

Usporedba učinaka na mišićnu hipertrofiju dvaju programa treninga s otporom

Lisica, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:067838>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje akademskog naziva:
magistar kineziologije)

Domagoj Lisica

**USPOREDBA UČINAKA NA MIŠIĆNU
HIPERTROFIJU DVAJU PROGRAMA
TRENINGA S OTPOROM**

(diplomski rad)

Mentor:

doc. dr. sc. Pavle Mikulić

Zagreb, lipanj 2018

USPOREDBA UČINAKA NA MIŠIĆNU HIPERTROFIJU DVAJU PROGRAMA TRENINGA S OTPOROM

Sažetak

Glavni cilj ovog diplomskog rada je usporedba učinaka u mišićnoj hipertrofiji između dvije grupe ispitanika koje su trening s otporom provodile različitom učestalošću, ali izjednačenim ukupnim volumenom treninga. Trenažni proces provodio se na zdravoj, tjelesno aktivnoj muškoj populaciji. U trajanju od 6 tjedana dvije grupe ispitanika, grupa 3x (n=14) i grupa 6x (n=13), prolazile su kroz trening usmjeren na mišićnu hipertrofiju. Ultrazvukom je izmjerena debljina mišića bicepsa brachia, tricepsa brachia, rectus femorisa i vastus intermediusa. ANOVA-om za ponovljena mjerenja utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika u veličini promjene između grupa (3x i 6x) u biceps brachii ($p=0,01$), međutim, u ostalim izmjerenim mišićima ne postoji. Veličina učinka (Cohen's d) izračunata je za kvantifikaciju veličine promjene između prvog i drugog mjerenja za svaki mišić u pojedinoj grupi te je utvrđeno da triceps brachii u obje grupe ima veliku veličinu promjene ($d=0,8$), vastus intermedius u obje grupe ima srednju veličinu promjene ($d=0,6$), rectus femoris u grupi 3x ima malu veličinu promjene ($d=0,3$), a u grupi 6x srednju veličinu promjene ($d=0,5$) u mišićnom rastu. Biceps brachii je jedini mišić gdje se veličina promjene između prvog i drugog mjerenja statistički značajno razlikuje; 3x-srednja veličina promjene ($d=0,6$), 6x-negativna veličina promjene ($d=-0,1$). Značajni hipertrofijski učinak, odnosno povećanje u mišićnoj masi, evidentan je u obje grupe, međutim, postoji mogućnost da je kod mjerene populacije bolja niža učestalost treninga zbog dužeg odnosno adekvatnijeg oporavka između treninga.

Ključne riječi: debljina mišića, tjelesno aktivna populacija, ultrazvuk, volumen treninga, učestalost treninga

COMPARISON OF TWO RESISTANCE TRAINING PROGRAMS ON MUSCLE HYPERTROPHY EFFECTS

Abstract

The main goal of this study is to compare the effects of muscle hypertrophy between two groups of people with different resistance training frequency, but with same volume of training. The study is conducted of healthy, physically active male population. Two groups of male subjects; 3x (n=14) and 6x (n=13) have trained for six weeks using muscle hypertrophy program. Thickness of muscles biceps brachii, triceps brachii, rectus femoris and vastus intermedius is measured by ultrasound. It is confirmed that there is statistically significant difference in size of change between groups (3x and 6x) in biceps brachii ($p=0,01$), but not in other measured muscles. This is established by statistical analysis Anova-repeated measures. Size effect (Cohen's d) is calculated for quantification of change between initial and final measurement for each measured muscle in both group. Triceps brachii has big size of change in both groups ($d=0,8$), vastus intermedius has medium size of change in both groups ($d=0,6$), rectus femoris in group 3x has small size of change ($d=0,3$), but in group 6x has medium size of change ($d=0,5$). Biceps brachii is the only muscle where size of change between groups has a big difference (3x/ $d=0,6$; 6x/ $d= -0,1$). Significant hypertrophy or muscle growth occurred in both groups, but for now we suppose that training at lower frequency is better for physically active population because of longer or adequate recovery between training.

Key words: Thickness, physically active population, ultrasound, training volume, training frequency

Kratice korištene u radu

3x – eksperimentalna grupa koja je trenirala tri puta tjedno

6x – eksperimentalna grupa koja je trenirala šest puta tjedno

1RM – 1 repetitio maximum; jedno maksimalno ponavljanje

SPLIT – rutina treninga koja omogućuje izvođenje većeg broja vježbi za pojedinu mišićnu grupu unutar jednog treninga.

TOTAL – rutina treninga koja podrazumijeva izvođenje vježbi koje uključuju sve glavne mišićne grupe (gornji i donji dio tijela) unutar jednog treninga.

SADRŽAJ

1	Uvod	6
2	Ciljevi i hipoteze	9
3	Metode	10
3.1	Ispitanici	10
3.2	Protokol mjerenja.....	11
3.2.1	Mišićna hipertrofija	11
3.3	Programirani trenažni proces.....	13
3.4	Statistička analiza podataka	15
4	Rezultati.....	16
5	Rasprava	22
6	Zaključak.....	25
7	Literatura.....	26
8	Prilozi.....	29

1 Uvod

Redovito tjelesno vježbanje pozitivno utječe na zdravstveni status čovjeka. Postoje različiti oblici tjelesnog vježbanja koji utječu na različite dijelove ljudskog organizma (motoričke sposobnosti, morfološka obilježja i funkcionalne sposobnosti). Trening s otporom jedan je od oblika treninga koji dobiva na sve većoj popularnosti u posljednje vrijeme zbog mnogobrojnih zdravstvenih koristi. To se odnosi na prevenciju dijabetesa tipa 2, prevenciju kardiovaskularnih bolesti, smanjenje bolova u leđima te povećanje mineralne gustoće kostiju (Westcott, 2012). Trening s otporom je vrsta tjelesnog vježbanja koja podrazumijeva ciljano savladavanje različitih vrsta sila koje se mogu stvoriti na više načina. Trening s vlastitom težinom, trening s elastičnim trakama, pliometrijski trening te trening s utezima su samo neki od načina stvaranja i/ili odupiranje tim silama ovisno o zadanom cilju.

U ovom radu koristi se izraz trening s utezima, odnosno trening s vanjskim otporom. Takav trening je vrlo učinkovit za razvijanje mišićne hipertrofije. Mišićna hipertrofija se odnosi na povećanje ili rast mišićnog tkiva. Dodavanjem sarkomera, povećavajući nekontraktilne elemente i sarkoplazmatsku tekućinu uvjetuje se rast mišića. Povećana sinteza proteina uz trening s otporom uvjetovana je skupom triju mehanizama: mehanička tenzija, metabolički stres i mišićno oštećenje (B. Schoenfeld, 2016). Mehanička tenzija u programiranom trenažnom procesu je primarna sila koja potiče hipertrofijski odgovor te kao posljedica toga događa se metabolički stres i mišićno oštećenje. Međutim, dodavanjem težine i smanjenjem broja ponavljanja povećamo mehaničku tenziju i smanjujemo metabolički stres. Metabolički stres se odnosi na akumulaciju metabolita u mišiću (laktati, anorganski fosfati i vodikovi ioni), a mišićno oštećenje može biti malo (nekoliko makromolekula u tkivu) ili veliko (djelomična pucanja sarkoleme, bazalne lamine, vezivnih tkiva i kontraktilnih elemenata u citoskeletu) ovisno o intenzitetu treninga (B. Schoenfeld, 2016a). Dakle, povećani metabolički stres je uvjetovan većim brojem ponavljanja uz primjerenu težinu.

