

Utjecaj treninga jakosti na mišićnu hipertrofiju

Lukač, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:532223>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Stručni prijediplomski studij kineziologije

UTJECAJ TRENINGA JAKOSTI NA
MIŠIĆNU HIPERTROFIJU

(Završni rad)

Student:
Josip Lukač

Mentor:
Dr. sc. Nikola Foretić

Split, rujan 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. STRUKTURA MIŠIĆA	2
2.1. TIPOVI MIŠIĆNIH VLAKANA	3
2.2. MEHANIZAM MIŠIĆNE KONTRAKCIJE	4
3. HIPERTROFIJA	5
3.1. VRSTE MIŠIĆNE HIPERTROFIJE	5
3.1.1. SARKOPLAZMATSKA HIPERTROFIJA	6
3.1.2. MIOFIBRILARNA HIPERTROFIJA	7
3.2. FAKTORI KOJI UTJEČU NA HIPERTROFIJU	8
4. JAKOST	9
4.1. MANIFESTACIJE JAKOSTI	11
4.2. FIZIOLOGIJA TRENINGA JAKOSTI I UTJECAJ NA HIPERTROFIJU	11
4.3. FAKTORI KOJI UTJEČU NA JAKOST	12
5. METODIKA TRENINGA JAKOSTI I VARIJABLE U TRENINGU	14
5.1. INTENZITET/OPTEREĆENJE	17
5.2. VOLUMEN	18
5.3. IZBOR I REDOSLIJED VJEŽBI	18
5.4. INTERVALI ODMORA	20
6. ZAKLJUČAK	21
7. LITERATURA	22

SAŽETAK

Glavni cilj ovog završnog rada je utvrditi postoji li utjecaj treninga jakosti na mišićnu hipertrofiju. Kako bi smo utvrdili postoji li povezanost, objašnjena je uloga, građa i karakteristike skeletnih mišića. Njihova primarna uloga je pokretanje tijela te su zbog toga s aspekta treninga jakosti zanimljivi zbog svoje sposobnosti prilagođavanja na treninge s otporom. Jedan od mehanizama njihove prilagodbe je i hipertrofija tj. mišićni rast.

Istraživanjem utjecaja treninga jakosti na mišićni rast, fokusirati ćemo se na fiziološke i biomehaničke aspekte koji su zaslužni za hipertrofiju. Kako bi ispunili sve fiziološke i biomehaničke zahtjeve potrebne za mišićni rast u ovom radu se navode određene metode treninga te se obrazlaže utjecaj određenih varijabli u treningu na stvaranje dovoljne količine mehaničke napetosti, metaboličkog stresa i mišićnog oštećenja, a što su elementi koje treningom moramo zadovoljiti kako bi u sklopu adaptacije mišića nastupila hipertrofija.

ABSTRACT

The primary objective of this final paper is to determine if strength training affects muscle hypertrophy. In order to establish a connection, the role, structure, and characteristics of skeletal muscles were explained. Their primary role is to move the body, which is why they are interesting from the point of view of strength training due to their ability to adapt to resistance training. Hypertrophy, also known as muscle growth, is a mechanism for their adaptation.

By investigating the impact of strength training on muscle growth, we will focus on the physiological and biomechanical aspects responsible for hypertrophy. In order to fulfill all the physiological and biomechanical requirements necessary for muscle growth, in this work we will explain methods and the influence of certain variables in training on the creation of a sufficient amount of mechanical tension, metabolic stress and muscle damage, which are the elements that must be accomplished by strength training to achieve Hypertrophy as part of muscle adaptation.

1. UVOD

U današnjem svijetu kondicijske pripreme i fitnessa, koncept treninga jakosti predstavlja jedan od glavnih elemenata u razvoju mišićne hipertrofije, a samim time pridonosi transformaciji morfoloških, motoričkih i funkcionalnih obilježja sportaša. Trening jakosti, također, pridonosi poboljšanju sportskih preformansi ukoliko se on izvodi na način da se ciljano poboljšavaju specifične sposobnosti potrebne u pojedinom sportu, a osim navedenog, trening jakosti uključen je i u trening koji za cilj ima prevenciju ozljeda, rehabilitaciju i održavanje tjelesnog zdravlja.

U ovom radu za početak ćemo objasniti ulogu i građu mišića te koje vrste mišićnih vlakana postoje. Tek kada shvatimo ulogu, svojstva i mogućnosti mišića možemo razraditi teoriju o tome kako ćemo ciljanim treningom utjecati na njihov rast tj hipertrofiju.

Jakost koja se definira kao sposobnost mišića da proizvede maksimalnu silu neovisno o vremenskom intervalu je jedna od temeljnih motoričkih sposobnosti te je uključena u određenim ciklusima u trenažne procese gotovo svih sportaša. Ona ovisi o mnogim fiziološkim čimbenicima i ima različite manifestacije koje ćemo u ovom radu objasniti.

Stoga, cilj ovog rada je pokušati objasniti na koji način će trening jakosti utjecati na mišićnu hipertrofiju te kojim metodama i na koje načine ćemo stvoriti dovoljnu količinu mehaničke napetosti, metaboličkog stresa i mišićnog oštećenja kako bi rezultat treninga jakosti bio mišićni rast.

2. STRUKTURA MIŠIĆA

Kako bismo mogli shvatiti na koji način treningom jakosti utječemo na mišić i hipertrofiju moramo postaviti temelje i razumijeti način funkcioniranja i izgled mišića i mišićnih vlakana te na koji način reagiraju na podražaj tj. stres koji izazivamo treningom i kako se adaptiraju.

Postoje tri vrste mišića: poprečno prugasti ili skeletni mišići te srčano i glatko mišićje. Nama su najzanimljivi skeletni mišići pošto se s ciljanim treningom jakosti prvenstveno utječe na njih. „Skeletni mišići imaju složenu građu koja omogućava učinkovit prijenost energije koju stvaraju miofibrili na čitav mišić i u konačnici na ekstremitet ili strukturu koja se pokreće. Mišić tvore mišićna vlakna koja su međusobno povezana ovojnicama vezivnog tkiva te su međusobno odijeljeni jedni od drugih i od ostalog tkiva ovojnicama ili fasciama (Karolyi, D. 2005)“. Skeletni mišići su osnovna komponenta ljudskog organizma čiji zadatak je pokretanje tijela.

Svi skeletni mišići se sastoje od velikog broja mišićnih vlakana, a svako mišićno vlakno inervirano je jednim živčanim završetkom. Unutar mišića nalaze se snopovi vlakana koji se nazivaju fascikuli, a unutar fascikula se nalaze mišićne stanice.

