su faktor rasta sličan inzulinu (IGF-1), testosteron i hormon rasta (GH) (Schoenfeld, 2010).

### **1.3. Trening s ciljem hipertrofije mišića**

Hipertrofija mišića predstavlja povećanje mišićne mase, što je ključni cilj mnogih pobornika fitnessa i sportaša. Trening hipertrofije specifično je osmišljen kako bi potaknuo rast mišićnih vlakana kroz različite metode vježbanja i manipulaciju trening varijablama. U osnovi, hipertrofija se postiže kombinacijom mehaničkog naprezanja, metaboličkog stresa i oštećenja mišićnih vlakana (Helms i sur., 2015).

Mehaničko naprezanje odnosi se na sile koje djeluju na mišiće tijekom podizanja tereta, dok metabolički stres uključuje nakupljanje metabolita kao što su laktat i vodikovi ioni, koji nastaju tijekom intenzivnog vježbanja. Oštećenje mišićnih vlakana, koje se javlja tijekom ekscentričnih kontrakcija, također doprinosi rastu mišića kroz proces oporavka i adaptacije. Osnovne komponente treninga hipertrofije uključuju volumen, učestalost, intenzitet, izbor vježbi, vrstu mišićne aktivacije, duljinu intervala odmora, trajanje ponavljanja, redoslijed vježbi i raspon pokreta (ROM). Svaka od ovih varijabli igra ključnu ulogu u dizajniranju učinkovitog programa za povećanje mišićne mase. Volumen se odnosi na ukupan broj ponavljanja i setova izvedenih tijekom treninga. Učestalost se odnosi na broj treninga po tjednu, dok intenzitet označava postotak maksimalnog opterećenja koje se koristi u vježbi. Izbor vježbi i vrsta mišićne

aktivacije (koncentrične, ekscentrične i izometrične kontrakcije) utječu na specifične mišićne skupine i njihove odgovore na trening (Schoenfeld, 2020). Intervali odmora između setova, trajanje ponavljanja i redosljed vježbi također su važni faktori koji mogu utjecati na hipertrofiju. Korištenje punog raspona pokreta (ROM) često donosi veće hipertrofične koristi u usporedbi s djelomičnim ROM-om (Schoenfeld, 2010). Vrijeme potrebno između serija naziva se interval odmora. Intervali odmora mogu se klasificirati u tri široke kategorije: kratki (30 sekundi ili manje), umjereni (60-90 sekundi) i dugi (tri minute ili više). Korištenje svake od ovih kategorija ima različite učinke na kapacitet snage i nakupljanje metabolita, čime utječe na hipertrofični odgovor. Kratki intervali odmora imaju tendenciju generiranja značajnog metaboličkog stresa, čime se pojačavaju anabolički procesi povezani s nakupljanjem metabolita. Međutim, ograničavanje odmora na 30 sekundi ili manje ne dopušta dovoljno vremena sportašu da povрати mišićnu snagu, značajno narušavajući mišićnu izvedbu u sljedećim serijama. Stoga su hipertrofične dobrobiti povezane s većim metaboličkim stresom naizgled uravnotežene smanjenim kapacitetom snage, čineći kratke intervale odmora nepovoljnima za maksimiziranje mišićne hipertrofije (Ratamess, 2007).

Dugi intervali odmora omogućuju potpuni oporavak snage između serija, olakšavajući sposobnost treniranja s maksimalnim kapacitetom snage. Pokazalo se da intervali odmora od tri do pet minuta omogućuju izvedbu većih ponavljanja tijekom više serija kada se trenira s opterećenjem između 50 i 90% od 1RM, no ovo može rezistirati anabolički pogon, smanjujući maksimalni hipertrofični odgovor (Schoenfeld, 2010).

Otkazivanje mišića može se definirati kao točka tijekom serije kada mišići više ne mogu proizvesti potrebnu silu za koncentrično podizanje određenog tereta. Iako su zasluge treninga do otkaza još uvijek predmet rasprave, općenito se vjeruje da je trening do mišićnog otkaza neophodan kako bi se maksimizirao hipertrofični odgovor. Sa stajališta hipertrofije, brzina kretanja može imati veću važnost za ekscentričnu komponentu ponavljanja. Iako se pokazalo da koncentrične i izometrične kontrakcije proizvode hipertrofični odgovor, čini se da većina studija pokazuje da ekscentrične radnje imaju najveći učinak na razvoj mišića (Schoenfeld, 2010).

Dobro je prihvaćeno načelo fitnessa da različiti parametri vježbe (tj. kut povlačenja, položaj ekstremiteta itd.) mogu uzrokovati različite obrasce aktivacije unutar mišićnih odjeljaka i učiniti sinergiste aktivnijima ili manje aktivnima. Ovo je posebno važno u protokolu usmjerenom na hipertrofiju, gdje je promicanje ravnomjernog rasta mišićnog tkiva ključno za

maksimiziranje ukupnog opsega mišića. Regionalne razlike unutar različitih mišića mogu utjecati na njihov odgovor na izbor vježbi. Na primjer, spora i brza mišićna vlakna često su razbacana po mišićima, tako da se sporo kontrahirajuće vlakno može aktivirati dok je susjedno brzokontrahirajuće vlakno neaktivno i obrnuto (Bloomer, 2010). Višezglobne vježbe angažiraju velike količine mišićne mase za obavljanje rada. Ovo ima utjecaj na anabolički hormonalni odgovor na trening. Konkretno, pokazalo se da je veličina hormonalnih povišenja nakon vježbanja povezana s opsegom uključene mišićne mase, pri čemu višezglobni pokreti proizvode veća povećanja i razine testosterona i hormona rasta u usporedbi s vježbama s jednim zglobom. S druge strane, jednozglobne vježbe omogućuju veći fokus na pojedinačne mišiće u usporedbi s višezglobnim pokretima. Tijekom izvođenja višezglobnih pokreta, određeni glavni pokretači mogu imati prednost nad drugima, stvarajući hipertrofičnu neravnotežu između mišića. Korištenje vježbi s jednim zglobom može selektivno ciljati na nerazvijene mišiće, poboljšavajući mišićnu simetriju. Štoviše, jedinstvena arhitektura pojedinačnih mišića sugerira da korištenje pokreta s jednim zglobom može izazvati različite obrasce neuromuskularne aktivacije koji povećavaju ukupni razvoj mišića (Bodine, 2001)

Sve ove komponente zajedno doprinose stvaranju optimalnog okruženja za rast mišića, omogućujući pojedincima da postignu svoje ciljeve vježbanja na najučinkovitiji način. Razumijevanje i pravilna primjena ovih principa ključni su za uspješan program treninga hipertrofije. Postizanje hipertrofije mišića zahtijeva primjenu raznovrsnih tehnika koje učinkovito stimuliraju mišićna vlakna za maksimalan rast. Među najučinkovitijim metodama su forsirana ponavljanja, opadajuće serije, superserije i teški negativni (Ogborn, 2004).

