Metode vježbanja u bodybuildingu

Vulama, Valentino

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:117:446332

Rights / Prava: Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
(studij za stjecanje akadmskog naziva:
magistar kineziologije)

Valentino Vulama

METODE VJEŽBANJA U BODYBUILDINGU: EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE

(diplomski rad)

Mentor:
doc. dr. sc. Saša Vuk

Zagreb, rujan 2018.

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završena verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkih verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

_____

doc. dr. sc. Saša Vuk

Student:

_____

Valentino Vulama

METODE VJEŽBANJA U BODYBUILDINGU: EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE

Sažetak

Izvođenje vježbi supramaksimalnih opterećenja 110-140% od 1RM ekscentričnim mišićnim akcijama doprinosi mnogim pozitivnim efektima u smjeru povećanja sposobnosti jakosti, snage i brzine. Pošto su opterećenja veća od mogućnosti svladavanja sila u koncentričnom dijelu pokreta i pokret se ne može izvesti u cijelom rasponu samostalno, preporuča se da ovu metodu koriste samo vježbači sa iskustvom dužim od 6 mjeseci treniranja s opterećenjem, te da se ne koristi više od dva puta tjedno u kombinaciji s maksimalnim treningom jakosti. Isto tako, za ovu metodu potrebno je naglasiti da ju je moguće izvoditi samo uz asistenciju drugog vježbača, motornog trenažera, drugog ekstremiteta, klupe ili pomoću metode „varanja“, te zbog toga nije tako praktična i sigurna kao ostale metode. Razlog zbog kojeg smo se odlučili pisati baš o toj metodi je njezina specifičnost provođenja u aspektima intenziteta, pomagala i/ili pomagača, vremena početka njezinog korištenja i samog utjecaja na različite sposobnosti i općenito na ljudski organizam.

Stoga, cilj ovog rada je prikazati, objasniti i vrednovati potencijalnu ulogu u razvoju jakosti, snage i mišićne hipertofije, te objasniti mehanizme metode vježbanja u bodybuildingu – ekscentrično preopterećenje.

Ključne riječi: ekscentrična mišićna akcija, razvoj sposobnosti, intenzitet, asistencija, plato.

BODYBUILDING EXERCISE METHODS: EXCENTRIC OVERLOAD

Abstract

Performing supramaximal exercises 110-140% of 1RM of eccentric muscle actions contributes to many positive effects in the direction of increasing the ability of strength, power and speed. Since the loads are greater than the ability to overcome the forces in the concentric part of the movement and the movement can not be performed in the entire range independently, it is recommended that this mode only be used by trainees with experience longer than 6 months of workout training and not used more than twice a week in combination with maximum strength training. Likewise, in this way it should be emphasized that it is possible to perform it only with the help of another assistant, machine engine, second extremity, step or swing, and therefore it is not as practical and safe as the other methods. The reason we decided to write about this method is its specificity of implementation in aspects of intensity, assistants, the times of its use and its impact on different abilities and generally on the human body.

Therefore, the aim of this paper is to show, explain and evaluate the potential role in the development of strength, power and speed, and explain the mechanisms of bodybuilding exercise method – eccentric overload.

Key words: eccentric contraction, increased ability, intensity, assistance, plateau

SADRŽAJ

1. UVOD 4
2. ZAVISNOST SILE I BRZINE 5
3. METODA VJEŽBANJA EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE 7
3.1. PRIMJERI VJEŽBI METODOM EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE 8
3.1.1.a. PREGIB PODLAKTICA EZ-ŠIPKOM STOJEĆI (METODOM VARANJE) 8
3.1.1.b. PREGIB PODLAKTICA EZ-ŠIPKOM STOJEĆI (ASISTENCIJA) 9
3.1.2. SKLEKOVI NA RUČAMA (KLUPA) 10
3.1.3. ZGIB (KLUPA) 11
3.1.4. ČUČANJ (ASISTENCIJA) 12
3.1.5. POTISAK S RAVNE KLUPE (ASISTENCIJA) 13
4. TEORIJE I MEHANIZMI 14
4.1. ŽIVČANO-MIŠIĆNI MEHANIZMI 14
4.2. MORFOLOŠKI MEHANIZMI 15
4.3. ARHITEKTONSKI MEHANIZMI 16
5. POTENCIJALNI UTJECAJI TRENINGA METODOM EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE 18
5.1. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA JAKOST 18
5.2. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA SNAGU 20
5.3. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA MIŠIĆNU HIPERTROFIJU 20
5.4. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA ELASTIČNOST TETIVA 21
6. ZAKLJUČAK 22
7. LITERATURA 23

1. UVOD

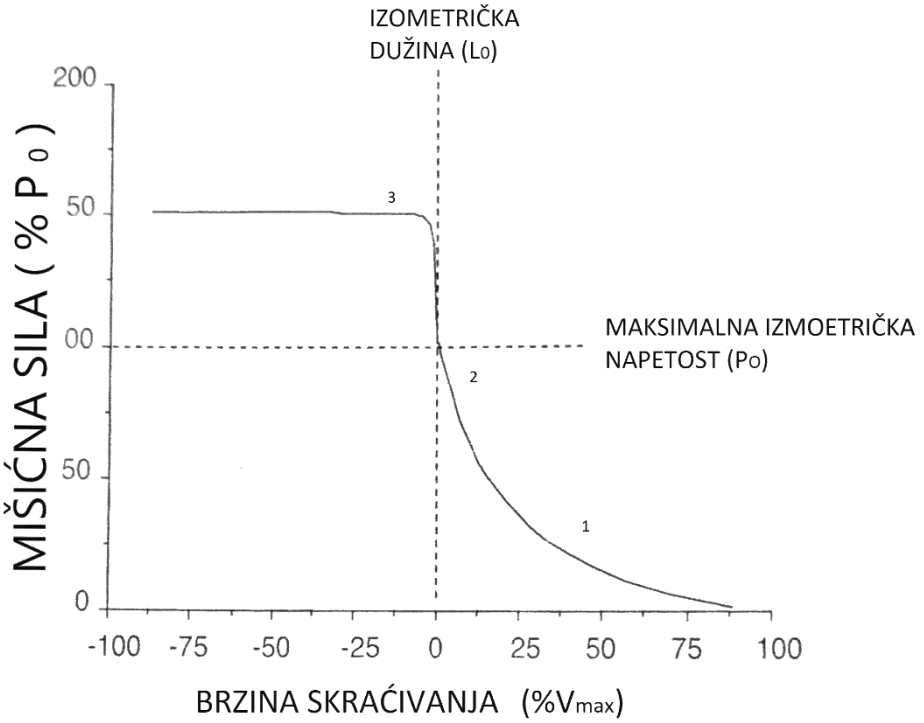
Jakost i snaga jedne su od najvažnijih sposobnosti raznih sportova i aktivnosti te su stoga i često predmet interesa većine trenera, sportaša i rekreativca. Sustavnim programiranim trenažnim procesima vrlo se uspješno može održavati na postojećoj razini ili razvijati navedene sposobnosti. Međutim, tradicionalnim trenažnim procesima u određenom trenutku vježbači dosegnu svoj plato u jakosti i/ili snazi. Stoga su, prema pregledu dosadašnjih istraživanja, stručnjaci iz ovog područja, poštujući načela i principe struke, osmislili naprednije metode vježbanja kojima se ti platoi mogu „probijati“. Konkretno, u bodybuildingu su poznate napredne metode vježbanja kojima je moguće na specifičan način povećati intenzitet rada ili njegov ekstenzitet. Jedna od metoda za povećanje intenziteta rada je i metoda ekscentrično preopterećenje, međutim, iako je ona vrlo popularna u stručnom, a sve više i u znanstvenom svijetu, još uvijek nije detaljno opisana i kritički vrednovana.