Da bi programirali trening s utezima i utjecali na prethodno navedene mehanizme potrebno je kvalitetno manipulirati varijablama koje uvelike utječu na podraživanje i oporavak mišića, odnosno uspješnost trenažnog procesa. Varijable treninga s utezima su: volumen, učestalost, težina, izbor vježbi, tip mišićne akcije, duljina odmora (pauze), trajanje izvođenja ponavljanja,

redosljed vježbi, opseg pokreta i intenzitet (B. Schoenfeld, 2016). Kombinacije dviju nabrojanih varijabli danas predstavlja problem u kreiranju trenažnog procesa. U kojoj mjeri ih uvrstiti u trenažni proces, odnosno u kojoj mjeri manipulirajući te varijable će one dati maksimalne rezultate u mišićnoj hipertrofiji. Te varijable su učestalost trenažnog procesa i volumen rada. Programiranjem učestalosti treninga možemo manipulirati volumenom treninga. Postavlja se pitanje koliko puta tjedno je potrebno trenirati mišićnu grupaciju kroz neki vremenski period da bi se postigli maksimalni rezultati u mišićnom rastu.

American College of Sports Medicine (American College of Sports Medicine position stand., 2009) preporuča dva do tri treninga tjedno za početnike, tri do četiri treninga tjedno za osrednje vježbače te četiri do pet treninga tjedno za iskusne vježbače. Dakle trenažna učestalost uvelike ovisi o trenažnom iskustvu ispitanika po njihovim preporukama te se pretpostavlja da trenirana populacija zahtijeva veću trenažnu učestalost za veće hipertrofijske učinke. Po pitanju studija koje su istraživale učestalost treninga i njezin utjecaj na mišićnu hipertrofiju, poprilično je dobro definirano što se tiče niže učestalosti treninga u tjednu.

Međutim, moramo izdvojiti i razlikovati studije koje su uspoređivale učestalost treninga koristeći SPLIT i TOTAL rutinu treninga. Postoji mogućnost da ukupni trenažni volumen između te dvije grupe nije izjednačen u studijama. TOTAL rutina podrazumijeva izvođenje vježbi koje uključuju sve mišićne grupe (gornji i donji dio tijela) unutar jednog treninga. SPLIT rutina omogućuje izvođenje većeg broja vježbi za pojedinu mišićnu grupu unutar jednog treninga. Uspoređujući je sa TOTAL rutinom treninga ona omogućuje održavanje ili povećanje tjednog volumena treninga sa manjim brojem serija u treningu te veći oporavak između treninga (Brad J. Schoenfeld, Nicholas A. Ratamess, Mark D. Peterson, Bret Contreras, Tiryaqi-Sonmez, & Gul, 2015). Postoji objavljena studija o trenažnim navikama i korištenju ergogenih sredstava 127 iskusnih bodybuildera gdje rezultati ukazuju da većina ispitanika koristi SPLIT rutinu treniranja u kojem jednom do dva puta tjedno stimuliraju određenu mišićnu grupaciju (Hackett, Johnson, & Chow, 2013). Međutim to je kontradiktorno dosadašnjim istraživanjima koja pokazuju da veća trenažna učestalost (minimalno 2x) pojedinih mišića izaziva veće hipertrofijske učinke. Jedna od studija koja je izjednačila tjedni volumen treninga koristeći TOTAL rutinu treninga pokazala je da ako se uspoređuje trenažna učestalost 1x tjedno u odnosu na 3x tjedno, veća učestalost izaziva bolje hipertrofijske učinke (McLester, Bishop, &

Guilliams, 2000). Također studija koja je uspoređivala TOTAL rutinu treninga u usporedbi sa SPLIT rutinom pod izjednačenim volumenom treninga, pokazala je poboljšanje u TOTAL grupi koja je češće stimulirala istu mišićnu grupaciju (Schoenfeld et al., 2015). Nadalje, meta-analiza koja je uspoređivala trenažnu učestalost i njezin utjecaj na mišićnu hipertrofiju pokazala je da stimuliranje iste mišićne grupacije 2x tjedno ima veće dobrobiti nego 1x tjedno (B. J. Schoenfeld, Ogborn, & Krieger, 2016). Međutim zbog nedostatka studija ne možemo zaključivati o koristima veće trenažne učestalosti (> 3x tjedno).

2 Ciljevi i hipoteze

Trenutno postoji manjak istraživanja koja su proučavala utjecaj treninga s otporom na mišićnu hipertrofiju s trenažnom učestalošću većom od 3x tjedno, a da su se koristile direktne mjere procjene mišićne hipertrofije (B-ultrazvuk, magnetska rezonancija, kompjutorska tomografija (CT) ili mišićna biopsija). Iz tog razloga, cilj ove studije je usporediti učinke treninga s otporom trenažne učestalosti 3x tjedno u odnosu na 6x tjedno pod izjednačenim tjednim volumenom na mišićnu hipertrofiju kod tjelesno aktivne muške populacije. Pretpostavili smo da zbog trenažnog iskustva ispitanika neće biti razlika između grupa u mišićnoj hipertrofiji.

3 Metode

3.1 Ispitanici

Trideset zdravih ispitanika dobrovoljno se javilo za sudjelovanje u ovom istraživanju. Ispitanici su bili muškog spola u dobi između 20 i 30 godina. Uvjet za pristupanje istraživanju bio je barem šestomjesečno iskustvo treninga s otporom, u kojemu su najmanje tri dana u tjednu provodili trenirajući. Ispitanici su nasumično bili raspoređeni u dvije grupe – u grupu koja je vježbala šest puta tjedno (6x; $n = 15$) i grupu koja je vježbala tri puta tjedno (3x; $n = 15$). Među sudionicima dviju grupa nije bilo značajne razlike u dobi, visini i težini prije treninga. Da bi ih se smatralo relevantnim za analizu, morali su sudjelovati na 90 % treninga. Tražilo ih se da ne mijenjaju svoje prehrambene navike. Nije bilo dopušteno konzumiranje bilo kakvih suplemenata tijekom istraživanja radi očuvanja čistoće podataka.

Na kraju studije 27 ispitanika ispunilo je zadane kriterije ($22,85 \pm 2,14$ godine; $183,81 \pm 5,84$ cm; $88,53 \pm 10,72$ kg). Trojica ispitanika ispala su iz programa treninga zbog nezadovoljavanja zadanih kriterija. Ispitanici su bili obaviješteni o rizicima istraživanja te su potpisali informativni pristanak prije početka studije. Studija je napravljena uz odobrenje etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te etičkog povjerenstva Kliničke bolnice *Sveti Duh* gdje se provodilo mjerenje ultrazvukom (vidjeti prilog 1 i 2).