### **1.3.1. Forsirana ponavljanja**

Forsirana ponavljanja podrazumijevaju asistenciju tijekom izvođenja dodatnih ponavljanja nakon što vježbač više ne može samostalno podići težinu. Ova tehnika omogućuje dodatno opterećenje mišića, što može povećati intenzitet treninga i stimulirati mišićni rast (Schoenfeld, 2011).

### **1.3.2. Opadajuće serije**

Opadajuće serije slične su forsiranim ponavljanjima, ali ne zahtijevaju prisutnost asistenta. Ova metoda uključuje smanjenje težine nakon što se dosegne mišićno otkazivanje, te



nastavak vježbanja s manjom težinom. To omogućuje kontinuirani rad mišića, povećavajući umor i potencijal za rast (Schoenfeld, 2011).

### **1.3.3. Superserije**

Superserije su tehnika treninga snage koja uključuje izvođenje dvije vježbe bez odmora između njih. Postoje dva glavna načina izvođenja superserija: setovi suprotstavljenih mišićnih grupa i setovi istih mišićnih grupa. Prva metoda uključuje rad na dvije različite mišićne skupine, dok druga metoda uključuje dvije vježbe za istu mišićnu skupinu. Ove metode smanjuju vrijeme odmora i povećavaju metabolički stres i umor mišića, što može pomoći u postizanju hipertrofije (Quinn, 2022).

### **1.3.4. Teški negativni**

Teški negativni fokusiraju se na ekscentrične kontrakcije s težinom većom od maksimalne težine koju vježbač može podići koncentrično (1RM). Ova tehnika zahtijeva asistenciju za podizanje težine, dok se ekscentrična faza izvodi samostalno. Teški negativni dokazano povećavaju sintezu proteina i potiču veći mišićni rast, no također mogu povećati rizik od pretreniranosti, stoga je važno koristiti ovu tehniku s oprezom (Willardson, 2007; Schoenfeld, 2010).

Ove napredne tehnike treninga pružaju raznolike i učinkovite pristupe za postizanje hipertrofije mišića. Svaka tehnika nudi specifične prednosti i može se prilagoditi individualnim ciljevima i potrebama vježbača. Kombiniranjem ovih metoda, sportaši i rekreativni vježbači mogu maksimalno iskoristiti svoje treninge i postići značajne rezultate u mišićnom rastu.

## **1.4. Okluzijski trening**

Okluzijski trening također se naziva i trening restrikcije krvotoka. Ova vrsta treninga pogodna je za osobe s ozljedama ili fizičkim ograničenjima, ali i za vrhunske sportaše i rekreativce kako bi izgradili mišiće. Cilj treninga okluzije je povećanje snage. Kod zdravih osoba trening okluzije će dovesti do povećanja opsega mišića i snage. Trening okluzije također pomaže ljudima u procesu oporavka od operacija i ozljeda. Prilikom primjene okluzijskog treninga treba obratiti pozornost na odgovarajuće trake za takvu metodu trening. Trake se

postavljaju proksimalno na ekstremitet i osnovni princip djelovanja je okluzija, odnosno ograničavanje venskog protoka na treniranom ekstremitetu (Abe, 2006). U svijetu tjelesnog vježbanja i sporta poznato je da je za hipertrofiju mišića najučinkovitiji trening snage s dodatnim otporom, odnosno opterećenjem. Za kvalitetne učinke takvog treninga potreban je rad na intenzitetu od 60-80% individualnog maksimalnog ponavljanja (1RM). Nažalost, ozljede su sastavni dio rekreativnog i profesionalnog vježbanja, kao i bavljenja sportom. Većina sportaša doživjela je neku vrstu ozljede koja im je narušila uobičajeno treniranje i bavljenje sportom, bilo da se radi o ozljedama koje zahtijevaju operativni zahvat ili su kroničnog ili akutnog karaktera. Zajednički problem svih ozljeda je brzo opadanje sposobnosti mišića i atrofija, a ozljeda često onemogućava sportaša da trenira intenzitetom koji je optimalan za njega. U takvoj situaciji od velike pomoći može biti okluzijski trening. Ova vrsta treninga djeluje na način da se mišić podveže ručno ili pneumatski napuhanim tlakom, s vrpcom koja onemogućava venski protok krvi kroz mišić, ali dopušta arterijski protok krvi. U takvim uvjetima, kada se mišić optereti intenzitetom od 20-40% od 1RM, učinak na hipertrofiju i snagu mišića bit će isti ili neznatno manji kao kada se vježba intenzitetom od 60-80% od 1RM. Zbog toga je ova metoda treniranja popularna u rehabilitaciji i među populacijskim grupama koje, uslijed ozljede, moraju pokušati sačuvati svoju mišićnu masu. Okluzijski trening je relativno nova metoda treninga, a njegova šira primjena u sportu tek čeka daljnja istraživanja koja će omogućiti svakodnevnu upotrebu ovog pristupa (Abe, 2006).

### **1.5. Dosadašnja istraživanja**

**Mendonca i sur.** (2015) su utvrdili utjecaj hodanja s okluzijom protoka krvi na prekomjernu potrošnju kisika nakon vježbanja kod zdravih mladih muškaraca. U istraživanju je sudjelovalo 17 zdravih mladića koji su izvodili vježbe na traci za trčanje kako bi procijenili  $VO_{2max}$ . Svaki je sudionik izveo pet serija po tri minute vježbi na traci za trčanje pri svojoj optimalnoj brzini hodanja sa jednom minutnom sa i bez okluzije. Trening okluzije je povećao dug  $O_2$  hodanja, kao i njegov relativni intenzitet i kumulativni deficit  $O_2$ . Ovo istraživanje je pokazalo da hodanje s trakama za okluziju povećava magnitudu prekomjerne potrošnje kisika što uvelike povećava metaboličku aktivnost u mišićima što u konačnici dovodi do hipertrofije mišića kod sedentarnih ispitanika te potvrđuje hipotezu da treninzi s okluzijom kumulativno brže postižu hipertrofiju mišića (Mendonca, 2015).