Stoga je cilj ovog rada prikazati, objasniti i vrednovati potencijalnu ulogu u razvoju jakosti, snage i mišićne hipertrofije, te objasniti mehanizme metode vježbanja u bodybuildingu – ekscentrično preopterećenje.

2. ZAVISNOST SILE I BRZINE

Za lakše praćenje ovoga rada, spomenuti su najvažniji mehanički izlazi mišića kao sila, brzina mišićne akcije i njihov produkt - snaga. Još je davne 1938. godine A.V. Hill opisao obrnuto proporcionalnu zavisnost sile i brzine i prikazao ju grafom (slika 1). Taj odnos govori da što je brzina skraćivanja mišića veća, to je vanjska sila koju je moguće svladati manja, odnosno, što je brzina skraćivanja manja, to je vanjska sila koju je moguće svladati veća. Također, zavisnost je moguće promatrati i na ovaj način: ako je potrebno savladati male sile, brzina kojom se one mogu savladati mogu biti velike, no kako sile koje je potrebno savladati postaju sve veće, brzina mišićne akcije se smanjuje (Lieber, 2002). Navedena zavisnost se odnosi na uvjete koncentrične mišićne kontrakcije, odnosno mišićne akcije u kojoj dolazi do skraćivanja mišićnih vlakana (Bosco, 1982) (oznaka 1 na slici 1).

Nadalje, ako je sila koju je potrebno savladati jednaka sili koju mišić može proizvesti, a pri tom ne dolazi do pokreta, tada mišić radi u uvjetima izometričke mišićne akcije (Schaefer & Bittmann, 2017). U tim uvjetima, sila koja je proizvedena veća je od sile koju je moguće savladati koncentričnom mišićnom akcijom (oznaka 2 na slici 1).



Slika 1. Hillova krivulja. Prerađeno prema "Skeletal muscle structure, function and plasticity, second edition", Lieber, L., R., 2002. Lippincott Williams & Wilkins str. 62

Međutim, proizvodnja sile raste i dalje i postiže svoj maksimum u uvjetima kada je sila koju je potrebno savladati veća od one koju je moguće proizvesti u koncentričnim ili izometičkim uvjetima (Hortobagyi, 1990) (oznaka 3 na slici 1). Kako vrijednosti brzine na grafu postaju negativne, one se u stvari odnose na smjer promjene duljine mišića. Radi se o ekscentričnoj mišićnoj akciji u kojoj dolazi do produljenja mišića koji je pod tenzijom (Hessel, Lindstedt, & Nishikawa, 2017). Također, stres i fiziološki napor proizveden ekscentričnim mišićnim akcijama izazivaju adaptaciju koja poboljšava funkcioniranje mehanike mišića i promjene u morfologiji i arhitekturi spoja mišića i tetive (Docherty, 2002; English, Loehr, Lee, i Smith, 2014; Farthing i Chilibeck, 2003; Gundersen, 2006; Hortob et al., 2000; Hortobagyi et al., 2018; Malliaras et al., 2013; Larry E Miller et al., 2014; Taylor, Komi i Buskirk, 2007). Nadalje, sve je veći broj istraživanja koja ukazuje kako trening s otporom koji naglasak stavljaju na ekscentričnu fazu pokreta mogu izazvati bolju živčano-mišićnu prilagodbu u odnosu na tradicionalni program treninga s otporom koji je ograničen veličinom opterećenja primjerenim koncentričnoj jakosti (Dufour, Vautravers, Geny, Coudeyre, & Richard, 2013; Roig et al., 2009; Vogt, Hoppeler, Vogt, & Hoppeler, 2014).

Uzimajući u obzir sve navedene prednosti ekscentrične mišićne akcije, stručnjaci u području treninga s opterećenjem, osmislili su metodu vježbanja koja naglasak stavlja upravo na velika vanjska opterećenja i na ekscentričnu mišićnu akciju. Radi se o metodi vježbanja ekscentrično preopterećenje.

Uz objašnjene mehanizma djelovanja metoda vježbanja u bodybuildingu za povećanje intenziteta vježbanja ekscentrično preopterećenje, može se pobliže objasniti princip same metode ovoga rada. Izvođenje te metode podrazumijeva stvaranje velikog intenziteta, na račun provođenja vremena pod tenzijom (eng. time under tension), kroz svladavanje vanjske sile. Vanjsku silu je moguće svladati bržim ili sporijim tempom, odnosno kraćim ili dužim vremenom pod tenzijom, ovisno o cilju treninga i tjelesnoj pripremljenosti vježbača.

3. METODA VJEŽBANJA EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE

Metoda ekscentrično preopterećenje provodi se vježbanjem pod intenzitetom od 110 – 140 % 1RM (Bompa i Tudor, 2015). Ono što je još jako bitno za napomenuti je to da ova metoda također zahtijeva jednog ili dva asistenta (ovisi o vježbi i razini jakosti onoga koji izvodi vježbu) ili koristeći drugi ekstremitet kod unilateralnih vježbi (Bompa i Tudor, 2015) ili električni trenažer koji će pomagati pri izvođenju koncentričnog dijela pokreta (Williams et al., 2014), ili se taj dio koncentričnog pokreta može izvesti metodom varanje (eng. *cheating method*) na način da se koristi zamah (npr. kod vježbe pregib podlaktice) ili pomoćna klupa (npr. kod vježbe zgib) (Hesson, 2012).