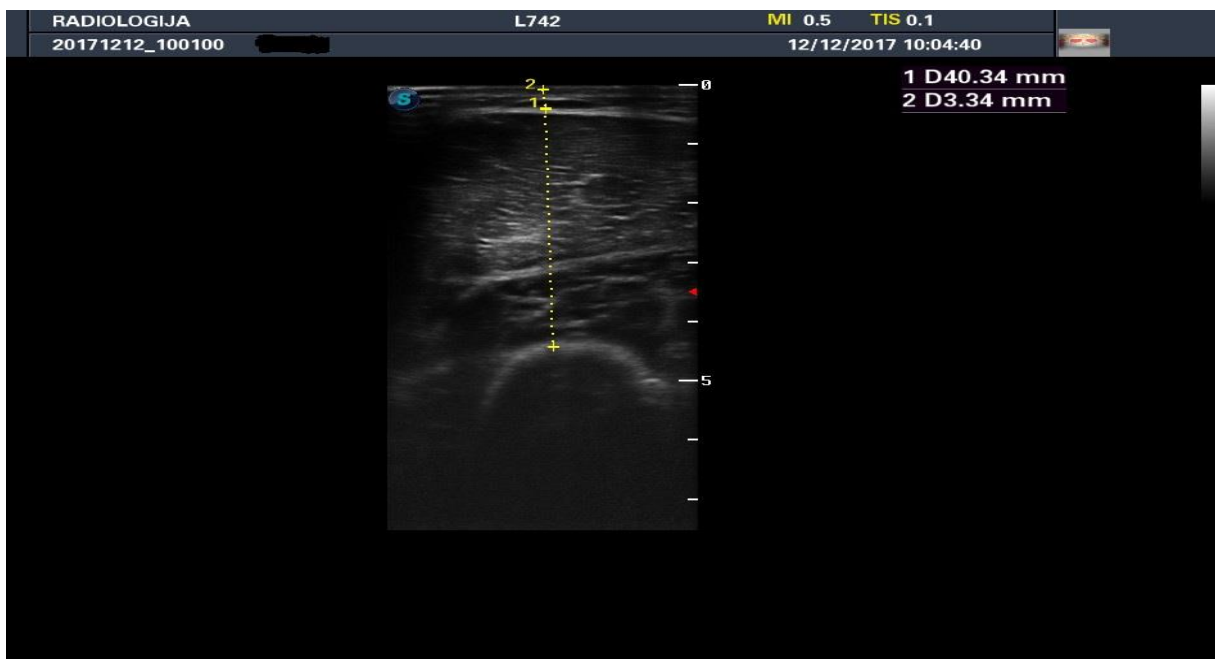
3.2 Protokol mjerenja

3.2.1 Mišićna hipertrofija

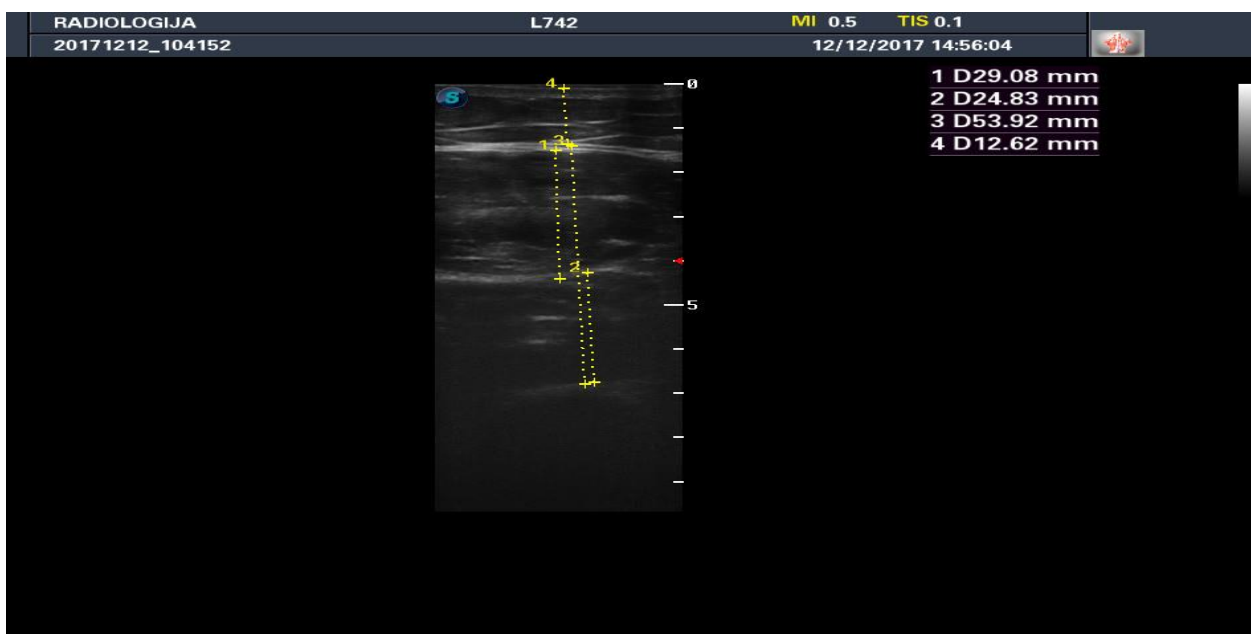
Za utvrđivanje promjena u mišićnoj hipertrofiji, odnosno debljini mišića, korišten je ultrazvuk Sonoscape S-40, kao pouzdana metoda za mjerenje mišićne hipertrofije (Reeves, Maganaris, & Narici, 2004). Ispitanici su testirani prije i poslije šestotjednog ciklusa treninga. Mjerenje se obavilo unutar dva dana. Radi točnosti mjerenja ispitanici različitih grupa (6x i 3x) bili su jednako raspoređeni u ta dva dana. Da bi podatci bili valjani, ispitanicima se zabranio bilo kakav oblik treninga 48-72 sata prije mjerenja ultrazvukom. Razlog je tome akutna natečenost mišića koja se javlja nakon treninga i koja može kompromitirati rezultate mjerenja (Ogasawara, Thiebaud, Loenneke, Loftin, & Abe, 2012). Sva mjerenja proveo je iskusni tehničar, a mjere su uzete na desnoj strani tijela.

Debljina mišića mjerila se na trima mjestima: pregibač nadlaktice (m. biceps brachii), opružak nadlaktice (m. triceps brachii) te opružak potkoljenice (m. rectus femoris u kombinaciji s m. vastusom intermediusom). Za oba mišića nadlaktice mjere su se uzimale na udaljenosti 60 % distalno od akromiona prema lateralnom epikondilu humerusa. Za m. vastus intermedius i m. rectus femoris mjere su se uzimale točno na pola puta između lateralnog epikondila femura i velikog trohantera. Svaki mišić mjerio se tri puta kako bi se smanjila mogućnost pogreške prilikom mjerenja.

Na kožu se nanosio gel za ultrazvučna mjerenja kako bi se dobila što jasnija slika mišića. Ultrazvučna sonda (5-13 MHz) postavljala se okomito na mišić bez depresije kože. Kada je tehničar bio zadovoljan s dobivenom slikom, zamrznuo bi prikaz ultrazvuka te bi se pokretnim markerom izmjerila debljina mišića u milimetrima. Mjere su uzimane od mišićne aponeuroze (koja odjeljuje potkožno masno tkivo od mišića) do koštane strukture. Primjeri mjerenja su prikazani na slici 1 i 2.



Slika 1. Ultrazvučno mjerenje debljine mišića triceps brachii (izvor: osobna arhiva autora)



Slika 2. Ultrazvučno mjerenje debljine mišića rectus femoris i vastus intermedius (izvor: osobna arhiva autora)

3.3 Programirani trenažni proces

Programirani trenažni procesi obuhvaćali su 21 vježbu kojima su bile aktivirane glavne mišićne grupe u tijelu (Tablica 1). Grupa 3x provodila je vježbe tri puta tjedno: ponedjeljkom, srijedom i petkom, dok je grupa 6x provodila iste vježbe šest puta tjedno: ponedjeljkom, utorkom i srijedom i zatim ih ponovila četvrtkom, petkom i subotom. Grupe su na kraju tjedna odradile isti volumen treninga, odnosno isti broj vježbi i serija (Colquhoun et al., 2018).