U studiji **Cook i sur.** (2014) nastojali su ispitati učinke vježbanja s umjerenim opterećenjem sa i bez restrikcije krvotoka (BFR) na snagu i sposobnost ponovljenog sprinta. U istraživanju je sudjelovalo dvadeset poluprofesionalnih ragbijaša. Slučajnim odabirom formirana je eksperimentalna skupina koja je provodila intervenciju s okluzijskim treningom na donjem dijelu tijela (okluzijska manšeta napuhana na 180 mmHg koja se povremeno nosila na proksimalnom dijelu bedra) i kontrolna skupina koja je trenirala bez okluzije. Eksperimentalni postupak se provodio tri tjedna, tri puta tjedno tijekom kojih je provedeno pet serija od pet ponavljanja bench pressa, čučnjeva i povlačenja izvedenih sa 70% od 1RM. Nakon završetka protokola uočeni su značajni pozitivni efekti (okluzijska skupina u odnosu na kontrolnu) u bench pressu, vremenu maksimalnog sprinta i snage nogu. Autori su došli do zaključka da okluzijski trening može potencijalno poboljšati mišićnu hipertrofiju prilikom primjene treninga snage i otpornost na umor kod treniranih sportaša, što rezultira većom progresijom u mišićnoj hipertrofiji s manjim opterećenjem koje bi moglo biti korisno u natjecateljskom dijelu sezone ili u procesu rehabilitacije.

Sličnu studiju su priveli **Yasuda i sur.** (2010) u kojem su proveli trening otpora u jednom zglobu s okluzijom protoka krvi. Cilj istraživanja je bio ispitati utjecaj okluzijskog treninga tijekom izvedbe vježbe bench press na hipertrofični odgovor mišića prsa i nadlaktice. U studiji je sudjelovalo 10 mladića koji su nasumično podijeljeno u skupine trening s okluzijom ili bez okluzije. Grupa s okluzijom izvodila je trening bench pressa s 30% od jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) (četiri serije, ukupno 75 ponavljanja) dva puta dnevno, šest dana u tjednu, tijekom dva tjedna. Tijekom vježbe, ispitanici u toj skupini primijenili su elastične manšete proksimalno na obje ruke, s inkrementalnim povećanjem vanjske kompresije počevši od 100 mmHg do 160 mmHg. Prije i nakon treninga izmjereni su opseg mišića triceps brachii i pectoralis major, bench press pri 1RM i anabolički hormoni u serumu. Rezultati ukazuju da je nakon dva tjedna treninga došlo do značajnog povećanja u snazi 1RM u vježbi bench press u gupi koja je trenirala s okluzijom (6%), ali ne i u kontrolnoj grupi bez okluzije (-2%), a opseg triceps i pectoralis majora povećali su se za 8% dok ni u jednoj skupini nije bilo promjena u osnovnim koncentracijama anaboličkih hormona. Autori su došli do zaključka da okluzijski trening u vježbi bench pressa dovodi do značajnog povećanja opsega mišića nadlaktice i prsnog koša te snage 1RM.

## **2. CILJ RADA**

Cilj ovog završnog rada je utvrditi utjecaj okluzijskog treninga na hipertrofiju mišića nogu i volumen opterećenja visoko treniranih rekreativaca.

### **2.1. Problem istraživanja**

Hipertrofija mišića ili povećanje mišićne mase, ključan je cilj mnogih rekreativnih sportaša. Tradicionalne metode za postizanje hipertrofije uključuju visoko intenzivne treninge s velikim opterećenjima. No, inovativna metoda poznata kao okluzijski trening, koja još uvijek nije dovoljno istražena u svim sferama sporta, a koja koristi kontroliranu redukciju protoka krvi u mišićima tijekom vježbanja s nižim opterećenjima sve se više istražuje i privlači pažnju znanstvene i sportske zajednice kako bi potencijalni mehanizmi nastanka hipertrofije mišića bili što jasniji. Okluzijski trening provodi se tako da se pomoću elastičnih traka ili manžeta smanjuje protok krvi u mišićima koji se treniraju, što stvara uvjete hipoksije i nakupljanje metaboličkih produkata. Ovi uvjeti mogu potaknuti mišićnu hipertrofiju čak i pri niskim intenzitetima vježbanja. Međutim, malo je istraživanja koja bi obuhvatila sve učinke ove metode, a poglavito na utrenirane rekreativne sportaše koji su tema ovog rada.

### **2.2. Hipoteze istraživanja**

S obzirom na cilj rada formirane su sljedeće hipoteze:

1. Okluzijski trening će dovesti do povećanja opsega mišića potkoljenice i natkoljenice kod visoko treniranih rekreativaca u usporedbi s tradicionalnim treningom bez okluzije.
2. Okluzijski trening rezultirati će većim volumenom opterećenja kod visoko treniranih rekreativaca u usporedbi s tradicionalnim treningom bez okluzije.
3. Kombinacija okluzijskog treninga i tradicionalnog treninga imati će sinergijski učinak na povećanje mišićne mase u visoko treniranih rekreativaca.

### 3. METODE RADA

#### 3.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika u ovom istraživanju činio je jedan muški (32god, 180cm tjelesne visine i 93kg tjelesne mase) i jedan ženski ispitanik (26god, 170cm tjelesne visine, 68kg tjelesne mase). Oba ispitanika imaju dugogodišnje iskustvo u treniranju s vanjskim opterećenjem te se smatraju naprednim rekreativcima. U zadnjih šest mjeseci ispitanici nisu imali nikakve ozljede lokomotornog sustava, te su bili potpuno zdravi prilikom početka testiranja. Ispitanicima su objašnjeni ciljevi, svrha te potencijalni rizik sudjelovanja u istraživanju te im je pružena informacija da u bilo kojem trenutku mogu odustati od sudjelovanja u istraživanju. Prije početka istraživanja ispitanici su potpisali privolu za sudjelovanje u istraživanju.

#### 3.2. Mjerni instrumenti i varijable

Za procjenu hipertrofije mišića korištena je centimetarska vrpca. Varijable koje su analizirane u ovom istraživanju su: opseg natkoljenice (Slika 1.) i potkoljenice (Slika 2.) obje noge. Opseg natkoljenice mjeri se na način da ispitanik stoji, težina je ravnomjerno raspoređena na obje noge. Stopala su nešto razmaknuta i paralelno postavljena. Vrpca se postavlja vodoravno ispod glutealne brazde, dok kod potkoljenice vrpca se postavlja na najširem mjestu u gornjoj trećini potkoljenice.



Slika 1. Mjerenje opsega mišića natkoljenice



Slika 2. Mjerenje opsega mišića potkoljenice

### 3.3. Protokol istraživanja

Okluzijski trening korišten je na dane treninga za donji dio tijela, dva puta tjedno (Tablica 3. i Tablica 4.). Trening oba ispitanika sastojao se od četiri vježbe po dvije serije, maksimalnog intenziteta tj. treniranje do otkaza. Za primjenu okluzije korištene su „Airbands wireless BFR cuffs“ (Slika 3.) koje su ispitanici koristili kod vježbe nožne ekstenzije.