Preporuča se da metodu koriste samo sportaši s iskustvom dužim od 6 mjeseci vježbanja (Acerda et al., 2016; Schoenfeld, Ogborn, & Krieger, 2016). Ekscentrično preopterećenje treba uvijek biti ograničeno na jednu ili dvije skupine mišića i trebalo bi se kombinirati s drugim metodama, posebice s metodom maksimalnog opterećenja (Bompa i Tudor, 2015). Međutim, ekscentrične mišićne akcije se ne bi trebale pretjerano učestalo koristiti. Svaki put kad sportaš koristi maksimalno ili supramaksimalno opterećenje, potrebna je maksimalna mentalna koncentracija, koju je moguće psihološki podnijeti (Bompa i Tudor, 2015). Stoga, Bompa i Tudor (2015) predlažu kako sportaši moraju pažljivo koristiti metodu ekscentrično preopterećenje, konkretno, ne više od dva puta tjedno u kombinaciji s treningom maksimalne jakosti. Ekscentrično preopterećenje definirano je kao ono opterećenje koje proizvodi sile iznad onoga što je moguće proizvesti tijekom izometričkih ili koncentričnih akcija (English et al. 2014). Prema Hessel et al., 2017, jedina strategija vježbanja koja učinkovito povećava gustoću kostiju i preoblikovanje tetive u inače zdravih odraslih osoba je ekscentrično preopterećenje.

3.1. PRIMJERI VJEŽBI METODOM EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE

3.1.1.a. PREGIB PODLAKTICA EZ-ŠIPKOM STOJEĆI (METODOM VARANJE)

Vježbu pregiba podlaktica ez-šipkom stojeći uz varanje vježbač izvodi na način da uteg izbacuje zamahom kukova (slika 2A) i na taj način olakšava koncentrični dio pokreta (slika 2B), te ga dovede u početnu poziciju pogrčenih laktova (slika 2C). Nakon toga što sporije spušta uteg kroz ekscentričnu kontrakciju mišića.



Slika 2. Prikaz pregiba podlaktica EZ- šipkom stojeći: početak dizanja (A), zamah kukova (B) i početna pozicija (C).

Izvor: osobna arhiva autora.

3.1.1.b. PREGIB PODLAKTICA EZ-ŠIPKOM STOJEĆI (ASISTENCIJA)

Vježbu pregiba podlaktica ez-šipkom uz pomoć asistenta vježbač izvodi na način da uteg (mase koju nije moguće podići koncentričnom kontrakcijom) što sporije spušta kroz ekscentričnu akciju mišića (slika 3A). Kada je uteg spušten i pokret izveden do kraja, tada slijedi pomoć asistenta koji mu pomaže podići uteg kroz koncentričnu fazu pokreta (slika 3B i 3C).

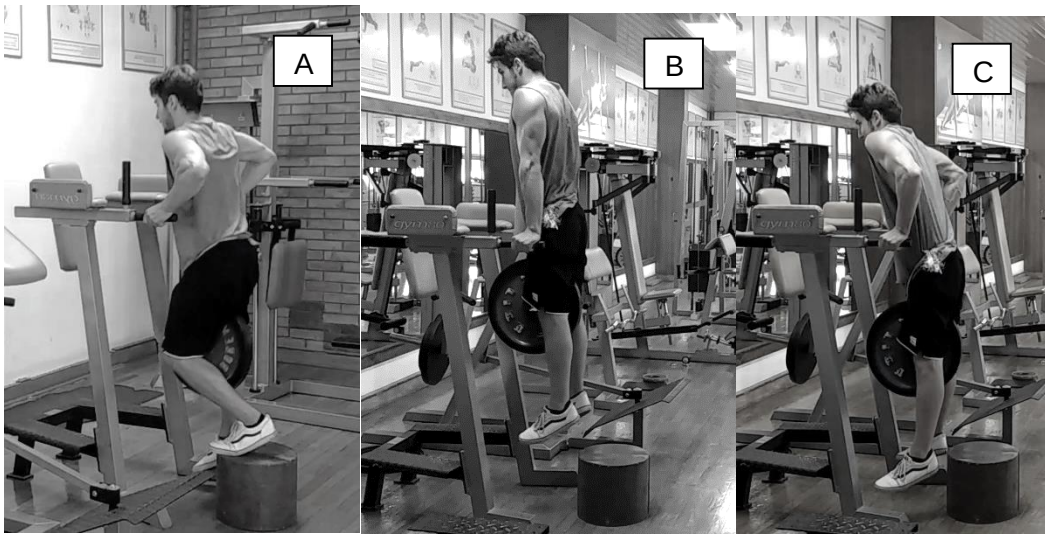


Slika 3. Prikaz pregiba podlaktica EZ- šipkom stojeći: početak spuštanja (A), asistencija (B) i (C).

Izvor: osobna arhiva autora.

3.1.2. SKLEKOVI NA RUČAMA (KLUPA)

Vježbu sklekovi na ručama, vježbač izvodi uz pomoć klupe. Vježbač se popne na klupu (slika 8) koja je u razini hvata ispruženih ruku kako bi si pomogao izvođenje koncentričnog dijela pokreta (slika 4A). Ekscentrični dio vježbe izvodi odvajanjem noge od klupe i sporim spuštanjem u početnu poziciju (slika 4B i 4C).