Grupa 3x provodila je svaku vježbu u četiri serije što iznosi sveukupno 28 serija u treningu, grupa 6x provodila je dvije serije na svakoj vježbi što je sveukupno 14 serija u treningu. Svaka grupa radila je između 6 i 12 ponavljanja (tj. 6-12 RM, do koncentričnog otkaza) svaku seriju (McLester et al., 2000). Iz tjedna u tjedan opterećenje se povećavalo, dok je broj ponavljanja ostao u zadanom rasponu (Colquhoun et al., 2018; B. J. Schoenfeld, Ratamess, Peterson, Contreras, & Tiriyaki-Sonmez, 2015).

Tempo izvođenja vježbi bio je umjeren s omjerom vremena koncentrične i ekscentrične kontrakcije od 1:2 (Ribeiro et al., 2015). Odmor između serija bio je 90 sekundi, a između vježbi dvije-tri minute (Gentil & Bottaro, 2010; McLester et al., 2000; Ribeiro et al., 2015). Ispitanici su trenirali u parovima u kojem je jedan ispitanik vježbao dok bi se drugi odmarao. Sve treninge nadzirali su asistenti u radu, stručnjaci kineziologije i fitnesa jer je dokazano da se nadgledanjem treninga postižu bolji rezultati (Arazi et al., 2011; Gentil & Bottaro, 2010). Prije svakog treninga provodilo se standardizirano zagrijavanje u trajanju od 10 minuta u kojem se trčanjem sa zadatcima i dinamičkim istezanjem zagrijalo cijelo tijelo koje bi tako bilo spremno za vježbanje (Arazi et al., 2011).

Istraživanje je trajalo ukupno osam tjedana, od kojih je šest tjedana bilo predviđeno za trening i dva za testiranje i mjerenja (Colquhoun et al., 2018; Yue, Karsten, Larumbe-Zabala, Seijo, & Naclerio, 2017). Od ispitanika se zatražilo da tijekom studije ne provode nikakav oblik tjelesnog vježbanja.

Tablica 1. Važniji parametri trenažnog procesa po danima i serijama grupe 3x i 6x

grupa	Ponedjeljak	Utorak	Srijeda	Četvrtak	Petak	Subota	Broj serija
3x	1. Razvlačenja sa sajlama na trenažeru 2. Veslanje u pretklonu 3. Odručenje bućicama 4. Opužanje podlaktice iznad glave sjedeći 5. Pregib podlaktice na scott trenažeru 6. Ležeći nožni potisak 7. Pregib potkoljenica na trenažeru ležeći	/	1. Razvlačenja s bućicama na ravnoj klupi 2. Sjedeće veslanje 3. Uspravno letanje sa sajlama na trenažeru 4. Ležeći francuski potisak 5. Pregib podlaktice s bućicama 6. Opužanje potkoljenice u sjedu 7. Rumunjsko mrtvo dizanje	/	1. Razvlačenje na peck deck trenažeru 2. Povlačenja na prsa lat na trenažeru 3. Sjedeći potisak bućicama iznad glave 4. Opužanje podlaktice sa sajlama na trenažeru 5. Pregib podlaktice sa šipkom 6. Stražnji čučanj 7. Pregib potkoljenica na trenažeru	/	4
6x	1. Razvlačenja na sajlama na trenažeru 2. Veslanje u pretklonu 3. Odručenje bućicama 4. Opužanje podlaktice iznad glave sjedeći 5. Pregib podlaktice na scott trenažeru 6. Ležeći nožni potisak 7. Pregib potkoljenica na trenažeru ležeći	1. Razvlačenja s bućicama na ravnoj klupi 2. Sjedeće veslanje 3. Uspravno letanje sa sajlama na trenažeru 4. Ležeći francuski potisak 5. Pregib podlaktice s bućicama 6. Opužanje potkoljenice u sjedu 7. Rumunjsko mrtvo dizanje	1. Razvlačenje na peck deck trenažeru 2. Povlačenja na prsa na lat trenažeru 3. Sjedeći potisak bućicama iznad glave 4. Opužanje podlaktice sa sajlama na trenažeru 5. Pregib podlaktice sa šipkom 6. Stražnji čučanj 7. Pregib potkoljenica na trenažeru	1. Razvlačenja sa sajlama na trenažeru 2. Veslanje u pretklonu 3. Odručenje bućicama 4. Opužanje podlaktice iznad glave sjedeći 5. Pregib podlaktice na scott trenažeru 6. Ležeći nožni potisak 7. Rumunjsko mrtvo dizanje	1. Razvlačenja s bućicama na ravnoj klupi 2. Sjedeće veslanje 3. Uspravno letanje sa sajlama na trenažeru 4. Ležeći francuski potisak 5. Pregib podlaktice s bućicama 6. Opužanje potkoljenice u sjedu 7. Pregib potkoljenica na trenažeru ležeći	1. Razvlačenje sa sajlama na trenažeru 2. Povlačenja na prsa na lat trenažeru 3. Sjedeći potisak bućicama iznad glave 4. Opužanje podlaktice sa sajlama na trenažeru 5. Pregib podlaktice sa šipkom 6. Stražnji čučanj 7. Rumunjsko mrtvo dizanje	2
Legenda: 3x – trening s otporom od tri puta tjedno; 6x – trening s otporom od šest puta tjedno							

3.4 Statistička analiza podataka

U ovom radu koristila se serija ANOVA za ponavljana mjerenja u svrhu utvrđivanja razlika u veličini promjene između inicijalnog i finalnog mjerenja između dvaju grupa ispitanika za svaki promatrani mišić. Također, za sve varijable izračunati su deskriptivni pokazatelji za inicijalno i finalno mjerenje. ANOVA-om za ponavljana mjerenja utvrđuje se je li veličina promjene u promatranoj varijabli između inicijalnog i finalnog mjerenja statistički značajno različita između dvije promatrane grupe ispitanika (grupe 3x i grupe 6x). Također je izračunat Cohenov d (veličina učinka) za kvantifikaciju veličine promjene između inicijalnog i finalnog mjerenja za svaki promatrani mišić. Cohenov d računao se na način da su oduzete aritmetičke sredine inicijalnog i finalnog mjerenja te podijeljene sa zajedničkom standardnom devijacijom. Izračunata zajednička standardna devijacija se odnosi na ukupni uzorak ispitanika (3x i 6x).