Slika 3. Okluzija mišića natkoljenice

Opseg natkoljenice i potkoljenice oba ispitanika izmjereni su tri puta, inicijalno, tranzitivno (nakon prvog bloka treninga) te završno. Opsezi su mjereni centimetarskom vrpcom. Cijeli eksperimentalni program je trajao osam tjedana. Plan treninga (Tablica 3. i Tablica 4.) za oba ispitanika uključivao je četiri treninga tjedno raspoređenih po danima sukladno obavezama oba ispitanika. Trening je bio koncipiran tako da su ispitanici dva puta tjedno provodili trening za gornji dio tijela i dva puta za donji dio tijela. Okluzijski trening se provodio na dane za donji dio tijela. Ženska ispitanica je nakon inicijalnog mjerenja odradila blok treninga od četiri tjedna s primjenom okluzije na vježbi nožne ekstenzije, dok je drugi blok treninga odraden bez primjene okluzije. Trening za žensku ispitanicu sastojao se od četiri vježbe: sjedeća nožna fleksija, nožni potisak (leg press), sjedeća nožna ekstenzija i podizanje na prste na spravi za listove. Kod muškog ispitanika, jedina razlika bila je u zamjeni sjedeće nožne fleksije s mrtvim dizanjem s ispruženim nogama, s obzirom na to da je ispitanik napredniji rekreativac. Ova izmjena omogućila je ispitaniku veće opterećenje mišića zadnje lože uz optimalnije opterećenje u odnosu na sjedeću nožnu fleksiju. Isto tako muški ispitanik je prvi blok treninga od četiri tjedna odradio bez primjene okluzije, dok je drugi blok treninga odradio s primjenom okluzije na vježbi nožne ekstenzije.

**Tablica 3.** Plan treninga kod muškog ispitanika

VJEŽBA	SERIJE	PONAVLJANJA	KILAŽA X PONAVLJANJA
Stiff leg deadlift	2	6-10	160 x 9, 9
Leg press	2	6-10	300 x 10, 9
Leg extension	2	6-10	150 x 11, 11
Calf machine	2	6-10	21 x 10, 10

**Tablica 4.** Plan treninga kod ženske ispitanice

VJEŽBA	SERIJE	PONAVLJANJA	KILAŽA X PONAVLJANJA
Seated leg curl	2	6-10	65 x 9, 8
Leg press	2	6-10	220 x 8, 8
Leg extension	4	30, 15, 15, 15	35 x 30, 15, 15, 15
Calf machine	2	6-10	100 x 11, 9

Broj serija za svaku vježbu je bio dvije, dok se raspon ponavljanja kretao 6-10 do otkaza. U bloku treninga s primjenom okluzije, okluzija je korištena na vježbi nožne ekstenzije s opterećenjem 40% od 1RM s četiri serije od kojih je prva serija bila 30 ponavljanja, a ostale tri serije po 15 ponavljanja, s 30 sekundi pauze između serija. Volumen treninga određen je na osnovu prijašnjih treninga s obzirom da se radi o naprednim rekreativcima. Progresija u treningu je praćena na dva načina i to kroz:

- podizanje kilaže

- podizanje broja ponavljanja

Broj ponavljanja u treningu standardiziran je na 6-10. Ukoliko s određenom kilažom ispitanik odradi 6/7/8 ili 9 ponavljanja zadržati će radnu kilažu do idućeg treninga tj. dok ne dosegne krajnji raspon zadanih ponavljanja koji je u ovom slučaju 10, nakon čega će povećati radnu kilažu. Ukoliko ispitanik odradi s određenom kilažom šest ponavljanja, idući trening mu je zadatak odraditi bar jedno ponavljanje više u odnosu na prethodni trening.



#### 4. REZULTATI

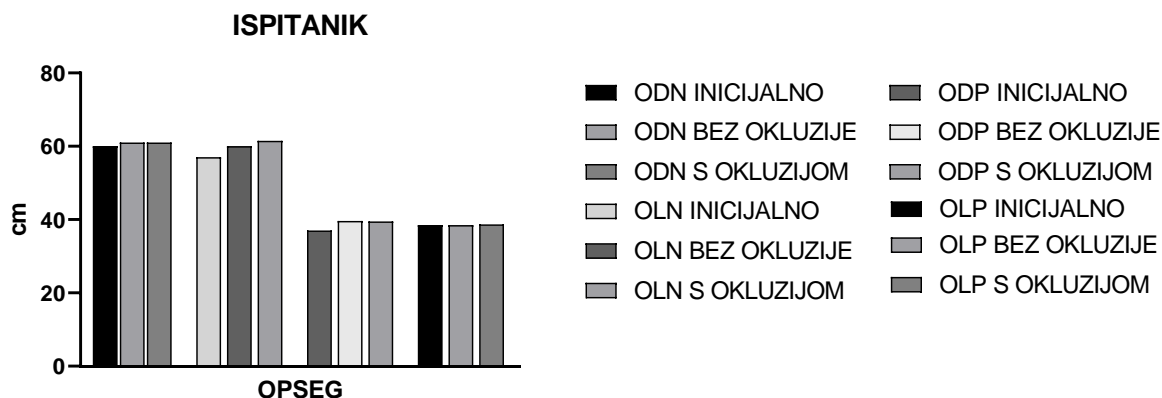
Tijekom ovog eksperimenta praćeni su opsezi obje potkoljenice i natkoljenice kako bi se utvrdili hipertrofijski efekti okluzijskog treninga na dvoje ispitanika (Tablica 5.) kao i praćenje ukupnog volumena treninga i opterećenja ( Tablica 6. i 7.). Trening s primjenom okluzijskog principa provodio se dva puta tjedno, u okviru treninga donjeg dijela tijela, koristeći „Airbands wireless BFR cuffs“ tijekom vježbe nožne ekstenzije. Oba ispitanika trenirala su četiri puta tjedno, s rasporedom treninga za gornji dio tijela dva puta tjedno i za donji dio tijela također dva puta tjedno.