Skeletni mišić ima sposobnost proizvoditi proteine te zbog toga može rasti kada je to potrebno. „Svako mišićno vlakno sastoji se od miofibrila, a miofibrili sadrže dvije vrste proteinskih vlakana koja su odgovorna za kontrakciju mišića, to su aktin koji se nalazi u tankim vlaknima i miozin koji se nalazi u debelim vlaknima (Deshmukh i sur., 2015)“. Debeli, miozinski, na sebi ima poprečne mostiće na koje se veže ATP, a to je bitno zbog toga što, da bi došlo do kontrakcije mišića mora se cijepati energija, a ona se troši u obliku ATP-a.

2.1. TIPOVI MIŠIĆNIH VLAKANA

Kada govorimo o sposobnosti mišića da obavlja pokrete važno je napomenuti kako postoje različiti tipovi mišićnih vlakana. Razlikuju se:

- *Tip I vlakna (spora oksidativna)* - nazivaju se sporim mišićnim vlaknima iz razloga što je njihova kontrakcija sporija. Primarno su aerobnog karaktera što znači da koriste kisik prilikom proizvodnje energije. Bogata su mitohondrijima i mioglobinom.
- *Tip IIa vlakna (brza oksidativna-glikolitička vlakna)*- ova vlakna, kako i samo ime govori kombiniraju sposobnosti aerobnog i anaerobnog sustava. Imaju sposobnost brze kontrakcije, ali su relativno otporne na zamor. Pogodna su za srednje intenzivne aktivnosti u kojima su implementirane brzina i snaga.
- *Tip IIb (brza glikolitička vlakna)*- oslanjaju se na anearobne mehanizme. Brza su, ali zbog svoje velike brzine, jake kontrakcije i malog broja mitohondrija i mioglobina puno brže dolaze do zamora od prije navedenih vlakana tipa I i IIa.

Raznolikost navedenih mišićnih vlakana i njihova raspoređenost u mišićima, ljudskom organizmu omogućavaju široki spektar obavljanja fizičkih aktivnosti, od dugotrajnih aktivnosti i izdržljivosti do brzih, kratkih, eksplozivnih i maksimalnih opterećenja. Ovisno o funkciji mišića, i nasljednom faktoru, svaka osoba ima različit omjer sporih i brzih mišićnih vlakana unutar mišića, primjerice u mišiću gastrocnemius prevladavaju brza mišićna vlakna što mu omogućuje brze i jake kretnje koje su nužne prilikom skoka dok se u soleusu nalaze uglavnom spora mišićna vlakna pa se ona pretežno koriste pri dugotrajnim aktivnostima. Razlika između brzih i sporih vlakana je u tome da je promjer brzih vlakana skoro pa dvostruko veći i duplo su deblja od sporih. Enzimi koji su odgovorni za brzu proizvodnju energije su 2-3 puta aktivniji u brzim vlaknima, a spora vlakna građena su uglavnom tako da omogućuju izdržljivost i posebice stvaranje aerobne energije jer posjeduju mnogo više mitohondrija i mioglobina.

Zaključno, mišićna vlakna koja se brzo kontrahiraju mogu razviti veliku snagu koja kratko traje dok vlakna koja se sporo kontrahiraju omogućuju izdržljivost tijekom dužeg vremenskog perioda.

2.2. MEHANIZAM MIŠIĆNE KONTRAKCIJE

Mehanizam mišićnih kontrakcija temelji se na modelu „teorije klizanja filamenata“ kojeg su predložili Huxley i Hanson (1954). Kako bi lakše shvatili cijeli postupak, započnimo od donošenja odluke da napravimo određeni pokret. Obradujući informacije iz okoline mozak na temelju zahtjeva situacije planira odgovarajući odgovor i šalje živčane impulse koji putem živčanih stanica putuju do mišića. Dolaskom impulsa do živčanog završetka on gura sinaptičke mjehuriće u kojima se nalazi acetyl kolin prema sinaptičkoj pukotini. Kada acetyl kolin prođe kroz sinaptičku pukotinu veže se na receptore koji se nalaze na membrani mišića te se putem T- cjevčica prenosi u dubinu vlakna.

Sarkoplazmatska mrežica, koja obavlja mišićno vlakano služi kao skladište kalcija koji je neophodan za kontrakciju mišića jer kada se impuls putem T cjevčica prenese u mišićno vlakno sarkoplazmatska mrežica otpušta kalcijeve ione. Kako miozin i aktin u normalnom stanju nisu spojeni, potreban je kalcij kako bi se povezali. Kada se kalcij izluči iz sarkoplazmatske mrežice oni se povežu, a da bi se oni povezali mora postojati ATP tj. Energija.

Znači, koristeći energiju dobivenu iz ATP-a, miozinske glave vežu se za aktin te se pomiču i povlače prema sredini sarkomere. Nakon povlačenja, miozinske glave otpuštaju aktin i spremne su za novi ciklus.

Zaključno za ovu temu možemo reći kako će se treningom jakosti izazivati mnoge adaptacije unutar mišića. To uključuje povećanje mišićnih vlakana. Veća mišićna vlakna sadrže veći broj miofibrila, a veći broj miofibrila dovodi do veće efikasnosti u mišićnom radu i procesu klizanja filamenata.

3. HIPERTROFIJA

„Mišićna hipertrofija odnosi se posebno na rast u veličini skeletnih mišićnih vlakana koji se javlja kao rezultat treninga s otporom (Fleck i Kraemer, 2004)“. Mišićna hipertrofija je gotovo pa uvijek posljedica povećanja broja aktina i miozina. Prosječnu osobnu mišićnu masu uglavnom određuje nasljeđe i količina lučenja testosterona, a zbog čega je mišićna masa u muškaraca mnogo veća nego u žena. Međutim, treningom mišići mogu hipertrofirati možda još 30-60%. Hipertrofiju odnosno povećanje poprečnog presjeka mišićnih vlakana možemo okarakterizirati i kao najpoznatiji mehanizam prilagodbe mišića na trening jakosti.

Promjene koje nastaju unutar hipertrofiranog mišića su: povećanje broja miofibrila, povećanje mitohondrijskih enzima, povećanje spojeva fosfagenog sustava (ATP i fosfokreatin), povećanje zaliha glikogena i triglicerida.