$$d = \frac{AS_i - AS_f}{\text{zajednička SD}}$$

4 Rezultati

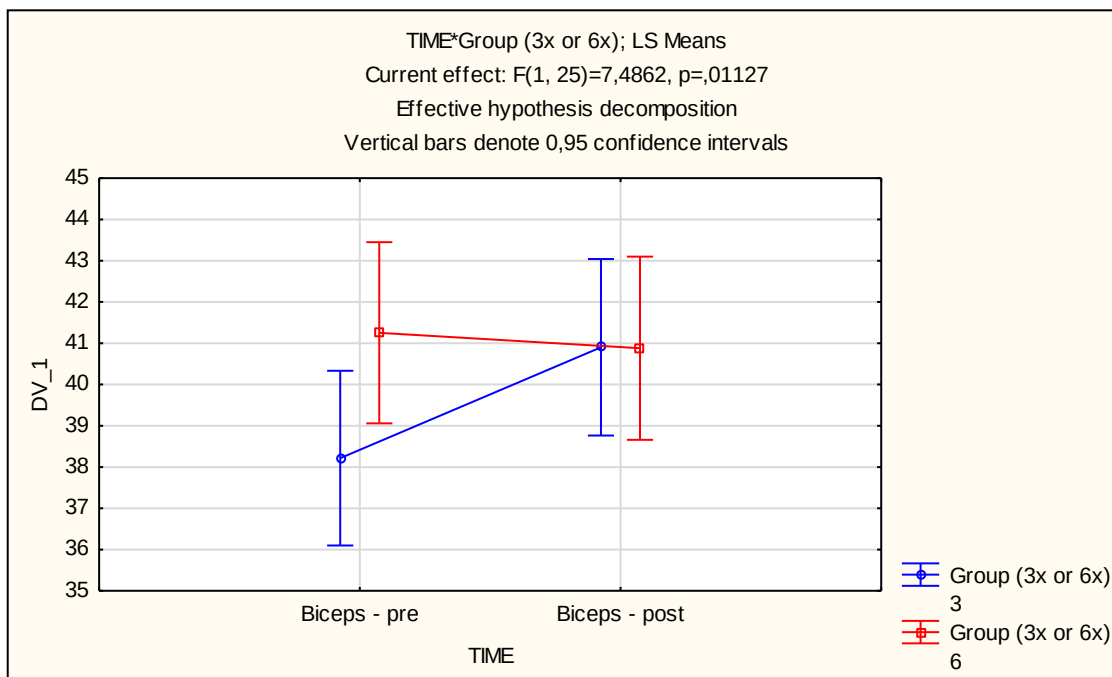
Promjene u debljini mišića bicepsa brachia, triceps brachia, rectus femoris te vastus intermedius između dva mjerenja u obje grupe (3x i 6x) prikazane su u Tablici 2. uz prikaz veličine učinka (Cohen's d). Veličina učinka interpretirala se kao trivijalna ($<0,2$), mala ($\geq 0,2$), srednja ($\geq 0,5$) i velika ($\geq 0,8$).

Biceps brachii u grupi 3x ima promjenu između prvog i drugog mjerenja koja se može opisati kao srednja ($d=0,6$), dok u grupi 6x ima promjenu koja se može opisati kao negativna ($d=-0,1$). Triceps brachii u grupi 3x ima promjenu između prvog i drugog mjerenja koja se može opisati kao velika ($d=0,8$), te u grupi 6x također ima promjenu koja se može opisati kao velika ($d=0,8$). Rectus femoris u grupi 3x ima promjenu između prvog i drugog mjerenja koja se može opisati kao mala ($d=0,3$), dok u grupi 6x ima promjenu koja se može opisati kao srednja ($d=0,5$). Vastus intermedius u grupi 3x ima promjenu između prvog i drugog mjerenja koja se može opisati kao srednja ($d=0,6$), te u grupi 6x također ima promjenu koja se može opisati kao srednja ($d=0,6$).

Na slikama 3, 4, 5, 6 prikazani su rezultati ANOVA-e za ponovljena mjerenja, tj. razlike u veličini promjene između inicijalnog i finalnog mjerenja između dvije grupe ispitanika (3x i 6x) u debljini mišića bicepsa brachia (Slika 3; $p=0,01$), tricepsa brachia (Slika 4; $p=0,61$), rectusa femoris (Slika 5; $p=0,75$) te vastus intermedius (Slika 6; $p=0,88$).

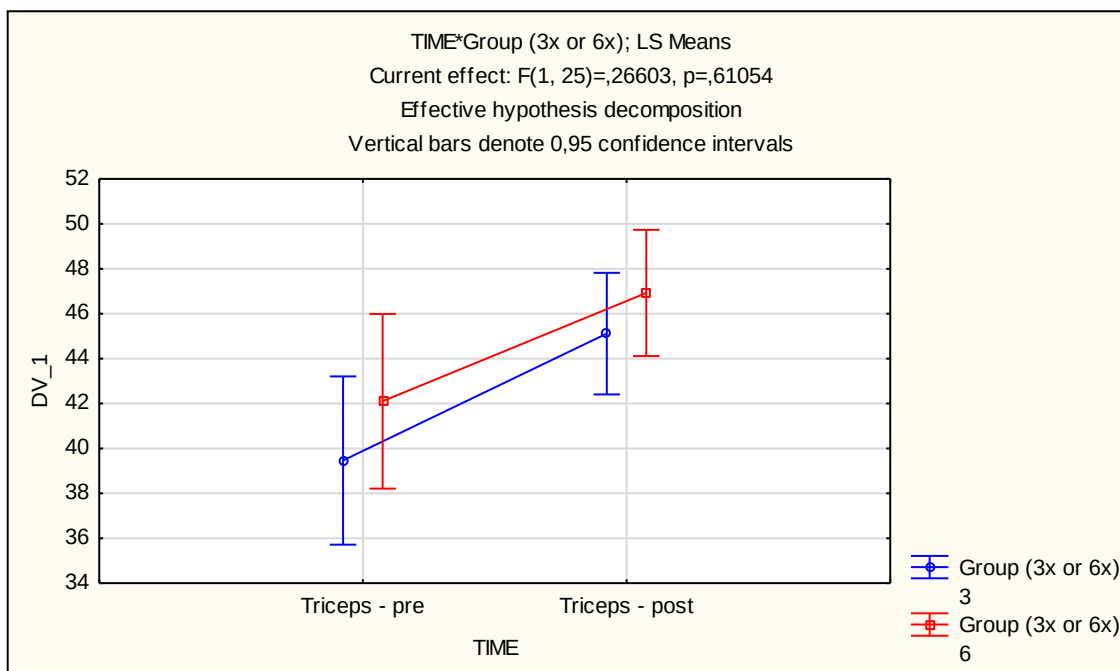
Tablica 2. Aritmetičke sredine inicijalnog i finalnog mjerenja te veličina učinka svakog mišića

Mišić/grupa ispitanika	Stanje	Eksperimentalna grupa
Biceps brachii (mm) grupa 3x	Inicijalno	38.2 ± 3.7
	Finalno	40.9 ± 4.2
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.6
Biceps brachii (mm) grupa 6x	Inicijalno	41.3 ± 3.7
	Finalno	40.9 ± 3.2
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	-0.1
Triceps brachii (mm) grupa 3x	Inicijalno	39.5 ± 7.1
	Finalno	45.1 ± 4.7
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.8
Triceps brachii (mm) grupa 6x	Inicijalno	42.1 ± 5.9
	Finalno	46.9 ± 4.8
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.8
Rectus f. (mm) grupa 3x	Inicijalno	25.6 ± 4.5
	Finalno	26.8 ± 4.7
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.3
Rectus femoris (mm) grupa 6x	Inicijalno	23.9 ± 2.5
	Finalno	25.4 ± 2.6
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.5
Vastus intermedius (mm) grupa 3x	Inicijalno	21.0 ± 4.0
	Finalno	23.1 ± 3.0
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.6
Vastus intermedius (mm) Grupa 6x	Inicijalno	21.6 ± 3.3
	Finalno	23.9 ± 3.7
	Veličina učinka (Cohenov <i>d</i>)	0.6