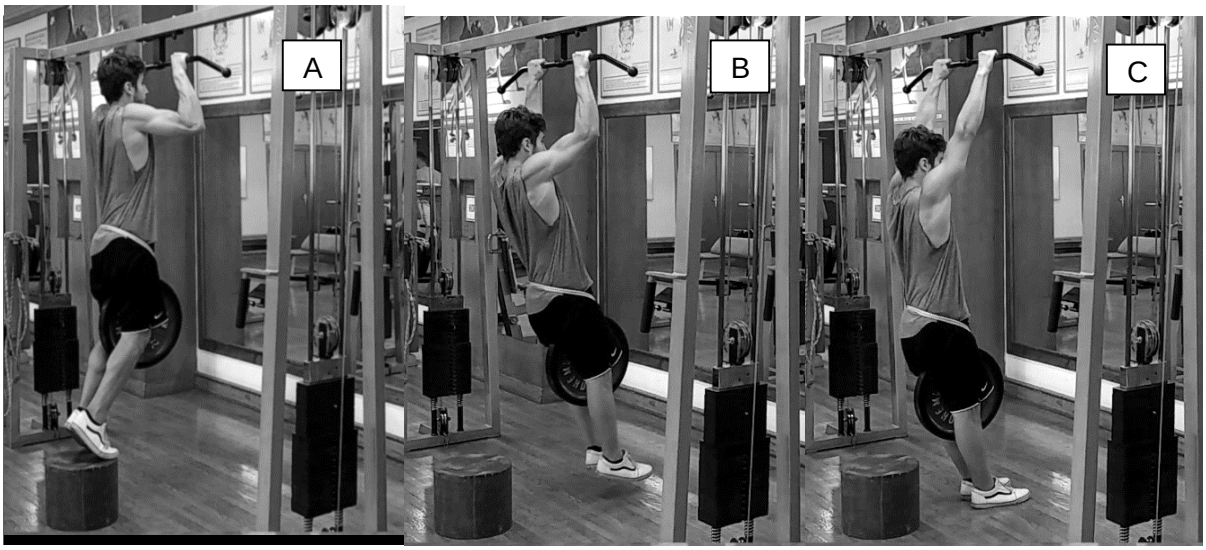


Slika 3. Prikaz skleka na ručama: pomaganje koncentričnog dijela pokreta (A), početak spuštanja (B) i završetak spuštanja (C).

Izvor: osobna arhiva autora.

3.1.3. ZGIB (KLUPA)

Vježbu zgib uz klupu vježbač izvodi na način da klupu koristi kako bi se popeo na razinu hvata u kojoj nije potrebno izvoditi koncentrični dio pokreta (slika 5A). Kada se je uhvatio za šipku, sijedi odvajanje od stepenice, te sporo i kontrolirano spuštanje (slika 5B i 5C).

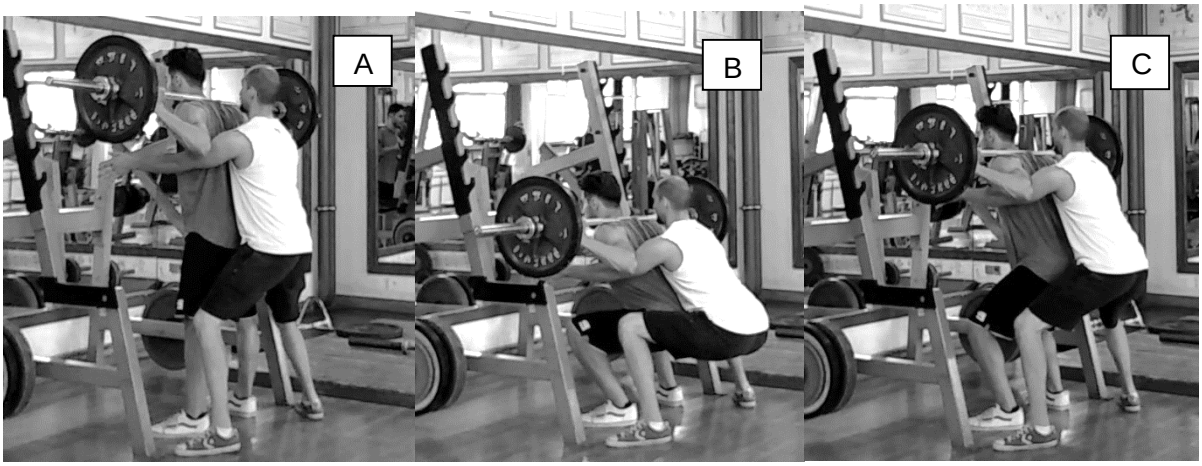


Slika 5. Prikaz zgiba: početak spuštanja (A), sporo spuštanje (B) i završna pozicija (C).

Izvor: osobna arhiva autora.

3.1.4. ČUČANJ (ASISTENCIJA)

Čučanj uz asistenciju vježbač izvodi tako da mu asistent stane iza leđa i zajedno s njim krene u izvođenje ekscentričnog dijela pokreta bez njegovog djelovanja na pokret (slika 6A i 6B). Kada je ekscentrični dio pokreta završio, tada asistent zajedno s njim izvodi koncentrični dio pokreta povlačeći cijelim tijelom koliko je potrebno da bi se izvršio pokret (slika 6C).

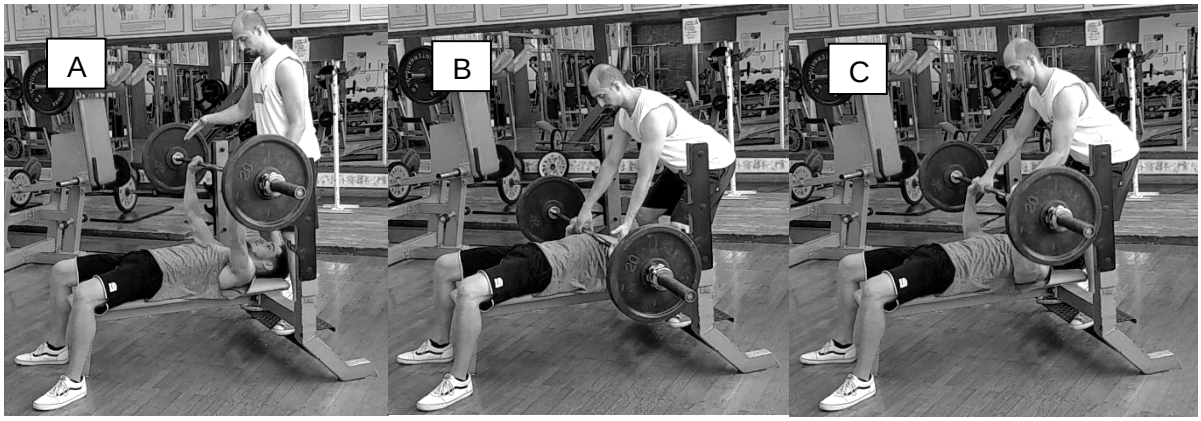


Slika 6. Prikaz čučnja: početak spuštanja (A), asistencija koncentričnog dijela pokreta (B) i (C).

Izvor: osobna arhiva autora.

3.1.5. POTISAK S RAVNE KLUPE (ASISTENCIJA)

Potisak s ravne klupe uz asistenciju vježbač izvodi na način da uteg samostalno spušta kroz ekscentrični dio pokreta do razine prsiju (slika 7A i 7B). Kada je šipku utega spustio do razine prsiju, tada asistent povlači uteg prema gore kako bi smanjio masu utega i pomogao mu u koncentričnom dijelu pokreta što je više moguće (slika 7C).



Slika 7. Prikaz potiska s ravne klupe: početak spuštanja (A), početak asistencije koncentričnog dijela pokreta (B) i (C).

Izvor: osobna arhiva autora.