Treningom jakosti uz hipertrofiju također utječemo i na neuromuskulatorne i hormonalne promjene koje se događaju kao prilagodba organizma na stres izazvan treningom, a u to je uključeno: povećanje hormona rasta koji se najvećim dijelom oslobađa prilikom vježbanja i spavanja i povećanje testosterona koji ima sposobnost da povećava sintezu proteina i smanjuje njegovu razgradnju što je od velike važnosti prilikom oporavka mišića na kojem nastaju mikrorupture tijekom treninga snage i jakosti. Što je trajanje rada duže i što je intenzitet veći doći će i do povećanja adrenalina i noradrenalina. Oni zajedno povećavaju minutni volumen srca, povećavaju krvni tlak i utječu na termoregulaciju tj. Zagrijavanje tijela.

3.1. VRSTE MIŠIĆNE HIPERTROFIJE

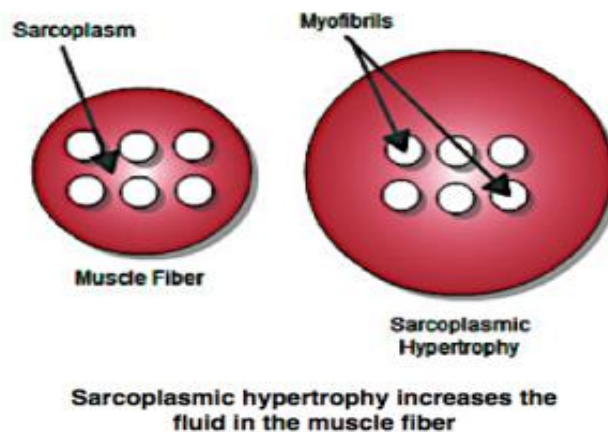
Kao što je gore spomenuto, hipertrofija označava povećanje veličine mišića, njegove mase i poprečnog presjeka te s obzirom na to razlikujemo dvije vrste mišićne hipertrofije, sarkoplazmatsku i miofibrilarnu hipertrofiju, ovisno o elementu koji se unutar mišića povećao.

3.1.1. SARKOPLAZMATSKA HIPERTROFIJA

Sarkoplazmatska hipertrofija je vrsta hipertrofije koja se odnosi na povećanje volumena sarkoplazme unutar mišićnih vlakana. Sarkoplazma je unutarstanična tekućina koja se nalazi između miofibrila u kojoj se nalazi glikogen, razgrađeni proteini, minerali, masti, mioglobin te izuzetno veliki broj mitohondrija. „Sarkoplazmatska hipertrofija može rezultirati većom mišićnom masom bez istodobnog povećanja snage (Siff, MC i Verkhoshansky, 1999.)“.

Smatra se da je ova vrsta hipertrofije specifična za određene vrste treninga što je potvrđeno studijama koje pokazuju da je mišićna hipertrofija različita kod bodybuildera i powerliftera jer je utvrđeno da se kod bodybuildera pokazuje povećanje broja stanica i povećanje volumena vezivnog tkiva koje okružuje pojedinačna mišićna vlakna i veći sadržaj glikogena u usporedbi s powerlifterima (Tesch, PA. 1988.).

Sarkoplazmatska hipertrofija se povezuje s treningom koji uključuje veliki broj ponavljanja srednjeg intenziteta opterećenja. Trening s kojim razvijamo sarkoplazmatsku hipertrofiju uglavnom uključuju veliki broj serija i ponavljanja, a njihov cilj je povećati kapacitet mišićne sarkoplazme za pohranu glikogena i ostalih gore navedenih elemenata.



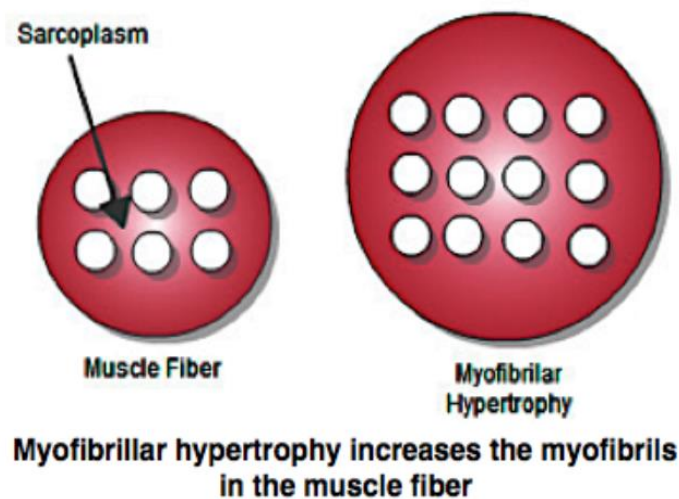
Slika 2. Prikaz sarkoplazmatske hipertrofije

preuzeto sa: <https://marcusduharty.wordpress.com/2013/01/04/398/>.

3.1.2. MIOFIBRILARNA HIPERTROFIJA

Miofibrilarna hipertrofija predstavlja povećanje veličine i broja kontraktilnih elemenata, aktina i miozina te povećanje broja sarkomera u nizu ili paralelu. Ona donosi povećanje snage mišića zbog povećanja broja i debljine miofibrila što posljedično dovodi do sposobnosti generiranja većih sila.

Većina hipertrofičnih odgovora nakon treninga s otporom rezultat je paralelno dodanih sarkomera. Izlažući skeletni mišić podražaju preopterećenja, dolazi do poremećaja u miofibrilima i izvanstaničnom matriksu što dovodi do povećanja veličine i broja kontraktilnih proteina, aktina i miozina te ukupnog broja sarkomera u paralelu. U konačnici, povećava se promjer pojedinih vlakana, a time i poprečni presjek mišića. Serijsko povećanje broja sarkomera javlja se kada se mišić nastoji prisilno prilagoditi novoj funkcionalnoj duljini. Primjerice, ova se pojava javlja kod udova u gipsu. Imobilizacija mišića u istegnutom položaju rezultirat će povećanim brojem sarkomera u seriju, dok će imobilizacija skraćenog mišića dovesti do smanjenja sarkomera u seriji (Schoenfeld, 2010).



Slika 3. prikaz miofibrilane hipertrofije

preuzeta sa: <https://marcusduharty.wordpress.com/2013/01/04/398/>.