**Tablica 5.** Mjere opseg mišića potkoljenice i natkoljenice sudionika tijekom istraživanja

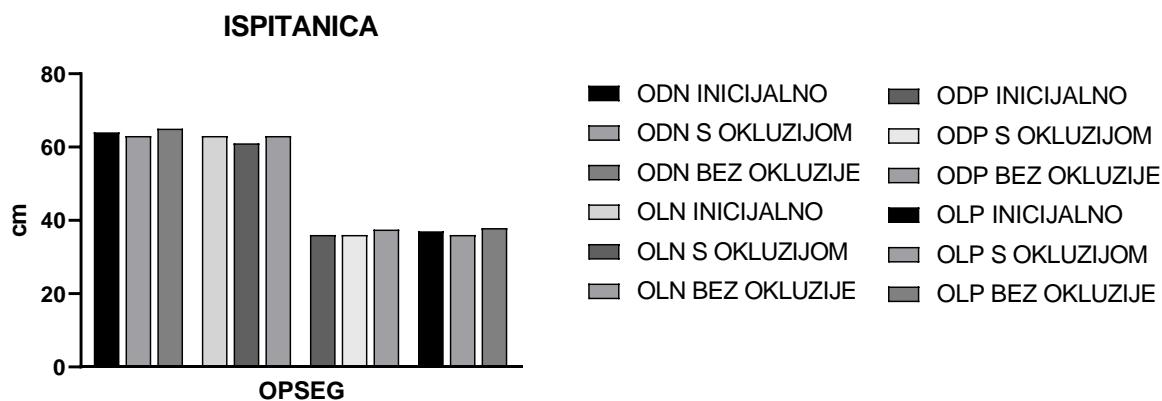
	ODN/cm	OLN /cm	ODP/cm	OLP /cm
M – Inicijalno	60	57	37	38,5
M– Ciklus bez okluzije	61	60	39,6	38,5
M – Završno – nakon okluzije	61	61,5	39,5	39,7
Ž– Inicijalno	64	63	36	37
Ž– – Ciklus s okluzijom	63	61	36	36
Ž – Završno - ciklus bez okluzije	64,2	63	37,5	37,9

M-Muški ispitanik; Ž-Ženski ispitanik ODN- Opseg desne natkoljenice; OLN-Opseg lijeve natkoljenice; ODP- Opseg desne potkoljenice; OLP-opseg lijeve potkoljenice

Slika 4. Vrijednosti opsega mišića potkoljenice i natkoljenice bez i s okluzijom kod muškog ispitanika



Slika 5. Vrijednosti opsega mišića potkoljenice i natkoljenice bez i s okluzijom kod ženske ispitanice



**Tablica 6.** Volumen opterećenja muškog ispitanika (opterećenje u kg /broj ponavljanja)

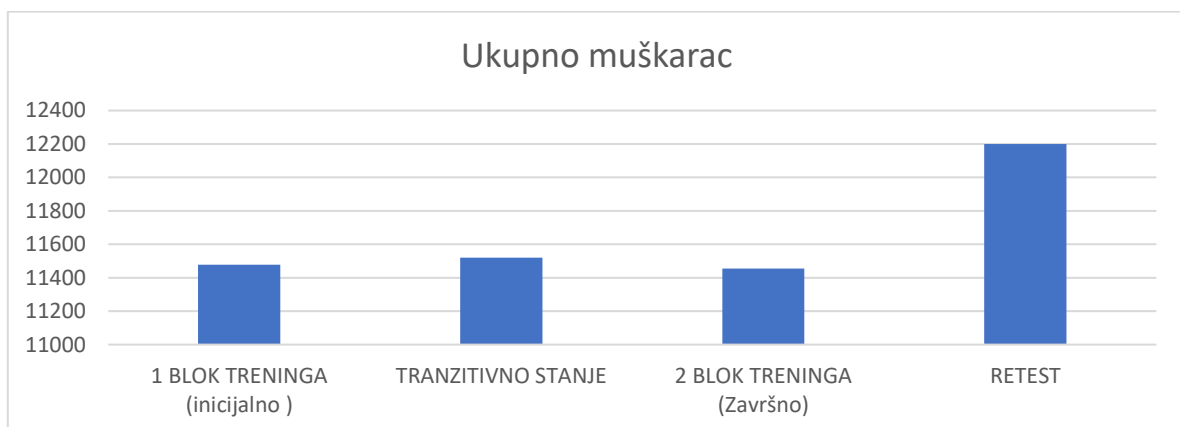
VJEŽBA	1 BLOK TRENINGA (inicijalno )	TRANZITIVNO STANJE	2 BLOK TRENINGA (Završno)	RETEST
Stiff leg deadlift	150 kg x 10,10	170 kg x 8,7	180 kg x 6,6	180 kg x 7,6
Leg press	300 kg x 9,8	320 kg x 8,6	330 kg x 6,6	330 kg x 8,8
Leg extension	150 kg x 11,9	150 kg x 14,13	65 kg x 30,15,15,15	150 kg x 14,13
Calf machine	21 kg x 9, 9	22 kg x 11,9	23 kg x 11,9	23 kg x 12,11
<b>Ukupno</b>	<b>11478 kg</b>	<b>11520 kg</b>	<b>11 455kg</b>	<b>12 199 kg</b>

**Tablica 7.** Volumena opterećenja ženske ispitanice ( opterećenje u kg/broj ponavljanja)

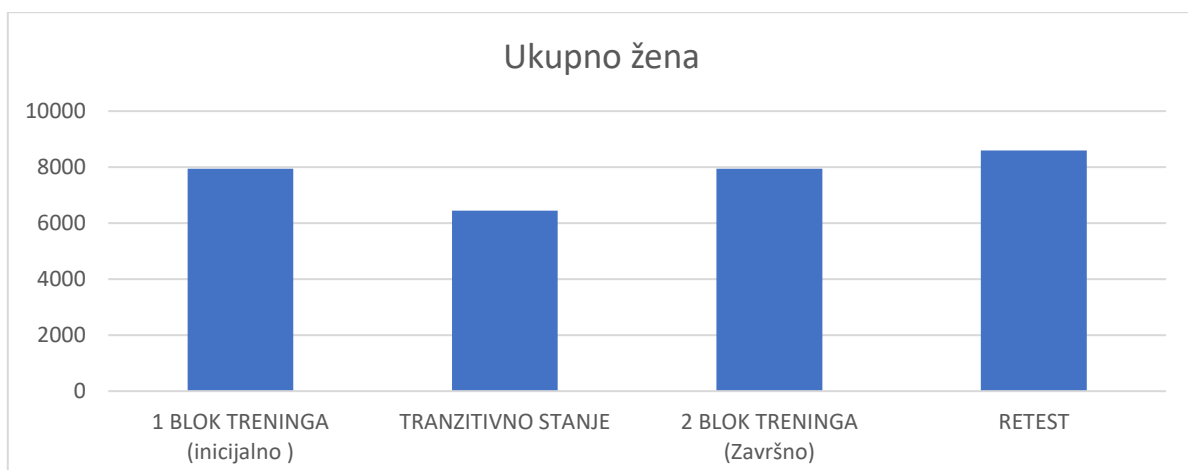
VJEŽBA	1 BLOK TRENINGA (inicijalno )	TRANZITIVNO STANJE	2 BLOK TRENINGA (Završno)	RETEST
Seated leg curl	57,5 kg x 8,7	65 kg x 9,8	70 kg x 10,8	70 kg x 11,8
Leg press	190 kg x 12,10	220 kg x 8,8	220 kg x 11,10	220 kg x 11,11
Leg extension	35 kg x 30,15,15,15	100 kg x 8,6	110 kg x 8,8	110 kg x 10,9
Calf machine	15 kg x 9, 9	16 kg x 7,7	17 kg x 10,8	17 kg x 10,10
<b>Ukupno</b>	<b>7937,5 kg</b>	<b>6449 kg</b>	<b>7946 kg</b>	<b>8600 kg</b>