4. TEORIJE I MEHANIZMI

Nakon što je metoda objašnjena i kroz nekoliko primjera prikazana, u ovome dijelu rada objasniti će se na koji način se ovom metodom mogu mijenjati određene karakteristike i sustavi tijela. U dosadašnjim znanstvenim radovima koji proučavaju utjecaj ove metode najčešće se spominju živčano-mišićne i morfološke adaptacije (Higbie et al., 1988; Hortobagyi et al., 2018; Taylor et al., 2007), što nadalje neposredno može pozitivno utjecati na promjene u jakosti i snazi.

4.1. PROMJENE ŽIVČANO-MIŠIĆNOG SUSTAVA

Kao prvi od tri sustava naveden je živčano-mišićni sustav jer prve adaptacije koje se javljaju treningom su upravo živčane. Živčano-mišićni sustav, u ovom slučaju, odnosi se na kontakt između motornog živca i mišićnih vlakana, odnosno na spoj koji motornom živcu omogućava prijenos signala do mišićnih vlakana, uzrokujući mišićnu akciju. Za normalnu funkciju, mišićima je potreban odgovarajući signal, čak i za samo održavanje tonusa mišića, izbjegavajući atrofiju (Hunter, 2000; Hall i Guyton 2006; Međedović, Maslić i Hadžiselimović, 2000; Hadžiselimović i Maslić, 1999).

Živčano-mišićne adaptacije uključuju povećanu aktivaciju primarne motoričke jedinice, povećanu aktivaciju sinergističkih mišića ili smanjenu aktivaciju antagonističkih mišića. Živčano-mišićne adaptacije i hipertrofija mišića doprinose povećanju jakosti, što je posljedica oba treninga, koncentričnog i ekscentričnog (Higbie et al., 1988). U usporedbi s koncentričnim akcijama, ekscentrične akcije karakterizira šira i brža kortikalna aktivnost u izvršavaju pokreta; brže živčano-mišićne prilagodbe sekundarno od otpora; atenuirana aktivnost mišića simpatičkog živca; smanjena amplituda elektromiografije (EMG) na sličnoj razini sile; i veći EMG signal prije početka pokreta (Higbie et al., 1988). Kao preostali umor proizveden ekscentričnim vježbanjem, može potisnuti proizvodnju sile i utjecati na živčanu kontrolu tijekom nekog vremena nakon prestanka vježbanja, i zato je potreban odgovarajući period za oporavak (tj. do 8 tjedana) kako bi se u potpunosti ostvarile živčano-mišićne prilagodbe. Alternativno, supresijski učinak povezan s kroničnim ekscentričnim treningom može objasniti nedostatak poboljšanja u maksimalnoj koncentričnoj jakosti i/ili snazi koja se nalazi u neposrednoj evaluaciji poslije treninga. Drugim riječima, ekscentrična vježba može potisnuti snagu mišića (Faulkner, Brooks, & Oplteck, 1993) i/ili promijeniti živčanu kontrolu

mišića (Dartnall, Nordstrom, i Semmler, 2011). Ovisno o ekscentričnom intenzitetu treninga i trajanju, poboljšanje maksimalne koncentrične jakosti i/ili snage možda se ne može potpuno ostvariti sve dok se mišićno tkivo, živčano-mišićna kontrola i refleksna osjetljivost potpuno ne oporave ili adaptiraju (tj. nekoliko tjedana nakon završetka vježbanja) (Priscilla, Clarkson, Kazunori et al., 1992; Sayers, 2001; Avela et al., 1999; Leong et al., 2013).

4.2. MORFOLOŠKE PROMJENE (TIPOVI MIŠIĆNIH VLAKANA)

Nakon živčanih adaptacija sljedeće na redu su morfološke gdje dolazi do adaptacija i promjena u obliku, strukturi, boji, veličini mišićnih vlakana, a na kraju i do promjena samog mišića. Pa tako, istraživanja koja su promatrala odgovore specifičnih tipova mišićnih vlakana biopsijom mišića i elektronskom mikroskopijom, utvrdila su veće povećanje područja zastupljenog vlaknima tipa II nakon ekscentričnih, nasuprot koncentričnih ili tradicionalnih treninga (Timm et al., 2010; Hortobagyi et al., 2018; Hortob et al., 2000; Tesch, 1990). Sastav tipova vlakana može biti pod jedinstvenim utjecajem ekscentričnog treninga, a poboljšano održavanje (Tesch, 1990) ili slično smanjenje (Hortobagyi et al., 2018) IIx vlakana pronađeno je u usporedbi s koncentričnim treningom (English et al., 2014). Čini se da ekscentrični trening ima jedinstveni utjecaj na pomak fenotipa MHC (eng. *miozin heavy chain*) s poboljšanim održavanjem (TESCH, 1990; Terpstra, Williamson, & Gallagher, 2004) ili povećanjem kompozicije (Terpstra et al., 2004) IIx vlakana nakon treninga. Promjena u sastavu vlakana (tj. MHC izoforma), osobito prebacivanje iz MHC IIx na IIa, najčešće se javlja nakon treninga s otporom (Hortobagyi et al., 2018; TESCH, 1990; Terpstra et al., 2004), koja se može naknadno preinačiti ili povećati iznad prethodno postojećih razina smanjenjem intenziteta vježbanja (Britain, Staron, Johnson, Medicine, & Sciences, 1993). Povećana aktivnost mišića putem bilo treninga izdržljivosti ili tradicionalnog načina vježbanja, čini se da isključi IIx gen u IIx vlaknima, čime se povećava udio IIa vlakana na štetu IIx vlakana (Terpstra et al., 2004). Predloženo je da i ukupni broj kontrakcija (tj. impulsi živaca) i maksimalno opterećenje na mišićima posreduju MHC pomak (Terpstra et al., 2004). Redukcija MHC IIx i naredne pojave prekoračenja nisu dobro razumljive, ali pretpostavlja se da je IIx "zadani" MHC gen (Terpstra et al., 2004; Biering-sørensen & Kjær, 1996), a čini se da trening potiče pomak prema fenotipu otpornijem na umor (Britain et al., 1993). Višestruke linije dokaza ukazuju na specifičan odgovor s ekscentričnim kontrakcijama. Friedmann-Bette i suradnici ustanovili su povećanje IIa hibridizacija, ili vlakna koja eksprimiraju povišene

razine IIx mRNA (eng. *messenger RNA*), za koje se pretpostavlja da su u tranziciji (Timm et al., 2010), a sklonost porastu IIx mRNA također su izvijestili nakon submaksimalnog ekscentričnog treninga (Kucera et al., 2004).