3.2. FAKTORI KOJI UTJEČU NA HIPERTROFIJU

Mišićna hipertrofija je proces za koji su zaslužni mnogi faktori koji, kada rade u sinergiji, omogućavaju rast mišićnih vlakana. Da bi razumijeli kako utjecati na hipertrofiju potrebno je spoznati koji su faktori zaslužni za mišićni rast kako bi s ciljanim treningom mogli utjecati na njih i povećavati potencijal mišića. Mehanizmi koji utječu na hipertrofiju su:

- *metabolički stres*- označava nakupljanje metabolita u mišićnom tkivu koje se odvija tijekom intenzivnog vježbanja. U članku kojeg objavljuje Schoenfeld, B. J. (2013) autor navodi metabolički stres kao ključan faktor u procesu hipertrofije. Navodi kako nakupljanje metabolita (laktata, fosfata i vodikovih iona) stvara unutarstanično okruženje koje može stimulirati rast mišića kroz nekoliko mehanizama, a to su:
 - povećano lučenje hormona rasta koji je zaslužan za sintezu proteina u mišiću.
 - Povećan protok krvi prema mišićima, čime se povećava dostava hranjivih tvari i hormona do mišića
 - Povećana stanična hidracija
 - Regrutacija mišićnih vlakana što znači angažman većeg broja mišićnih vlakana.
- *mehanička napetost*- definira se kao sila koja djeluje na mišić tijekom kontrakcije, a koja uzrokuje mikrooštećenja na mišićnom vlaknu. U analizi Schoenfeld, B. J. (2010) navodi da mehanička napetost aktivira intracelularne signalne putove kojima se potiče sinteza proteina. Označava važnost vremena u kojem će se mišić nalaziti u napetom stanju gdje duže vrijeme napetosti može povećati mogućnosti hipertrofičnog odgovora. To također označava da će vježbe sa težim opterećenjem stvarati veću mehaničku napetost.
- *mišićna oštećenja*- označavaju mikro-rupture koje nastaju na mišićnom vlaknu prilikom visoko intenzivnog treninga, a posebice tijekom ekscentrične faze pokreta (kada se mišić izdužuje pod opterećenjem). Stvaranje mikro-ruptura prisiljava tijelo da pokrene regeneracijske mehanizme.

4. JAKOST

„Jakost se definira kao sposobnost mišića ili skupine mišića da proizvedu maksimalnu silu voljnom kontrakcijom (Zatsiorsky, 2006.)“. Treningom jakosti nazivamo treninge u kojima su implementirane različite vrste pokreta sa vanjskim otporom koji može biti elastični, viskozni, inercijski i kombinirani (npr. elastični otpor i slobodni utezi). To je oblik tjelesnog vježbanja u kojem uz pomoć vanjskog opterećenja uzrokuje mišićne kontrakcije, a s čime dolazi do povećanja snage, anaerobne izdržljivosti te utječemo na veličinu skeletnih mišića (hipertrofija). Istraživanja pokazuju benefite treninga jakosti na poboljšanje gustoće kostiju i smanjivanje rizika osteoporoze, na prevenciju ozljeda te poboljšanje funkcionalnih sposobnosti.

Jakost također možemo definirati kao živčano-mišićnu sposobnost za savladavanje vanjskog i unutarnjeg otpora (Tudor, O. Bompa 2000). Prema ovoj definiciji možemo zaključiti kako maksimalna jakost koju sportaš proizvede ovisi o više faktora. Ona ovisi o biomehaničkim karakteristikama pokreta, primjerice, vrste poluga, stupanj do kojeg sudjeluju veće mišićne skupine i jakosti kontrakcije uključenih mišića. Osim navedenog, maksimalnu jakost određuje broj uključenih motoričkih jedinica te frekvencija njihovog uključivanja.

Trening jakosti predstavlja osnovu u svim sportovima u kojima je snaga nezaobilazna komponenta. Zbog navedenog, razvoj maksimalne jakosti je od ključne važnosti u dugoročnom razvoju sportaša i unapređenju njegove snage.

Pregledom dostupne literature može se zaključiti da je otpor na koji djeluje mišićna kontrakcija glavni čimbenik stimulacije mišićnog rasta. Kako bi u tome uspjeli potrebno je redovito ponavljanje jakih kontrakcija, a što je odlika treninga jakosti.

Dakle, kako bi dobili što bolje rezultate ukoliko je cilj povećanje mišićne mase, u treningu moramo izvoditi pokrete koji su maksimalni ili blizu toga kako bi utjecali na čimbenike koji utječu na mišićni rast. Na ispoljavanje maksimalno jakog pokreta utječu mnogi faktori (tablica 1.), funkcionalna i strukturalna svojstva samih mišića, ali i drugi činitelji koji na to utječu.

<i>Anatomsko- fiziološki činitelji</i>	<i>Psihološki činitelji</i>	<i>Okolina/ vanjski činitelji</i>
Poprečni presjek mišića	Otpornost na bol	Kvaliteta opreme za vježbanje
Smjer mišićnih vlakana	Koncentracija i motivacija	Značajke okoline (informacije vida, sluha...)
Odnos bijelih i crvenih mišićnih vlakana	Koordinacija- intermuskularna i intramuskularna	gravitacija
Poluge koštanog sustava	Naučena komponenta	
Količina masnoće i tekućine u mišićnim stanicama	Stupanj sportskog uzbuđenja- treme	
Posljedice mikrotrauma		
Elastičnost tkiva		
Refleks istezanja		
Osjetljivost Golgijeva tetivnog aparata		
Hormonalne značajke organizma		
Djelotvornost energetske sustava		
Broj i sastav miofibrila		
Broj aktiviranih mišićnih stanica		
Vrsta zgloba		
Relativna dužina mišića		

Tablica 1. činitelji koji utječu na ispoljavanje maksimalne jakosti pokreta (Čorak N. 2001.)

4.1. MANIFESTACIJE JAKOSTI

Prema Zatsiorsky i Kraemer (2006), Jakost se može manifestirati i opisati kao:

- *Maksimalna jakost*- odnosi se na sposobnost mišića da generira najveću moguću silu u jednoj kontrakciji. Ključnu ulogu maksimalna jakost igra u sportovima u kojima je od presudne važnosti generiranje velike sile kao što je dizanje utega.
- *Eksplozivna jakost*- odnosi se na sposobnost mišića da proizvede što veću silu u što kraćem vremenskom periodu. Ulogu igra u sportovima koji zahtijevaju brze i snažne pokrete kao što je sprint, bacanje kugle i dr.
- *Izdržljivost u jakosti*- odnosi se na sposobnost mišića ili mišićne skupine da održavaju dugotrajnu kontrakciju. Ovaj tip izdržljivosti je zastupljen u sportovima koji zahtijevaju dugotrajne napore primjenjujući submaksimalnu silu kao što je veslanje.