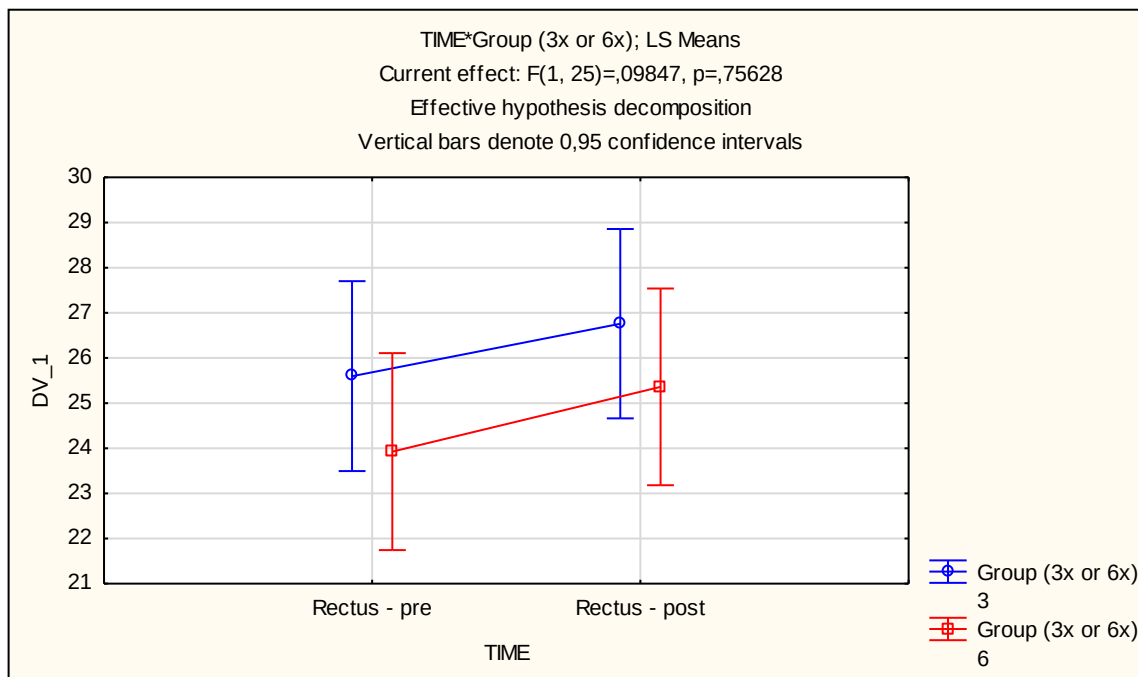
Slika 3. Rezultati ANOVA-e za ponavljana mjerenja: usporedba promjena između inicijalnog i finalnog mjerenja u debljini bicepsa brachia između grupe 3x i grupe 6x. Prikazani su interakcijski efekti (vrijeme x grupa) koji su bili statistički značajni ($p=0,01$).

Objašnjenje kratica: biceps – pre je debljina mišića u prvom mjerenju; biceps post je debljina mišića u drugom mjerenju; Time- vrijeme; Group 3- skupina koja je trenirala 3x; group 6- skupina koja je trenirala 6x



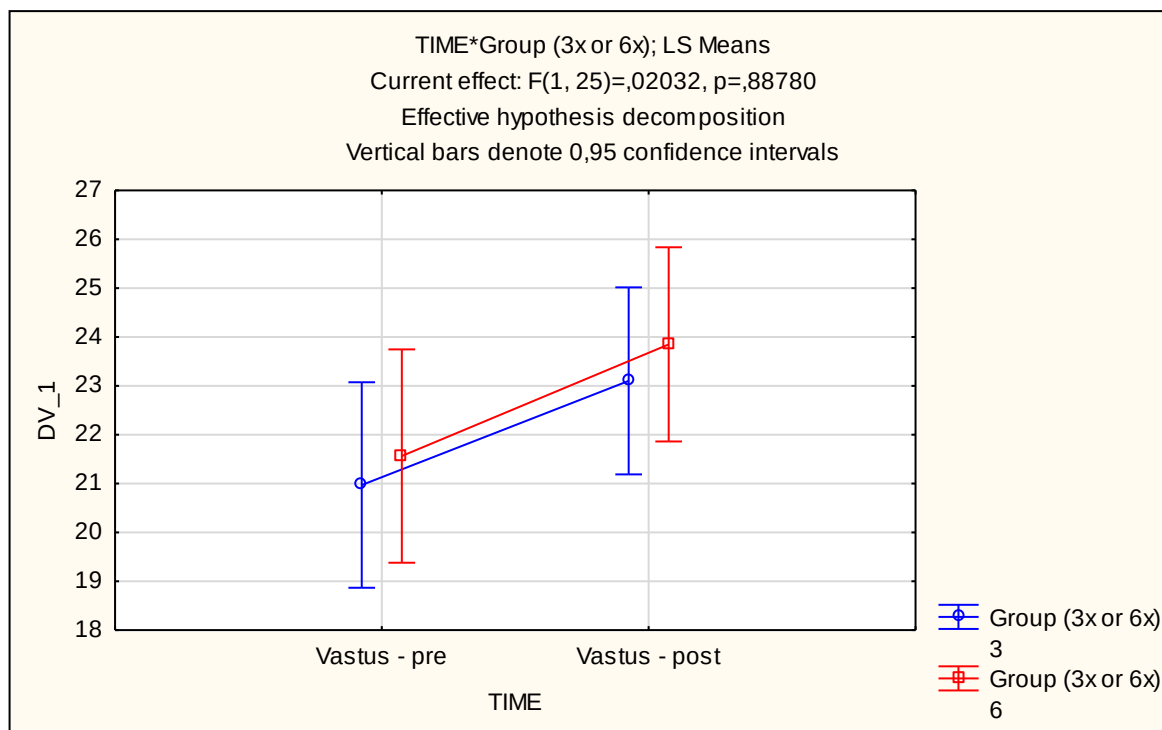
Slika 4. Rezultati ANOVA-e za ponavljana mjerenja: usporedba promjena između inicijalnog i finalnog mjerenja u debljini tricepsa brachia između grupe 3x i grupe 6x. Prikazani su interakcijski efekti (vrijeme x grupa) koji nisu bili statistički značajni ($p=0,61$).

Objašnjenje kratica: *triceps – pre* je debljina mišića u prvom mjerenju; *triceps post* je debljina mišića u drugom mjerenju; *Time-* vrijeme; *Group 3-* skupina koja je trenirala 3x; *group 6-* skupina koja je trenirala 6x



Slika 5. Rezultati ANOVA-e za ponavljana mjerenja: usporedba promjena između inicijalnog i finalnog mjerenja u debljini rectusa femorisa između grupe 3x i grupe 6x. Prikazani su interakcijski efekti (vrijeme x grupa) koji nisu bili statistički značajni ($p=0,75$).

Objašnjenje kratica: rectus – pre je debljina mišića u prvom mjerenju; rectus post je debljina mišića u drugom mjerenju; Time- vrijeme; Group 3- skupina koja je trenirala 3x; group 6- skupina koja je trenirala 6x



Slika 6. Rezultati ANOVA-e za ponavljana mjerenja: usporedba promjena između inicijalnog i finalnog mjerenja u debljini vastusa intermediausa između grupe 3x i grupe 6x. Prikazani su interakcijski efekti (vrijeme x grupa) koji nisu bili statistički značajni ($p=0,88$).