4.3. MORFOLOŠKE PROMJENE (ARHITEKTURA MIŠIĆA)

I treći utjecaj ove metode je promjena mišićne arhitekture koja podrazumijeva promjene u rasporedu mišićnih vlakana na makroskopskoj razini, što je nadalje odgovorno za mehaničku funkciju mišića (Richard i Lieber, 2000). Za razliku od paralelnih mišića, vlakna perastih mišića su pod određenim kutom u odnosu na smjer stvaranja sile i obično ulaze u središnju tetivu (Cormie, Mcguigan, i Newton, 2011; Dufour et al., 2013). Zbog te strukture, u seriji se može naći manje sarkomera što rezultira kraćom dužinom vlakana (Beattie, Kenny, Lyons, i Carson, 2014; Cormie et al., 2011). To dalje omogućava da više vlakana bude prisutno u danom mišiću; međutim, postoji ograničenje između broja prisutnih vlakana i prijenosa sile (Cormie et al., 2011; Dufour et al., 2013). Sila proizvedena perastim mišićima veća je od sile proizvedene paralelnim mišićima. Budući da se perasta vlakna umetnu pod kutom, anatomsko područje poprečnog presjeka ne može se koristiti kao u paralelnim vlaknastim mišićima. Umjesto toga, fiziološka područja poprečnog presjeka (PCSA) trebaju se koristiti za peraste mišiće. Perasti mišići mogu se dalje podijeliti na uni-, bi- ili multiperaste.

Franchi et al., (2014) pretpostavlja da povećana distalna hipertrofija s ekscentričnim treningom odražava povećani poprečni presjek preko sarkomera u seriji nasuprot dodavanju sarkomera u paraleli s koncentričnim treningom. Ovaj mehanizam također bi objasnio povećani kut fascije s koncentričnim treningom, iako je povećanje u kutu fascije također vidljivo i nakon ekscentričnih treninga (Blazevich, Cannavan, Coleman, i Horne, 2007; Leong et al., 2013; Seynnes et al., 2014; Duclay, Martin, Duclay, Cometti, i Pousson, 2009), a vjerojatno je da se ove prilagodbe mogu dogoditi u različitim stupnjevima (In, Uscle, i Choenfeld, 2012). U jednom 10-o tjednom istraživanju (Franchi et al., 2014) pokazalo se da se tijekom koncentričnih kontrakcija fascija skratila (-19%), dok se kod ekscentričnih kontrakcija produljila (+19%). Nagađaju da je promjena duljine fascije *m. vastus lateralisa* primarni uzrok diferencijalnih arhitektonskih adaptacija i da takve prilagodbe počinju od prvog treninga nakon koncentričnog i ekscentričnog treninga, što je predložio Seynnes i sur. (2007) koji je pokazao da se takve razlike u arhitekturi mišića mogu otkriti u vrlo ranim stadijima treninga. Još jedan trag o tome zašto te arhitektonske razlike mogu postojati jest da ekscentrični trening dovodi do veće razine oštećenja od koncentričnog (Byrne i sur., 2004), s

većim promjenama miofibrila koje se javljaju ekscentričnim treningom (Schoenfeld 2012). Ova je studija pokazala da ekscentrični trening dovodi do značajnog povećanja duljine fascije (~1,5 puta), bez značajnijih promjena u kutu penacije, dok koncentrični trening izaziva povećanje od 3 puta u penacijskom kutu i vrlo malom promjenom u duljini fascije. Ovi rezultati upućuju na to da ekscentrični trening čini dodavanje sarkomera u seriji, dok koncentrični trening dodaje paralelne sarkomere. Ovaj diferencijalni uzorak dodavanja sarkomera induciran je dvjema vrstama treninga. Kao što je zaključeno, povećanjem duljine fascija i penacijskog kuta, također utječe i na hipertrofiju mišića duž trbuha *m. vastusa lateralisa*. Različito remodeliranje mišića izazvanih koncentričnim i ekscentričnim treningom mogu biti povezani s neutralnim MAPK (Mitogen-aktivirana protein kinaza) reakcijama na dva načina mišićne akcije. Slična hipertrofija s ekscentričnim i koncentričnim treningom, može se objasniti većim poremećajem miofibrila uzrokovanim ekscentričnim treningom, nakon čega slijedi moguća aktivacija upalnih puteva koji vjerojatno antagoniziraju hipertrofiju mišića (Franchi et al., 2014).

5. POTENCIJALNI UTJECAJI TRENINGA METODOM EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE

Metodom ekscentričnog preopterećenja moguće je utjecati na povećanje intenziteta rada, što ima veliki potencijalni utjecaj na razvoj sposobnosti kao što su na jakost i snaga, mišićna hipertrofija i dr.

5.1. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA JAKOST

Velik broj istraživanja (Docherty, 2002; English et al., 2014; Farthing i Chilibeck, 2003; Gundersen, 2006; Hortob et al., 2000; Hortobagyi et al., 2018; Malliaras et al., 2013; L E Miller, 2007; Larry E Miller et al., 2014; Taylor et al., 2007) pokazao je kako trening metodom ekscentrično preopterećenje dovodi do većeg porasta ukupne jakosti (tj. kombinacije koncentrične, izometričke i ekscentrične jakosti) nego koncentričnim i tradicionalnim metodama vježbanja.

Nadalje, studije koje su izravno usporedile ekscentrično preopterećenje s ekscentričnim treningom pokazale su da je trening metodom ekscentrično preopterećenje potaknuo veće povećanje ekscentrične jakosti (English et al., 2014; Malliaras et al., 2013). Brzina akcije mišića koja se koristi u okviru treninga također može utjecati na prilagodbu jakosti i bolje povećanje ekscentrične jakosti s brzim i sporim ekscentričnim treningom (Farthing & Chilibeck, 2003b), dok povećanje ekscentrične jakosti s ekscentričnim treningom postaje izraženije kada brzina ispitivanja odgovara onoj koja se koristi tijekom treninga (Roig et al., 2009).