4.2. FIZIOLOGIJA TRENINGA JAKOSTI I UTJECAJ NA HIPERTROFIJU

„Sportski trening možemo definirati kao kompleksan transformacijski proces kojeg čine uređeni sustavi trenažnih operatora koji su primjereni utvrđenim stanjima treniranosti sportaša i postavljenim ciljevima sportske pripreme u vremenskim zaokruženim ciklusima u skladu sa stupnjem darovitosti pojedinca, razinom njegove samoaktivnosti i utjecajem okolinskih čimbenika (Milanović, 2013.)“. Sportski trening općenito, a u ovom slučaju trening jakosti, izaziva ljudski organizam na adaptaciju, a adaptacije podrazumijevaju fiziološke mehanizme koji se uključuju i prilagođavaju treningu zbog čega dolazi do napretka forme. „Nakon programa treninga jakosti mišići se povećavaju (Morpurgo, 1976.) ili hipertrofiraju kao rezultat sljedećih čimbenika“:

- Povećava se broj miofibrila (tanke niti mišićnog vlakna) po mišićnom vlaknu (hipertrofija).
- Povećava se kapilarna gustoća po mišićnom vlaknu.
- Povećava se količina proteina.
- Povećava se ukupan broj mišićnih vlakana.

Sve navedeno dovodi do povećanja mišićnog presjeka, a povećani mišićni presjek dovodi do mogućnosti generiranja veće sile (veći mišić=veća sila).

4.3. FAKTORI KOJI UTJEČU NA JAKOST

Zatzsiorsky (1968.) navodi da je veličina jakosti funkcija tri faktora:

- *Intermuskularna koordinacija*- označava koordinaciju različitih mišićnih skupina tijekom izvedbe. Kada aktivnost zahtijeva jakost potrebna je odgovarajuća koordinacija između mišićnih skupina koje u istoj sudjeluju. Primjerice, kod vježbe nabačaja i izbačaja, na početku izvedbe trapezius bi trebao biti potpuno opušten jer bi trebao sudjelovati u fazi nabačaja. Ipak, događa se da sportaši često kontrahiraju trapezuis u početnoj fazi dizanja te time narušavaju tehnički obrazac čime dolazi do neučinkovite izvedbe.
- *Intramuskularna koordinacija*- označava sposobnost mišića na učinkovito aktiviranje motoričkih jedinica unutar jednog mišića tijekom kontrakcije. Intramuskularnu koordinaciju uključuje:
 1. *Regrutacija motoričkih jedinica*- povećana sposobnost regrutacije što većeg broja motoričkih jedinica čime mišić ima sposobnost proizvodnje veće sile.
 2. *frekvencija impulsa*- veća frekvencija impulsa povećava snagu kontrakcije.
 3. *Sinkronizacija motoričkih jedinica*- označava sinkroniziranu aktivaciju što većeg broja motoričkih jedinica čime se povećava ukupna sila.

Bolja intramuskularna koordinacija je rezultat treninga jakosti koji uključuje velika opterećenja i manji broj ponavljanja. Takvim treningom mišić „uči“ učinkovitije koristiti svoj puni potencijal.

- *Sila kojom mišić reagira na živčani impuls*- odnosi se na sposobnost mišića da proizvede određenu silu kao odgovor na stimulaciju živčanog sustava, a to se odnosi na činjenicu koliko će učinkovito mišić pretvoriti živčanu stimulaciju u mehaničku energiju.

Osim spomenutih adaptacija, mišićne hipertrofije i neurološke adaptacije, treningom jakosti utječemo i na niz drugih sustava u tijelu:

- Utjecaj na povećanje čvrstoće kostiju na način da se povećava mineralna gustoća kostiju koja dolazi kao rezultat povećanog mehaničkog opterećenja koje potiče djelovanje osteoblasta (Kohrt, W. M. 2004).

- Povećanje snage tetiva i ligamenata. Redovito izlaganje tetiva i ligamenata velikom opterećenju može povećati njihovu otpornost i elastičnost s čime se smanjuje rizik od ozljede (Kjaer M. 2004).
- Promjene u sastavu tijela. Treningom jakosti i snage smanjujemo masno tkivo i povećavamo mišićnu masu (Strasser, B i sur. 2011).
- Pozitivni učinak na anaerobni energetski sustav zbog mogućnosti veće pohrane glikogena i boljeg iskorištavanja energije tijekom vježbanja (MacDougall J. 1999).
- Pozitivan utjecaj na kardiovaskularni sustav. Studija provedena od strane Cornelissen V. A. i Smart N. A. (2013) s ciljem utvrđivanja učinaka vježbanja, uključujući trening jakosti, na krvni tlak i druge aspekte kardiovaskularnog sustava pokazala je da ovaj oblik vježbanja može smanjiti sistolički i dijastolički tlak, što igra ulogu u smanjivanju rizika od hipertenzije. Osim toga, može poboljšati lipidni profil smanjenjem lošeg kolesterola (LDL) te povećanjem dobrog (HDL). Također, redoviti trening doprinosi smanjenju razine upalnih markera i oksidativnog stresa, koji su veliki faktori u razvoju kardiovaskularnih bolesti.

5. METODIKA TRENINGA JAKOSTI I VARIJABLE U TRENINGU

„Glavno obilježje programa treninga maksimalne jakosti je uključivanje u vježbi svih ili barem većine živčano-mišićnih jedinica“ (Bompa T.O. 2000.). Izbor metode treninga ovisi o tome koji tip jakosti je primiran i specifičan za sport kojim se sportaš bavi jer cilj treninga bi trebao biti pozitivan transfer određene sposobnosti na sportsku izvedbu.

Slijedom svega navedenog do sada, u trening jakosti, ukoliko nam je cilj hipertrofija moramo uvrstiti metode treninga s kojima ćemo potaknuti mišićni rast. Prilikom konstruiranja treninga moramo voditi računa o intenzitetu, opterećenju, volumenu i drugim varijablama koje će igrati važnu ulogu količini mehaničke napetosti, metaboličkog stresa i mišićnog oštećenja. Kako se tijelo konstantno adaptira na izložena opterećenja na treningu, s navedenim se varijablama moramo igrati kako bi konstantno provocirali tijelo na prilagodbu i kako nebi s krivo posloženim varijablama usporili ili zaustavili napredak sportaša. O tome koje su poželjne značajke varijabli u treningu jakosti s ciljem hipertrofije ćemo se pozabaviti u ovom poglavlju nakon što se dotaknemo načela progresije treninga koje je neophodno primjenjivati ukoliko je napredak u jakosti cilj.