Objašnjenje kratica: vastus – pre je debljina mišića u prvom mjerenju; vastus post je debljina mišića u drugom mjerenju; Time- vrijeme; Group 3- skupina koja je trenirala 3x; group 6- skupina koja je trenirala 6x

5 Rasprava

Učestalost treniranja i implementiranje te varijable u trenažni program i dalje zbunjuje fitnes trenere, kondicijske trenere te rekreativce. Ovom studijom pokušali smo dati doprinos daljnjem istraživanju ove varijable kada je u pitanju viša frekvencija treninga ($>3x$ tjedno). Cilj je bio istražiti utjecaj različite učestalosti treninga na mišićnu hipertrofiju. Jedna grupa je trenirala 3 puta tjedno, a druga grupa 6 puta tjedno pod uvjetom da je izjednačen volumen treninga obje grupe po mišićnoj grupaciji. Rezultati su pokazali da su obje grupe postigle značajan mišićni rast. Ne postoje velike razlike u povećanim učincima mišićne hipertrofije u obje grupe za 3 izmjerena mišića (triceps brachii, rectus femoris, vastus intermedius), međutim za 4. izmjereni mišić (biceps brachii) očita je razlika te ona ide u prilog grupi koja je trenirala 3 puta tjedno. Dakle, početna hipoteza je djelomično potvrđena odnosno samo jedan od četiri mišića se statistički značajno razlikuje između grupa u mišićnom rastu.

Jako malo studija napravljeno je sličnim dizajnom, direktnim mjerama procjene, a pogotovo da je trenažna učestalost bila visoka ($>3x$ tjedno). Iz tog razloga teško će nam biti usporediti prisutne rezultate sa postojećim rezultatima već napravljenih studija. Postoji jako slična, nedavno objavljena studija koja je koristila istu učestalost treniranja pod izjednačenim volumenom treninga (Colquhoun et al., 2018). Ispitanici su morali biti uključeni u trening s otporom minimalno 6 mjeseci prije istraživanja te su nasumično raspoređeni u dvije grupe ; $3x$ ($n=16$) i $6x$ ($n=12$). Zaključeno je da nema razlika između grupa u nemasnoj i masnoj masi tijela, međutim koristili su indirektnu mjeru procjene sastava tijela odnosno mišićne hipertrofije (Jackson Pollock formula). Postoje dvije studije koje su napravljene na treniranoj populaciji poput body-buildera i dizača utega klasičnim načinom, a da se provodila visoka trenažna učestalost. Jedna od njih je neobjavljena studija koja je izložena na konferenciji ECCS 2012, koja je također koristila sličan dizajn studije te populaciju dizača utega klasičnim načinom ($n=16$) (Raastad T, Kirketeig A, Wolf D, et al., 2012). Grupa koja je trenirala $6x$ tjedno pokazala je značajno povećanje u mišićnoj masi quadricepsa u odnosu na grupu koja je trenirala $3x$ tjedno (4.2 ± 4.3 vs. $-0.6\pm 1.6\%$). Nadalje Ribeiro i suradnici su napravili studiju na populaciji profesionalnih body-buildera ($n=10$) te su ispitanici nasumično raspodijeljeni u grupu koja je trenirala $4x$ tjedno i u grupu $6x$ tjedno (Ribeiro et al., 2015). Rezultati su pokazali da nema

razlika između grupa u nemasnoj masi tijela, međutim studija je koristila SPLIT rutinu treniranja. Iz tog razloga, unatoč visokoj učestalosti trenažnog procesa i izjednačenog volumena treninga, ispitanici su stimulirali 2x tjedno jednu mišićnu grupaciju. Također, koristili su indirektnu mjeru procjene sastava tijela. Čini se da povišena učestalost treninga ne uvjetuje nužno i povećani mišićni rast ispitanika, uz uvjet da je izjednačen volumen treninga između grupa. Iznimka je norveška studija koja nije adekvatno proučena i objavljena. Schoenfeld u svojem radu navodi da generalne preporuke za mišićnu hipertrofiju uvjetuju barem 48h odmora između trenažnog podražaja za istu mišićnu grupu (Schoenfeld, 2010). Nadovezujući se na to, pretpostavlja se da odrađivanje treninga za vrijeme odnosno prije nego što je pokrenuta sinteza mišićnih proteina, koja traje otprilike 48 h nakon treninga, narušava rast mišićnih proteina (MacDougall et al., 1995). Kada pogledamo rezultate, izmjereni biceps brachii kod grupe 3x ima značajniji mišićni rast nego grupa 6x. Moguće je da zbog treniranja leđne muskulature, gdje je kao sinergist uključen biceps brachii, dovelo do nedostatnog oporavka za sljedeći trening. Nadalje, triceps brachii se trenirao isključivo izolirajućim vježbama te je imao više vremena za oporavak. Kao što je navedeno u uvodu prije postavljanja problema, studije niže trenažne učestalosti ($< 3x$) upućuju na to da stimulacija mišićnih grupacija 2x tjedno daje najbolje hipertrofije učinke, što je u suglasju s prethodno navedenim mehanizmima.

Promatrajući ovu studiju možemo uočiti njezine prednosti i nedostatke. Velika prednost ove studije jest što se koristila direktna mjera procjene mišićne hipertrofije (ultrazvuk) za razliku od većine studija s ovom tematikom koje su koristile indirektnu mjeru (potkožni nabori, Jackson i Pollock formula, opsezi). Trenažni proces je bio nadgledan u svakom treningu od strane tri trenera sa individualnim popisom vježbi i opterećenja svakog ispitanika. Međutim ova studija ima nedostataka koje bi trebalo pripaziti prilikom kreiranja budućih, sličnih dizajna studija. Prvo, trenažni proces je trajao samo 6 tjedana. Razumljivo je da bi dužim trajanjem trenažnog procesa mogli dobiti drukčije rezultate u mišićnoj hipertrofiji. Drugo, studija je provedena na zdravoj, muškoj populaciji s iskustvom treniranja s utezima (minimalno 6 mjeseci). Ovi rezultati se nažalost ne mogu primjenjivati na jakoiskusne vježbače kao što su profesionalni dizači utega klasičnim načinom i body-builderi. Također, zbog isključivo muške populacije u studiji, rezultati se ne mogu primjenjivati na žensku populaciju. Međutim, studije koje su provedene na ženskoj populaciji prikazuju da su rezultati u povećanju mišićne mase slični, ako je izjednačen volumen treninga između grupa različitih trenažnih učestalosti (Benton, Kasper, Raab,

Waggener, & Swan, 2011)(Calder, Chilibeck, Webber, & Sale, 1994) . Treće, ispitanicima se nisu kontrolirale prehrambene navike. Dokazano je da unos proteina bitno utječe na rast mišića (Andersen et al., 2005). Međutim,ispitanicima je održano predavanje o važnosti unosa proteina te zabrane suplemenata zbog homogenosti grupa. Ispitanici su nasumično raspodijeljeni te je time smanjen učinak različitosti prehrambenih navika.

6 Zaključak

Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja, malo je radova napravljeno s ovako visokom trenažnom učestalošću i direktnim mjerama mišićne hipertrofije. U radu su predstavljeni rezultati mišićne hipertrofije dvije grupe (3x i 6x) različite trenažne učestalosti, mjerene ultrazvukom. Obje grupe ostvarile su značajan mišićni rast na kraju procesa. Ne postoje razlike u povećanju mišićne mase za većinu izmjenjenih mišića (triceps brachi, rectus femoris, vastus intermedius), međutim, postoji razlika u mjerama mišića bicepsa brachia. Povećanje mišićnog rasta u tom mišiću ide u prilog grupe 3x. S ovim možemo zaključiti da je trenažna učestalost u trajanju od 3x tjedno dovoljna, ako ne i učinkovitija za ovu populaciju, pod uvjetom da je trenažni volumen jednak.