U Tablici 6. i Tablici 7. prikazani su volumeni opterećenja tijekom cijelog procesa. Volumen treninga sastojao se od dvije radne serije po mišićnoj skupini, pri čemu se opterećenje progresivno prilagođavalo sukladno napretku u treningu. Muški ispitanik započeo je transformacijski proces s prvim četverotjednim blokom treninga bez primjene okluzije na vježbi nožne ekstenzije, pri čemu je zabilježen porast ukupnog volumena opterećenja u odnosu na inicijalno stanje. Nakon toga, prešao je na sljedeći blok treninga koji je uključivao primjenu okluzije, pri čemu je uočen pad ukupnog volumena opterećenja. Po završetku osmotjednog razdoblja, proveden je retest kako bi se utvrdile moguće promjene u volumenu opterećenja nakon bloka s okluzijom, pri čemu je zabilježen najveći porast u odnosu na sva prethodna stanja. Kod ženske ispitanice također je zabilježen pad ukupnog volumena opterećenja u odnosu na početno stanje nakon prvog četverotjednog bloka treninga s primjenom okluzije. Nakon sljedećeg bloka treninga bez primjene okluzije, vidljivo je povećanje ukupnog volumena opterećenja, kao i kod retesta. Kod oba ispitanika zabilježena je linearna progresija i povećanje radnog opterećenja, što ukazuje na povećanje snage.

**Grafikon 1.** Volumen ukupnog opterećenja muškog ispitanika



**Grafikon 2.** Volumen ukupnog opterećenja ženske ispitanice



## 5. RASPRAVA

Kao što je navedeno u uvodu, trening okluzije predstavlja inovativnu metodu vježbanja koja se temelji na namjernom ograničavanju dotoka krvi u određene dijelove tijela, konkretno u ovom radu su to mišići natkoljenice i potkoljenice. Ovaj proces se postiže primjenom specijaliziranih steznika ili manšeta koje se postavljaju oko nogu vježbača. Kada se započne s vježbanjem, pritisak unutar ovih manšeta se postupno povećava, čime se ograničava protok, okluzija, krvi u mišiće ispod manšete (Krzysztofik, 2019).

Ograničavanje protoka krvi rezultira smanjenom opskrbom kisikom u mišićima, što uzrokuje nakupljanje krvi u tim područjima. Ova akumulacija krvi stvara značajan metabolički stres i mehaničku napetost unutar mišićnih vlakana. Kao rezultat ovih promjena, dolazi do stimulacije niza fizioloških reakcija. Jedna od ključnih reakcija je hipertrofija, proces povećanja mišićne mase. Hipertrofija nastaje kao odgovor na povećani metabolički stres i oštećenje mišićnih vlakana, što stimulira sintezu proteina i rast mišića (Krzysztofik, 2019).

Sami trening otpora je intervencija izbora za promicanje mišićne hipertrofije koju uglavnom koriste bodybuilderi i rekreativni vježbači snage, a ujedno ga propisuje i American College of Sports Medicine (ACSM) za optimalno jačanje mišića prilikom treninga vježbi s otporom, i to s utezima od 60-100 % od 1 RM koji se koristi tijekom određenog vremenskog razdoblja s prilagođenom učestalošću, intenzitetom, vremenom i vrstom (ACSM, 2010).

U ovom istraživanju kod muškog ispitanika u Tablici 5. i Slici 4. je vidljivo da je kod desne i lijeve natkoljenice došlo do povećanja opsega bez i nakon okluzije u usporedbi s inicijalnim mjerenjem kao i kod potkoljenice. No isto tako može se primijetiti da je došlo do povećanja opsega nakon okluzije u usporedbi s treningom bez okluzije. Isto tako kod ženske ispitanice u Tablici 5. i Slici 5. može se zamijetiti smanjenje opsega mišića natkoljenice u treningu s okluzijom te povećanje opsega natkoljenice nakon ciklusa bez okluzijskog treninga na mišićima natkoljenica obiju nogu u usporedbi s inicijalnim mjerenjem. Nadalje, kod potkoljenice kod ženske ispitanice došlo je do povećanja opsega mišića potkoljenice nakon treninga bez okluzije u odnosu na inicijalno mjerenje kod obje noge. Kod treninga s okluzijom nije došlo do promjene opsega u lijevoj potkoljenici, dok se opseg lijeve potkoljenice smanjio nakon okluzijskog treninga u usporedbi s inicijalnim mjerenjem. Isto tako, valja napomenuti da se volumen opterećenja kod muškog i ženskog ispitanika povećavao tijekom trenažnog procesa što je vidljivo u Tablici 6. i Tablici 7. što je ključno za razvoj mišićne hipertrofije kod

rekreativaca. Da bi se postigle mišićne prilagodbe u smislu mišićne hipertrofije i povećanja snage, dugo se pretpostavljalo da se moraju prevladati umjereni do visoki otpori. Međutim, nedavna istraživanja pokazuju da mehanička napetost kroz volumen opterećenja nije jedini način za postizanje ovih prilagodbi (Schoenfeld, 2010). Alternativna opcija može biti primjena metaboličkog stresa, uzrokovanog nakupljanjem različitih metabolita koji se može postići niskim intenzitetom s visokim stopama ponavljanja i mišićnim umorom, kao što je trening s okluzijom kao što navodi Manoel i sur. (2018) u svojoj studiji gdje su usporedili učinke vježbanja sa i bez okluzije na mišićima gdje su došli do zaključka da se vježbanjem s visokim intenzitetom te povećavanjem volumnog opterećenja i s okluzijom dobiju isti učinci, no s okluzijom je taj rezultat mnogo brži.