Kao što znamo, da bi mišić rastao, u treningu moramo raditi na postepenom povećanju opterećenja. Postupci kojima intenziviramo trening provode se kako bi se ostvario napredak. Pomoću metoda intenziviranja podižemo stupanj opterećenja, ali i izbjegavamo jednoličan program vježbanja koji i sa motivacijske strane može negativno utjecati na sportaša. Načelo progresije treninga možemo ostvariti pomoću mnogih metoda, a u nastavku navodimo neke od njih:

Preopterećivanje („overload“)- ovo je osnovno načelo uz čiju primjenu možemo razviti mišićnu masu, snagu, jakost i druge sposobnosti. Kako bi mišić napredovao, treningom ga je potrebno izložiti opterećenju većem od onog na koji se već adaptirao. Ovo načelo predstavlja konstantnu tendenciju povećavanja opterećenja ili volumena treninga. Pošto rast sposobnosti nije linearna krivulja s povećanjem težina ne smijemo pretjerivati kako nebi došlo do negativnih posljedica u vidu ozljeđivanja ili pretreniranosti. Postepeno povećanje opterećenja se može dobiti tako da si s jednom ili više varijabli u treningu

„otežavamo“ pa tako u treningu možemo povećavati težinu, broj ponavljanja, tempo izvedbe, volumena treninga, smanjivati intervale odmora i sl.

Forsirana ponavljanja („forced reps“)- jedna od tehnika s kojima možemo potaknuti mišićni rast. Ovdje se radi o tome da kada dođemo do točke mišićnog zamora kada više ne možemo pravilno izvoditi ponavljanje, uz pomoć asistenta ili trenera nastavimo podizati teret. Asistent/trener, uglavnom tijekom koncentrične faze pokreta pomaže u podizanju tereta, ali svo vrijeme pokreta mi i dalje ulažemo maksimalan napor kako bi taj teret podignuli. Forsirana ponavljanja se uobičajeno ograničavaju na 1-4 dodatna ponavljanja nakon otkaza.

Opadajuće serije („descendings sets“)- ova tehnika uključuje smanjenje težine nakon odrađene serije s određenom težinom te nastavak izvođenja ponavljanja bez odmora. Kako bi metodu lakše shvatili, objasniti ćemo na primjeru vježbe „Bench press“. Započinjemo s podizanjem 100 kg te zastajemo kada osjetimo da smo blizu točke otkaza. Šipku ne spuštamo na stalak, a za to vrijeme asistenti pažljivo skidaju po 10 kg utega sa svake strane. Odmah potom nastavljamo i radimo ponavljanja sa 80 kg sve do trenutka kada se opet ne približimo mišićnom otkazu. Kada nam se točka otkaza ponovno približila, asistenti ponovno skidaju ukupno 20kg utega nakon čega nastavljamo sa ponavljanjima do potpunog mišićnog otkaza. Broj serija i intervencija asistenata je individualan i ovisi o stupnju utreniranosti sportaša i iskustvu.

Vježbanje do otkaza („training to failure“)- tehnika u kojoj se kako i sami naziv govori, trenira do otkaza. Kada se izvode ponavljanja i dođe do mišićnog otkaza, a zadnje ponavljanje se ne uspije odraditi do kraja završavamo sa serijom te ne forsiramo daljnja ponavljanja. Preporuka je da se ova metoda ne koristi za vrijeme zagrijavanja nego u posljednoj radnoj seriji ili pak u nekoliko završnih serija pojedine vježbe. Zamjerke ovoj metodi su te da značajno iscrpljuje organizam s čime se povećava vrijeme potrebno za oporavak.

Negativna ponavljanja („negative reps“)- metoda u kojoj se fokus prilikom izvedbe ponavljanja stavlja na ekscentričnu fazu pokreta, znači u fazi kada se mišić izdužuje (pozitivna faza=skraćivanje mišića, negativna faza=izduživanje mišića). Najjednostavniji način za primjenu ove metode je usporavanje za vrijeme ekscentričnog pokreta.

Usporavanjem pokreta dobivamo to da mišićima povećavamo vrijeme pod tenzijom jer se duži vremenski period moraju odupirati kretnji utega koji podižemo.

U objavljenoj analizi (Schoenfeld i sur. 2017.) istraživala se razlika u mišićnoj hipertrofiji mišića prilikom izvođenja koncentrične i ekscentrične kontrakcije. Cilj analize je bila procjena učinka koncentrične i ekscentrične kontrakcije na hipertrofiju mišića. Analizom je obuhvaćeno 15 studija kojom prilikom se utvrdilo da su ekscentrične kontrakcije pokazale kao učinkovitije za mišićni rast koji je s ekscentričnim treningom bio 10% veći u usporedbi sa koncentričnim akcijama gdje je rast iznosio nešto manje od 7%. Navode da je veće povećanje prilikom ekscentrične faze moguće rezultirano zbog većeg oštećenja mišića i povećanog naprezanja mišića u fazi produžavanja. Zaključak studije je taj da se za povećanje mišićne mase bolji pokazao ekscentrični trening, ali da oba tipa kontrakcije donose pozitivne učinke i potrebno ih je kombinirano uvrštavati u trenažne procese.

Super serije („super sets“)- pojam super-serija označava naizmjeničnu uporabu dvije različite vježbe za istu mišićnu skupinu. Primjerice, na vježbi biceps pregib prvo izvodimo vježbu dvoručnim utegom te nakon što smo odradili željeni broj ponavljanja sa što kraćim vremenom odmora odmah prelazimo na biceps pregib bučicama te spajanjem te dvije serije dobivamo jednu „super seriju“. Vrijeme odmora između ove dvije vježbe nebi trebao biti duži od 30ak sekundi jer s povećanjem intervala odmora se smanjuje intenzitet vježbe. Postoji još nekoliko varijanti super setova kao što su:

- *Rad suprotnih mišićnih skupina*- primjer: odmah nakon biceps pregiba prelazimo na vježbu za triceps.
- *Rad gornjeg i donjeg dijela tijela*- primjer: nakon vježbe čučnja prelazimo na vježbu potisak iznad glave bučicama.
- *Kardio i snaga*- označava nazimjenično izvođenje vježbi snage i kardio vježbi. Primjer: čučanj i preskakanje užeta.