Autori Farthing i Chilibeck (2003b) su u svom radu predstavili istraživanje u kojemu su ispitanici izvodili vježbe na izokinetičkom aparatu. Kao rezultat tog istraživanja bio je veliki porast kontralateralne ekscentrične jakosti zabilježen s brzim (tj. 180°/s) naspram sporog (tj. 30°/s) ekscentričnog treninga (Farthing & Chilibeck, 2003a), iako se poboljšanja mogu pojaviti i nakon treninga na umjerenim (60 °/s) brzinama mišićne akcije. Također su predložene brze mišićne akcije kako bi se omogućio veći prijenos ekscentričnog treninga na koncentričnu jakost (Dufour et al., 2013). U istraživanju Higbie et al. (1988) zaključeno je da je ekscentrični trening učinkovitiji od koncentričnog izokinetičkog treninga za razvijanje jakosti u ekscentričnim izokinetičkim mišićnim akcijama i da je koncentrični trening učinkovitiji od ekscentričnog izokinetičkog treninga za razvijanje jakosti u koncentričnim

izokinetičim akcijama mišića. Dobitci u jakosti koji proizlaze iz koncentričnog i ekscentričnog treninga jako su ovisni o mišićnoj akciji koja se koristi za trening i testiranje.
U istraživanju Dochertyja (2002), ispitanici skupine DEAR (eng. *dynamic accentuated external resistance*) su izvršili 3 serije od 10 ponavljanja s koncentričnim opterećenjem od 75% od 1RM i ekscentričnim opterećenjem od približno 120% koncentričnog 1RM. Bilježili su tri mjere koje odražavaju prilagodbu pregibača i opružača lakta prije treninga i poslije treninga: koncentrični 1RM, područje poprečnog presjeka mišića i specifičnu napetost. Jakost se procjenjivala u razdobljima između treninga. Nije bilo značajnih promjena u mišićnom poprečnom presjeku u obje skupine. Obje grupe trenera iskusile su značajno povećanje koncentrične jakosti 1RM i specifične napetosti oba mišića (fleksora i ekstenzora lakta), ali u usporedbi s DCER (eng. *dynamic constant external resistance*) treningom, DAER trening je proizveo znatno veće povećanje koncentričnog 1RM opružača lakta. Ovi rezultati upućuju na to da, za neke vježbe, DAER trening može biti učinkovitiji od DCER treninga u razvoju jakosti u okviru devetotjedne faze treniranja (Docherty, 2002). Snižavanje razine jakosti najviše je izraženo kod ekscentrične akcije, ali do pada jakosti dolazi i u koncentričnoj i izometričnoj akciji. Najviši pad u jakosti zabilježen je 24 do 48 sati nakon navedenih mišićnih aktivnosti što je u skladu s uobičajenim vremenom pojave zakašnjele mišićne boli. Snižena razina jakosti zabilježena nakon ekscentričnih kontrakcija može trajati 8 do 10 dana, dok se oporavak i povratak jakosti na prijašnju razinu nakon koncentričnih i izometričnih kontrakcija odvija kroz četiri dana (Cheung, Hume i Maxwell, 2003). Izvođenje vježbe dominantno ekscentričnom akcijom koja uzrokuje mišićno oštećenje u samo jednom treningu rezultira takvom adaptacijom da ponovljeno izvođenje iste vježbe nakon razdoblja od jednog tjedna do šest mjeseci uzrokuje evidentno manje oštećenje mišića, uz uvjet da između prvog i drugog treninga nije bilo dodatnog vježbanja. Pokazalo se da dolazi do značajno manjeg mišićnog zamora, odnosno bržeg oporavka i povratka jakosti na početnu razinu nakon drugog treninga u usporedbi sa prvim (Clarkson, Nosaka i Braun, 1992). Zanimljivi su i pokazatelji razine kreatin kinaze u krvi nakon izvođenja ekscentričnih vježbi. Nakon prvog treninga došlo je do velikog povećanja razine ovog enzima u krvi, ali nakon drugog gotovo da nije bilo promjene (Clarkson i Tremblay, 1985). Nemogućnost potpunog aktiviranja mišića tijekom ekscentričnih akcija (Beltman, Sargeant, Mechelen, & Haan, 2004), osobito kod netreniranih osoba (Duchateau, Baudry, Duchateau, & Baudry, 2014), može objasniti velika poboljšanja ekscentrične jakosti i opažanje da ekscentrični trening povećava ekscentričnu jakost u većoj mjeri od koncentričnog treninga koji povećava koncentričnu jakost (Hortobagyi et al., 2018; Higbie et al., 1988). Poboljšanja agonističke voljne aktivacije

tijekom ekscentričnih akcija mogu biti posljedica disinhibicije presinaptičkog Golgijevog tetivnog organa i zajedničkih aferenata za koje se zna da inhibiraju aferentno mišićno vreteno (Aagaard, 2003). Povećana dobrovoljna aktivacija agonista tijekom ekscentričnih kontrakcija disinhibicijom ekscitatorskog priljeva spinalnih motoričkih neurona može potaknuti značajno povećanje ekscentrične jakosti promatrane nakon treninga (Aagaard, 2003).

5.2. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA SNAGU

U usporedbi s promjenama u mišićnoj jakosti, tek nekoliko studija istraživalo je promjene u snazi mišića (Tesch, 1990; Physiol, 1992; Timm et al., 2010; Gross, 2010; Elmer, Hahn, Mcallister, Leong, & Martin, 2011; Bert, Nos, Iu, Hen, & O, 2013) ili gradijent sile (RFD) (Larry E Miller et al., 2006; Blazevich, Horne, Cannavan i Coleman, 2008). Mišićna snaga, koja se procjenjivala prvenstveno u donjim ekstremitetima varijacijama skokova, povećana je ekscentričnim treningom u brojnim studijama, dok koncentrični ili tradicionalni trening nije imao jasan učinak (TESCH, 1990; Gross, 2010; Elmer et al., 2011; Bert et al., 2013). Nadalje, nalaz Colliandera i Tescha (1992), gdje je vertikalni skok povećan nakon koncentričnog, ali ne i ekscentričnog treninga, mogao je biti statistički lažan za promatranje. Bliža inspekcija njihovih rezultata ukazuje da je ekscentrično vježbanje, barem praktično, bolje od koncentričnog treninga (tj. 8 nasuprot 4%, Cohenov d = 0,36).

5.3. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA MIŠIĆNU HIPERTROFIJU

Kao "sekundarni" rezultat porasta jakosti i snage mišića, javlja se i mišićna hipertrofija koja se pojavljuje u ekscentričnim i koncentričnim režimima treninga. Istraživanja pokazuju ili veći porast mišićne hipertrofije nakon ekscentričnog treninga (English et al., 2014; Farthing & Chilibeck, 2003b; Gross, 2010; Higbie et al., 1988; Seger, Arvidsson, & Thorstensson, 1998), ili kako nema razlika (Blazevich et al., 2007; TESCH, 1990; Farup et al., 2013; Klejs et al., 2014; L E Miller, 2007; Moore, Young, & Phillips, 2012; Franchi et al., 2014) između ekscentričnog i koncentričnog treninga. Oni koji su uspoređivali ekscentrični trening s tradicionalnim načinom treniranja objavili su da nema značajnih razlika u modalitetima treninga (Timm et al., 2010).