Isto tako, u meta analizi koja uključuje 400 ispitanika Slysz i suradnici (2016) u 19 različitih studija koje su mjerile povećanje mišićne snage kada se vježba kombinira s okluzijom te su došli do zaključka da prilikom vježbanja s okluzijom dolazi do povećanje promjena u mišićnoj snazi i veličini ali i da je se i aerobno vježbanje s okluzijom pokazalo puno učinkovitije. Nadalje, istraživanje Yamanaka i suradnika (2012) utvrdila je učinkovitost četverotjednog treninga s niskim intenzitetom otpora uz okluziju protoka krvi na hipertrofiju mišića gornjeg i donjeg dijela tijela te na mišićnu snagu kod igrača američkog nogometa koji su nasumično podijeljeni u grupu s okluzijom i kontrolnu grupu, a izvodio se tri puta tjedno. Studija je pokazala da je nakon protokola došlo do povećanja za 1RM u bench pressu i čučnju te u opsegu gornjeg i donjeg dijela tijela, te su došli do zaključka da bi trening s okluzijom mogao pružiti dodatne koristi uz tradicionalni trening snage za poboljšanje mišićne hipertrofije i mišićne snage sportaša što je u skladu s ovom studijom gdje se volumen opterećenja povećavao, a sama okluzija je povećala opseg mišića nogu kod muškog ispitanika. Isto tako, važno je naglasiti da trening s okluzijom i manjim opterećenjem dovodi do brže hipertrofije kao što je to pokazala studija Takarada i suradnika (1985) u kojoj su ispitanice prilikom vježbanja s otporom nižem od 50 % 1RM učinkovito postizale mišićnu hipertrofiju i popratno povećanja snage kada se trening kombinirao s vaskularnom okluzijom u odnosu bez okluzije. Kasnije su Takarada i suradnici (2002) svoju tezu s visoko utreniranim igračima, koji su u osmotjednom studiju vježbanja mišića ekstenzora koljena u kombinaciji s vaskularnom okluzijom, potvrdili da uzrokuje značajno veći porast izokinetičkog momenta ekstenzije koljena koje je uglavnom uzrokovano hipertrofijom mišića kod skupine ispitanika koji su vježbali s okluzijom. S tim je potvrđeno da trening otpora niskog intenziteta uzrokuje povećanje veličine mišića, snage i izdržljivosti u kombinaciji s vaskularnom okluzijom te se poklapa s

rezultatima ove studije jer je uzrokovana mišićna hipertrofija kod muškog ispitanika nakon treninga okluzije dok je taj efekt izostao kod ženske ispitanice.

Stoga primjena okluzijskih principa može omogućiti postizanje boljih rezultata s nižim intenzitetom treninga, čime se smanjuje rizik od pretreniranosti i ozljeda, a daljnja istraživanja mogla bi pomoći u optimizaciji protokola i razumijevanju dugoročnih učinaka ove metode u sportskom treningu kako kod muškaraca tako i kod žena.

## 6. ZAKLJUČAK

Okluzijski trening, predstavlja inovativan pristup u svijetu sporta i fitnesa. Ova metoda uključuje primjenu specijaliziranih manšeta ili steznika oko udova kako bi se djelomično ograničio protok krvi u mišiće tijekom vježbanja.

U ovom istraživanju za procjenu hipertrofije mišića korištena je centimetarska vrpca, a varijable koje su se analizirale uključuju: opseg natkoljenice (Slika 1) i potkoljenice (Slika 2) obje noge. Isto tako, okluzijski trening korišten je na dane treninga za donji dio tijela, dva puta tjedno (Tablica 3. i Tablica 4.). Trening oba ispitanika sastojao se od četiri vježbe po dvije serije, maksimalnog intenziteta tj. treniranje do otkaza. Za primjenu okluzije korištene su „Airbands wireless BFR cuffs“ (Slika 3).

Opseg natkoljenice i potkoljenice oba ispitanika izmjereni su tri puta, inicijalno, tranzitivno (nakon prvog bloka treninga) te završno. Opsezi su mjereni centimetarskom vrpcom. Cijeli eksperimentalni program je trajao osam tjedana. Tijekom ovog istraživanja praćeni su opsezi obje potkoljenice i natkoljenice kako bi se utvrdili hipertrofijski efekti okluzijskog treninga na dvoje ispitanika (Tablica 5.) kao i praćenje ukupnog volumena treninga i opterećenja ( Tablica 6. i 7.).

U ovom istraživanju kod muškog ispitanika vidljivo je da je kod desne i lijeve natkoljenice došlo do povećanja opsega bez i nakon okluzije u usporedbi s inicijalnim mjerenjem kao i kod potkoljenice. No isto tako može se primijetiti da je došlo do povećanja opsega nakon okluzije u usporedbi s treningom bez okluzije.

Kod ženske ispitanice može se zamijetiti smanjenje opsega mišića natkoljenice u treningu s okluzijom te povećanje opsega natkoljenice nakon ciklusa bez okluzijskog treninga na mišićima natkoljenica obje noge u usporedbi s inicijalnim mjerenjem. Nadalje, kod potkoljenice kod ženske ispitanice došlo je do povećanja opsega mišića potkoljenice nakon treninga bez okluzije u odnosu na inicijalno mjerenje kod obje noge. Kod treninga s okluzijom nije došlo do promjene opsega u desnoj potkoljenici, dok se opseg lijeve potkoljenice smanjio nakon okluzijskog treninga u usporedbi s inicijalnim mjerenjem . Isto tako, valja napomenuti da se volumen opterećenja kod muškog i ženskog ispitanika povećavao tijekom trenažnog procesa opterećenja.

Stoga može se zaključiti da je:

1. Okluzijski trening je doveo do povećanja opsega mišića potkoljenice i natkoljenice kod visoko treniranih rekreativaca u usporedbi s tradicionalnim treningom bez okluzije kod muškog ispitanika dok je taj efekt izostao kod ženske ispitanice.
2. Okluzijski trening rezultirao je većim volumenom opterećenja kod oba ispitanika.
3. Kombinacija okluzijskog treninga i tradicionalnog treninga imaju sinergijski učinak na povećanje mišićne mase u visoko treniranih rekreativaca.

Daljnja istraživanja bi svakako trebala uključivati više ispitanika po skupini kako bi se mogle utvrditi i spolne razlike između treniranih rekreativaca i okluzijskog treninga, ali i uključiti ostale skupine mišića prilikom vježbanja s okluzijom kao i više varijabli za mjerenje.