5.1. INTENZITET/OPTEREĆENJE

Intenzitet u treningu ima značajan utjecaj na mišićnu hipertrofiju i jedna je od najvažnijih varijabli koja potiče rast mišića. Intenzitet se obično izražava kao postotak od 1RM i jednak je broju ponavljanja koja se mogu izvesti s određenom težinom (Schoenfeld i sur. 2010.). Kao primjer uzmimo da osoba može maksimalno postinusti 100 kg u vježbi bench press, a ponavljanja izvodi sa 70kg, to opterećenje možemo izraziti kao 70% od 1RM.

Ostvarivanje maksimalne mišićne hipertrofije ostvaruje se kroz srednje teška opterećenja. Ova se hipoteza temelji na tome da srednje teška opterećenja uzorkuju optimalnu količinu mehaničke napetosti i metaboličkog stresa. Iako teška opterećenja uzrokuju veću količinu napetosti s obzirom na visoko opterećenje radne serije traju manje od 15 sekundi te zbog toga neće doći do metaboličkog stresa jer se resinteza ATP-a događa primarno iz kreatin-fosfatnog sustava što znači da će proces anaerobne glikolize biti minimalan te će aktivacija metabolita biti niska. Kod niskih opterećenja će doći do velikog metaboličkog stresa, ali se smatra da takva opterećenja neće aktivirati sve motoričke jedinice što može negativno utjecati na rast mišića.

Stoga, srednje teška opterećenja omogućuju visoku razinu mehaničke tenzije i metaboličkog stresa te aktivaciju motoričkih jedinica. Radne serije srednje teškog opterećenja traju prosječno između 20-40 sekundi (Wernbom i sur. 2007.)

U drugom istraživanju koje je proveo Schoenfeld i sur. 2015 ispitivali su utjecaj niskog i visokog opterećenja na hipertrofiju u kojem su izvodili 7 različitih vježbi za sve mišićne regije. Prva grupa ispitanika izvodila je vježbe sa rasponom ponavljanja od 25-35 dok je druga grupa radila ponavljanja od 8-12. istraživanje je pokazalo da su obje grupe ostvarile značajno povećanje poprečnog presjeka opružачa podlaktice, pregibača podlaktice i opružачa potkoljenice te nisu uočene značajne razlike između dvije grupe. To nam govori kako i visoka i niska opterećenja mogu biti efikasna kada je cilj hipertrofija.

Obrazloženje za ovakve rezultate je ta da je grupa s nižim opterećenjem ostvarila veći metabolički stres pomoću kojeg je nadoknadila nedostatak mehaničke napetosti koje je imala grupa s visokim opterećenjem.

5.2. VOLUMEN

Volumen možemo definirati kao umnožak ukupnih serija, ponavljanja i opterećenja izvedenih tijekom treninga. Pokazalo se da su protokoli s većim volumenom superiorniji u odnosu na protokole s jednim setom. Programi većeg volumena kojeg izvode bodybuilderi generiraju značajnu glikolitičku aktivnost te podižu akutne razine testosterona. Prilikom istraživanja pokazalo se da se testosteron nije značajno povećao tijekom izvođenja čučnjeva sve do završetka četvrte serije što ukazuje na jasnu korist većeg broja serija. (Kraemer i sur. 1991.).

Preporuke za volumen po pojedinoj vježbi su 2-6 radnih serija po pojedinoj vježbi, a na što će utjecati i trenutni status treniranosti osobe pa se početnicima preporučuje manji volumen treninga, a naprednijima veći.

5.3. IZBOR I REDOSLIJED VJEŽBI

Vježbe možemo podijeliti na osnovne (višezglobne) i izolirajuće (jednozglobne). Sve ove vježbe temelje se na tome koliko će zglobova i mišićnog područja biti uključeno u pokret, a kod odabira vježbi prilikom treninga važnu ulogu igra specifičnost sporta i zahtjevi igre. Jednoručne vježbe kao što je biceps pregib se često koriste za izolaciju specifičnog mišićnog područja. Kod izvođenja jednoručnih vježbi, tehnika izvođenja često nije potrebna ili je jednostavna za usvajanje, dok kod višezglobnih vježbi kao što je mrtvo dizanje je potrebno usvajanje tehnike izvođenja, a takve vježbe su s aspekta živčanog sustava zahtjevnije.

Regionalne razlike unutar samog mišića mogu utjecati na odgovor na pojedinu vježbu jer motorne jedinice brzog i sporog praga podražaja su uglavnom raspršene po mišiću pa se događa da sporo kontrahirajuće vlakno bude aktivno za vrijeme dok je brzo kontrahirajuće vlakno neaktivno. Kako su mišići podijeljeni na živčano-mišićne

komponente na različitim područjima mišića ovisno o vrsti aktivnosti dolazi do aktivacije pojedinih područja mišića.

Provedena istraživanja pokazuju kako su i osnovne višezglobne, ali i jednozglobne izolacijske vježbe bitne u trenažnom procesu izgradnje mišića. Višezglobne vježbe koje uključuju veći broj mišića (čučanj, trbušnjaci, deadlift i dr.) utječu na hormonalni odgovor proizvodeći veće količine hormona rasta i testosterona nego izolacijske. Razlogu tome je da takve vježbe zahtijevaju stabilizaciju trupa, a samim time u pokret su uključene različite regije tijela te velik broj mišića za razliku od izolacijskih.

Izolacijske vježbe s druge strane se više fokusiraju na pojedini mišić te njima možemo djelovati na manje razvijene mišiće ukoliko je to potrebno.

Kako bi se hipertrofični odgovor maksimalizirao važno je mijenjati rutinu tj. Mijenjati trenažne operatore kako bi se prilikom različitih vježbi po pojedinom mišiću ili mišićnoj regiji stimulirala sva mišićna vlakna. Tu treba spomenuti i to da prečeste promjene tj. variranje vježbi u početnoj fazi mogu negativno utjecati na hipertrofični odgovor jer prilikom česte promjene dolazi do „gubljenja vremena“ na učenje novog pokreta tj. na neuromuskulatornu adaptaciju na vježbu te usvajanje novog pokreta koji će dosegnuti optimalno opterećenje tek kada je pokret usvojen.

Redoslijed vježbi prema Kreamer i sur. (2004.):

U slučaju kada se u jednom danu trenira gornji, a u drugom danu donji dio tijela:

1. Prvo izvoditi vježbe za velike mišićne skupine
2. Prvo višezglobne zatim jednozglobne vježbe
3. Rotirati suprotne vježbe (agonist-antagonist)

Kod treninga u kojem se rade pojedine mišićne skupine:

1. Prvo izvoditi višezglobne vježbe
2. Prvo izvoditi vježbe s većim intenzitetom zatim s manjim intenzitetom.

Logika za ovakav redoslijed vježbi se nalazi u tome da je potrebno prvo raditi zahtjevnije i kompleksnije vježbe jer je za njih potrebna veća količina utrošene energije i puno je veća aktivacija živčanog sustava.