7 Literatura

- American College of Sports Medicine position stand. (2009). Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 687–708. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Andersen, L. L., Tufekovic, G., Zebis, M. K., Crameri, R. M., Verlaan, G., Kjær, M., ... Aagaard, P. (2005). The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 54(2), 151–156. <http://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.07.012>
- Arazi, H., Asadi, A., Aziri, H., Asadi, A., Arazi, H., Asadi, A., ... Asadi, A. (2011). Effects of 8 Weeks Equal-Volume Resistance Training with Different Workout Frequency on Maximal Strength, Endurance and Body Composition. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 05(02), 112–118.
- Benton, M. J., Kasper, M. J., Raab, S. A., Waggener, G. T., & Swan, P. D. (2011). Short-Term Effects of Resistance Training Frequency on Body Composition and Strength in Middle-Aged Women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(11), 3142–3149. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820f505f>
- Calder, A. W., Chilibeck, P. D., Webber, C. E., & Sale, D. G. (1994). Comparison of Whole and Split Weight Training Routines in Young Women. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(2), 185–199. <http://doi.org/10.1139/h94-014>
- Colquhoun, R. J., Gai, C. M., Aguilar, D., Bove, D., Dolan, J., Vargas, A., ... Campbell, B. I. (2018). Training Volume, Not Frequency, Indicative of Maximal Strength Adaptations to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002414>
- Gentil, P., & Bottaro, M. (2010). Influence of Supervision Ratio on Muscle Adaptations to Resistance Training in Nontrained Subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 639–643. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ad3373>
- Hackett, D. A., Johnson, N. A., & Chow, C. M. (2013). Training practices and ergogenic aids used by male bodybuilders. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1609–1617. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318271272a>

- MacDougall, J. D., Gibala, M. J., Tarnopolsky, M. A., MacDonald, J. R., Interisano, S. A., & Yarasheski, K. E. (1995). The Time Course for Elevated Muscle Protein Synthesis Following Heavy Resistance Exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(4), 480–486. <http://doi.org/10.1139/h95-038>
- McLester, J. R., Bishop, P., & Guilliams, M. E. (2000). Comparison of 1 Day and 3 Days Per Week of Equal-Volume Resistance Training in Experienced Subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 273–281. <http://doi.org/10.1519/00124278-200008000-00006>
- Ogasawara, R., Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Loftin, M., & Abe, T. (2012). Time course for arm and chest muscle thickness changes following bench press training. *Interventional Medicine & Applied Science*, 4(4), 217–20. <http://doi.org/10.1556/IMAS.4.2012.4.7>
- Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & Narici, M. V. (2004). Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 116–118. <http://doi.org/10.1007/s00421-003-0961-9>
- Ribeiro, A. S., Schoenfeld, B. J., Silva, D. R. P., Pina, F. L. C., Guariglia, D. A., Porto, M., ... Cyrino, E. S. (2015). Effect of two- Versus three-Way split resistance training routines on body composition and muscular strength in bodybuilders: A pilot study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(6), 559–565. <http://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0077>
- Schoenfeld. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training, 24(10), 2857–2872.
- Schoenfeld, brad j., nicholas a. ratamess mark d. peterson, bret contreras, A., tiryaki-sonmez, & gul. (2015). Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men, 29(7), 1821–1829.
- Schoenfeld, B. (2016a). *Science and development of muscle hypertrophy*.
- Schoenfeld, B. (2016b). *Science and Development of Muscle Hypertrophy* (Vol. 7).
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(11), 1689–1697. <http://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
- 8
- Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., & Tiryaki-Sonmez, G.

- (2015). Influence of Resistance Training Frequency on Muscular Adaptations in Well-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1821–1829. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000970>
- Westcott, W. L. (2012). Resistance Training is Medicine : Effects of Strength Training on Health, 209–216.
- Yue, F. (Leon), Karsten, B., Larumbe-Zabala, E., Seijo, M., & Naclerio, F. (2017). Comparison of 2 weekly-equalized volume resistance-training routines using different frequencies on body composition and performance in trained males. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 1–7. <http://doi.org/10.1139/apnm-2017-0575>

8 Prilozi

U ovom diplomskom radu prilažem dva odobrenja. Prilog 1. ukazuje na odobrenje kliničke bolnice „Sveti Duh“ za mjerenje debljine mišića ultrazvukom u njihovoj instituciji. Prilog 2. ukazuje na odobrenje etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta u Zagrebu za provođenje znanstvenog istraživanja u toj instituciji.



KLINIČKA BOLNICA "SVETI DUH"
10000 ZAGREB, Sveti Duh 64
ETIČKO POVJERENSTVO

Telefon: 37 12 153
Centrala: 37 12 111
Fax: 37 12 308

UR.BROJ: 01- 4678
Zagreb, 20. prosinca 2017. godine

prim.mr.sc. Franka Jelavić Kojić, dr.med.
Zavod za radiologiju

Etičko povjerenstvo Kliničke bolnice „Sveti Duh“ u sastavu: prim.mr.sc. Tomislav Hafner, dr.med., predsjednik, prof.dr.sc. Biljana Kuzmanović Elabjer, prim.dr.med., član, doc.dr.sc. Anton Vladić, prim.dr.med., član i Mladenka Bekavac, prof., mag.bibl., član, povodom zamolbe prim.mr.sc. Franke Jelavić Kojić, dr.med., ur.broj: 012-19457 od 16. listopada 2017. godine, na sjednici održanoj dana 20. prosinca 2017. godine, donijelo je slijedeću

ODLUKU

Odobrava se prim.mr.sc. Franki Jelavić Kojić, dr.med., provođenje istraživanja pod nazivom „Usporedba treninga s otporom visoke i srednje frekvencije na mišićnu hipertrofiju, jakost i mišićnu izdržljivost“.

PREDSEDNIK ETIČKOG POVJERENSTVA
prim.mr.sc. Tomislav Hafner, dr.med.



Prilog 1. Odobrenje kliničke bolnice Sv. Duh za korištenje i mjerenje ultrazvukom.

Broj: 34/2017

Zagreb, 17. studeni 2017.

Povjerenstvo za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, povodom zamolbe Juraja Šarića, Domagoja Lisice i Ivana Orlića, za odobrenje znanstvenog istraživanja na sjednici održanoj dana 17. studenog 2017.godine, donijelo je slijedeće

MIŠLJENJE

Temeljem uvida u dostavljene materijale – problem, ciljeve, hipoteze i način provođenja eksperimenta vezanih uz predloženo istraživanje **Juraja Šarića, Domagoja Lisice i Ivana Orlića** pod nazivom *Usporedba treninga s otporom visoke i srednje frekvencije na mišićnu hipertrofiju, jakost i izdržljivost* Povjerenstvo je zaključilo da se u predloženom znanstvenom istraživanju poštuju i primjenjuju etička i profesionalna načela te se *daje suglasnost za njegovo izvođenje.*



Predsjednica Povjerenstva
za znanstveni rad i etiku

Sanja Šalaj
doc.dr.sc. Sanja Šalaj

Prilog 2. Odobrenje kineziološkog fakulteta za provođenje znanstvenog istraživanja u sklopu institucije Kineziološkog fakulteta u Zagrebu.

Zahvale

Zahvaljujem svome tati koji me uz stalnu podršku i razumijevanje podupirao tokom školovanja na fakultetu.

Također zahvaljujem svom supermentoru na vodstvu i nesebičnim savjetima tokom studija, motivirali ste me svojim primjerom.

Hvala kolegama na zanimljivim studentskim danima te zajedničkom preživljavanju 10000 sportova.