## 7. LITERATURA

1. American College of Sports Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687–708.
2. Andrijašević, M. (2010) *Kineziološka rekreacija*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
3. Blair, S. N., Kohl, H. W., 3rd, Paffenbarger, R. S., Jr, Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA*, 262(17), 2395–2401. <https://doi.org/10.1001/jama.262.17.2395>
4. Bloomer, R., & Ives, J. (2000). Varying Neural and Hypertrophic Influences in a Strength Program. *Strength and Conditioning Journal*, 22 (1), 30-35. <https://doi.org/10.1519/00126548-200004000-00010>
5. Bodine, S. C., Stitt, T. N., Gonzalez, M., Kline, W. O., Stover, G. L., Bauerlein, R., Zlotchenko, E., Scrimgeour, A., Lawrence, J. C., Glass, D. J., & Yancopoulos, G. D. (2001). Akt/mTOR pathway is a crucial regulator of skeletal muscle hypertrophy and can prevent muscle atrophy in vivo. *Nature cell biology*, 3(11), 1014–1019. <https://doi.org/10.1038/ncb1101-1014>
6. Cook, C. J., Kilduff, L. P., & Beaven, C. M. (2014). Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 166–172. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0018>
7. Global Recommendations on Physical Activity for Health. (2010). World Health Organization.
8. Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bemben, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 108(1), 147-155. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1204-5>
9. Krzysztofik M, Wilk M, Wojdała G, Gołaś A. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Dec 4;16(24):4897. doi: 10.3390/ijerph16244897. PMID: 31817252; PMCID: PMC6950543.
10. Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., Libardi, C. A., & Roschel, H. (2018). Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance

- Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(2), 361–378.
11. Loenneke, J. P., & Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 77-84.
  12. Mendonca, G. V., Vaz, J. R., Pezarat-Correia, P., & Fernhall, B. (2015). Effects of Walking with Blood Flow Restriction on Excess Post-exercise Oxygen Consumption. *International journal of sports medicine*, 36(3), e11–e18. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1395508>
  13. Milanović, D. (2013). *Teorija treninga*. Zagreb: Kineziološki fakultet sveučilišta u Zagrebu.
  14. Ratamess, N. A., Falvo, M. J., Mangine, G. T., Hoffman, J. R., Faigenbaum, A. D., & Kang, J. (2007). The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise. *European journal of applied physiology*, 100(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0394-y>
  15. Reeves, G. V., Kraemer, R. R., Hollander, D. B., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., & Castracane, V. D. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 101(6), 1616–1622. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00440.2006>
  16. Schelert, R. (1996). *The effects of preferred music on perceived duration, perceived exertion, and perceived enjoyment during aerobic exercis*. Texas: Faculty of Texas.
  17. Schoenfeld B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
  18. Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
  19. Sekulić, D., Metikoš, D.(2007). *Osnove transformacijskih postupaka u kineziologiji*. Sveučilište u Splitu: Split: Fakultet prirodoslovno–matematičkih znanosti i kineziologije.
  20. Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 19(8), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>

21. Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of science and medicine in sport*, 12(1), 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.09.009>
22. Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (1985). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 88(6), 2097–2106.
23. Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(12), 2035–2039. <https://doi.org/10.1097/00005768-200012000-00011>
24. Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European journal of applied physiology*, 86(4), 308–314.
25. Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *Journal of strength and conditioning research*, 26(9), 2523–2529.
26. Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y., & Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical physiology and functional imaging*, 30(5), 338–343.
27. Willardson, J. M. (2007). Core stability training: applications to sports conditioning programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 979-985.
28. Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872.
29. Quinn E. (Sep 29, 2022). Supersets in Strength Training. Very well fit. Preuzeto sa: <https://www.verywellfit.com/what-is-a-superset-3120397>
30. Schoenfeld, B. (2011). The use of specialized training techniques to maximize muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 33(4), 60-65.
31. Schoenfeld, B. J. (2020). Science and development of muscle hypertrophy. *Human Kinetics*.
32. Ogborn, D., & Schoenfeld, B. J. (2014). The role of fiber types in muscle hypertrophy: implications for loading strategies. *Strength & Conditioning Journal*, 36(2), 20-25.

33. Helms, E. R., Fitschen, P. J., Aragon, A. A., Cronin, J., & Schoenfeld, B. J. (2015). Recommendations for natural bodybuilding contest preparation: resistance and cardiovascular training. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(3), 164-78.

## 8. PRILOG

### POPIS TABLICA

Tablica 1. Primjena metode eksplozivnih dinamičkih podražaja (Milanović, 2013) .....	3
Tablica 2. Prikaz različitih metoda vježbanja za razvoj repetitivne snage (Sekulić, 2015) .....	4
Tablica 3. Plan treninga kod muškog ispitanika .....	15
Tablica 4. Plan treninga kod ženske ispitanica .....	15
Tablica 5. Opseg mišića potkoljenice i natkoljenice .....	17
Tablica 6. Volumena opterećenja muškog ispitanika ( opterećenje/broj ponavljanja) .....	18
Tablica 7. Volumena opterećenja ženske ispitanice ( opterećenje/broj ponavljanja) .....	19

### POPIS SLIKA

Slika 1. Mjerenje opseg mišića natkoljenice nakon ciklusa treninga s okluzijom .....	13
Slika 2. Mjerenje opseg mišića potkoljenice nakon ciklusa treninga s okluzijom .....	14
Slika 3. Okluzija mišića natkoljenice .....	15
Slika 4. Grafički prikaz opsega mišića potkoljenice i natkoljenice bez okluzije i s okluzijom kod muškog ispitanika .....	17
Slika 5. Grafički prikaz opsega mišića potkoljenice i natkoljenice bez okluzije i s okluzijom kod ženskog ispitanika .....	17

### POPIS GRAFIKONA

<b>Grafikon 1.</b> Volumen ukupnog opterećenja muškog ispitanika .....	20
<b>Grafikon 2.</b> Volumen ukupnog opterećenja ženske ispitanice.....	20

## 9. ŽIVOTOPIS

### Osobni podaci:

Ime i Prezime: Boris Palančević  
Datum rođenja: 09.07.1991.godine  
Adresa: Kninska 1 Osijek, 31000  
Email: [bpalance91@gmail.com](mailto:bpalance91@gmail.com)  
Telefon : 098 1725 352

### Omeni:

Dinamičan i strastven zaljubljenik u sport i bodybuilding, s fokusom na postizanje izvanrednih rezultata. Moje iskustvo obuhvaća razvoj disciplina, predanost ciljevima te kontinuirano usavršavanje. Posebno me zanima psihologija sportaša rekreativaca.

### Radno iskustvo:

- **Policajac**  
Ministarstvo Unutarnjih Poslova, Beli Manastir  
Prosinac 2013 – Sadašnje

### Obrazovanje:

- **Srednjoškolska diploma**  
Srednja škola Dalj, Dalj (2009)  
Završio srednju ekonomsku školu. Učenik generacije, primatelj stipendije Osječko-baranjske županije tijekom dvije godine zbog izvrsnog prosjeka ocjena.

### Jezici:

- Hrvatski jezik (maternji)
- Engleski jezik