5.4. INTERVALI ODMORA

Intervale odmora karakteriziramo kao vrijeme odmora između serija. Duljina odmora između serija ovisi o intenzitetu i opterećenju s kojim izvodimo ponavljanja, razini utreniranosti, ciljevima treninga i o energetsom sustavu koji nam je cilj poboljšati.

Intervale odmora možemo podijeliti na tri vrste, a to su: kratki (<30 sekundi), srednji (60-90 sekundi) i dugi (3+ minute).

Kratki intervali odmora (<30 sekundi)- imaju značajnu tendenciju generiranja metaboličkog stresa čime se povećava nakupljanje metabolita. Ograničavanje odmora na 30 sekundi ili manje nije dovoljno te se time narušava izvedba u narednim serijama zbog pada snage, ali su dobiti pri radu na hipertrofiji uravnotežene s većim metaboličkim stresom.

Dugi intervali odmora (3+min)- omogućavaju potpuni povratak snage između serija, olakšavajući sposobnost vježbanja s maksimalnim kapacitetom snage. De salles i sur. (2009.) navode da intervali odmora 3-5 minuta dopuštaju veća ponavljanja tijekom više serija kada se trenira s opterećenjem između 50-90% od 1RM. Međutim, iako je mehanička napetost maksimizirana, dugim razdobljima odmora metabolički stres je ugrožen što može smanjiti hipertrofični odgovor.

Umjereni intervali odmora (60-90 sekundi)- prema Schoenfeld (2010.) Umjereni intervali odmora pokazali su se kao najučinkovitiji jer pružaju kompromis između dugih i kratkih razdoblja odmora za maksimiziranje hipertrofije mišića. Pokazalo se da se većina kapaciteta snage oporavi unutar prve minute nakon završetka serije. Prilagodbe koje se događaju s kraćim intervalima odmora su povećana gustoća kapilara i mitochondrija i povećanu sposobnost puferskog sustava koji učinkovitije iz mišića odstranjuju nusprodukte čime se smanjenje preformansi smanjuje na minimum.

6. ZAKLJUČAK

Utjecaj treninga jakosti na mišićnu hipertrofiju zasigurno postoji, a za što postoje brojna istraživanja koja to potvrđuju. Hipertrofija je rezultat složenih adaptacijskih procesa koje je moguće izazivati s treningom jakosti čije karakteristike, a posebice ispoljavanje maksimalne i submaksimalne sile u treningu, pozitivno djeluju na aktiviranje fizioloških mehanizama zaslužnih za hipertrofiju.

Raznim metodama intenziviranja treninga koje su navedene u radu postići ćemo dovoljnu količinu mehaničke napetosti, metaboličkog stresa i mišićnog oštećenja koji su zaslužni za mišićni rast.

Sinergijsko djelovanje individualnih programa, usmjerenih metoda treninga, prehrane koja je izbalansirana kako bi podupirala napredak, dovoljan odmor i pravilna tehnika izvođenja trenažnih operatora su faktori koji doprinose efikasnom i zagaranitranom napretku.

7. LITERATURA

1. Cornelissen, V. A., & Smart, N. A. (2013). Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 2(1), e004473. DOI: [10.1161/JAHA.112.004473](https://doi.org/10.1161/JAHA.112.004473).
2. de Salles, BF, Simão, R, Miranda, F, Novaes Jda, S, Lemos, A, and Willardson, JM. Rest interval between sets in strength training. *Sport Med* 39: 765-777, 2009.
3. Deshmukh, A. S., Murgia, M., Nagaraj, N., Treebak, J. T., Cox, J., & Mann, M. (2015). Deep Proteomics of Mouse Skeletal Muscle Enables Quantitation of Protein Isoforms, Metabolic Pathways, and Transcription Factors*[S]. *Molecular & Cellular Proteomics*, 14(4), 841-853.
4. Fitness & bodybuilding, Čorak Neven (2001.)
5. Fleck, S. J., & Kraemer, W. J. (2004). *Designing resistance training programs*. Champaign, IL: Human Kinetics.
6. Huxley, H. E., & Hanson, J. (1954). "Changes in the cross-striations of muscle during contraction and stretch and their structural interpretation"
7. Karolyi, D. (2005). Građa skeletnog mišića.
8. Kjaer, M. (2004). Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiological Reviews*, 84(2), 649-698. DOI: [10.1152/physrev.00031.2003](https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2003).
9. Kohrt, W. M., et al. (2004). Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces on bone mineral density in older women. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(12), 1947-1955. DOI: [10.1359/jbmr.040902](https://doi.org/10.1359/jbmr.040902).
10. Kraemer, WJ, Gordon, SE, Fleck, SJ, Marchitelli, LJ, Mello, R, Dziados, JE, Friedl, K, Harman, E, Maresh, C, and Fry, AC. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int J Sport Med* 12: 228-235, 1991.
11. MacDougall, J. D., et al. (1999). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 2138-2142. DOI: [10.1152/jappl.1998.84.6.2138](https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.6.2138).
12. Milanović, D. (2013). Teorija treninga. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
13. Periodizacija : teorija i metodologija treninga / Tudor O. Bompá (2000).
14. 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.
15. Schoenfeld, B. J. (2013). "Potential mechanisms of muscular hypertrophy." *Strength & Conditioning Journal*, 35(3), 10-15.
16. Schoenfeld, Brad J.¹; Ogborn, Dan I.²; Vigotsky, Andrew D.³; Franchi, Martino V.⁴; Krieger, James W.⁵. Hypertrophic Effects of Concentric vs. Eccentric Muscle Actions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31(9):p 2599-2608, September 2017. | DOI: [10.1519/JSC.0000000000001983](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001983)
17. Strasser, B., & Schobersberger, W. (2011). Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity. *Journal of Obesity*, 2011, 482564. DOI: [10.1155/2011/482564](https://doi.org/10.1155/2011/482564).

18. Tesch, PA. Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. *Med Sci Sport Exerc* 20(5 Suppl.): S132-S134, 1988.
19. Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports medicine*, 37, 225-264
20. Zatsiorsky, V. M. (1968.) *Science and Practice of Strength Training*.
21. Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Human Kinetics.