Vrsta mišićne akcije posreduje specifično-regionalnu hipertrofiju; ekscentrični trening teži većem povećanju distalne veličine mišića, dok je hipertrofija sredine mišića izraženija koncentričnim treningom (Franchi et al., 2014; Seger et al., 1998). Razumljivo je da prijavljena literatura nije posve reprezentativna za stupanj prilagodbe ekscentričnom treningu, s obzirom da se morfologija mišića i arhitektura obično procjenjuju na sredini trbuha mišića.
Kako se mijenja snaga mišića, intenzitet i brzina mišićne akcije, tako se mijenja i veličina mišićne hipertrofije s ekscentričnim treningom. Čak i kada svi uvjeti uključuju supramaksimalno opterećenje, veće povećanje hipertrofije je zabilježeno treningom ekscentričnog preopterećenja, u usporedbi s brzim ekcentričnim akcijama mišića (npr. 180°/s), te potiče i veći porast poprečnog presjeka mišića (Farthing & Chilibeck, 2003b).
Kronično istezanje mišića po sebi nadopunjuje sintezu proteina i povećava broj sarkomera u seriji (Goldspink i Harridge, 2003). Ta opažanja mogu objasniti ne samo povećanje poprečnog presjeka mišića, nego i povećanje duljine fascija s ekscentričnim treningom (Blazevich et al., 2007; Duclay, J., Martin, A., Duclay, A., Cometti, G., i Pousson, 2009; Potier, Alexander, i Seynnes, 2009; Proske & Morgan, 2001; Seynnes et al., 2014; Franchi et al., 2014).

5.4. UTJECAJ METODE EKSCENTRIČNO PREOPTEREĆENJE NA ELASTIČNOST TETIVA

Uz "sekundarne" promijene hipertrofije mišićnih vlakana, vidljive su i promijene u tetivama. Pa tako, čini se da su promjene u strukturi i funkcijama tetiva djelomično posredovane tipom mišićnih akcija (Malliaras et al., 2013). Nekoliko je studija uspoređivalo učinke ekscentričnog treninga s drugim oblicima treninga s opterećenjem na prilagodbu tetiva. Područje poprečnog presjeka patelarne tetive može se povećati ekscentričnim treningom (Farup et al., 2013). Pokazalo se da se Youngov modul elastičnosti koji pokazuje koliko se izduljena elastična tijela skraćuju ili produljuju pod djelovanjem sile ovisno o materijalu od kojega su načinjena ("modul elastičnosti") kod 50-75% 1RM povećava s ekscentričnim i koncentričnim treningom, ali samo s ekscentričnim treningom na 75-100% 1RM-a (Malliaras et al., 2013).

6. ZAKLJUČAK

Metoda vježbanja u bodybuildigu ekscentrično preopterećenje koristi opterećenja koja zahtijevaju proizvodnju sile veće od one koju je moguće proizvesti tijekom izometričkih ili koncentričnih mišićnih akcija. Također, kako bi se na siguran i ispravan način provodila, ova metoda podrazumijeva jednog ili dva asistenta koji će pomagati u koncentričnom dijelu pokreta, odnosno, korištenje metode „varanje“, korištenje drugog ekstremiteta kod unilateralnih vježbi, ili korištenje specijalnih električnih trenažera.

Međutim, kako je potrebno savladavati supramaksimalna opterećenja potrebno je biti oprezan s učestalošću korištenja ove metode. Konkretno, treninzi bi trebali biti ograničeni na ne više od jedne ili dvije mišićne skupine, te bi se trebala kombinirati s drugim metodama vježbanja, posebice s metodom maksimalnog opterećenja dva do najviše tri puta tjedno. Također, potrebno je naglasiti kako ovu metodu smiju koristiti samo osobe čiji je živčano-mišićni i koštano-zglobni sustav spreman za savladavanje ovako velikih opterećenja (barem šest mjeseci treninga s opterećenjem).

Kako je ova metoda za sada jedna od najboljih za „probijanje“ platoa u mišićnoj jakosti i snazi, te također ima pozitivne utjecaje i na razvoj mišićne hipertrofije, elastičnost tetiva i duljinu mišićne fascije, može se preporučiti (uz zadovoljavanje sigurnosnih napomena) primjena ove metode u području fitnesa i vrhunskog sporta.

7. LITERATURA

Aagaard, P. (2003). Training-Induced Changes in Neural Function, 61–67.

Bert, J. A., Nos, F. U., Iu, C. H. L., Hen, C. H. H. O. U. C., & O, W. E. I. U. A. H. (2013). The effects of passive press training on jumping performance, speed, and muscle power, *27*(6), 1479–1486. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31826bde9f.

Docherty, J. B. & D. (2002). The Effects of Accentuated Eccentric Loading on Strength , Muscle Hypertrophy , and Neural AND, *16*(1), 25–32.

Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The Effect of Strength Training on Performance in Endurance Athletes, 845–865. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0157-y

Beltman, J. G. M., Sargeant, A. J., Mechelen, W. Van, & Haan, A. De. (2004). Voluntary activation level and muscle fiber recruitment of human quadriceps during lengthening contractions, 619–626.

Bert, J. A., Nos, F. U., Iu, C. H. L., Hen, C. H. H. O. U. C., & O, W. E. I. U. A. H. (2013). The effects of passive press training on jumping performance, speed, and muscle power, 27(6), 1479–1486. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31826bde9f.

J. L. Andersen, T. Mohr, F. Biering-sørensen, H. Galbo, M. K. (1996). Myosin heavy chain isoform transformation in single fibres from m . vastus lateralis in spinal cord injured individuals : effects of long-term functional electrical stimulation (FES), 513–518

Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles, 1565–1575. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00578.2007.

Bosco, C. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise, 557–565.

Britain, G., Staron, R. S., Johnson, P., Medicine, O., & Sciences, B. (1993). Myosin polymorphism and differential expression in adult human skeletal muscle, 106(3), 463–475.

Bruno Manfredini Baroni, MSc.; Jeam Marcel Geremia, MSc.; Rodrigo Rodrigues, P.E.; Rodrigo de Azevedo Franke, P.E., Kiros Karamanidis, M. A. V. (2013). Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: rectus femoris vs. vastus lateralis. https://doi.org/10.1002/mus.23785

Cormie, P., Mcguigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular, 41(1), 17–38.

Dartnall, T. J., Nordstrom, M. A., & Semmler, J. G. (2011). Adaptations in biceps brachii motor unit activity after repeated bouts of eccentric exercise in elbow flexor muscles, 1225–1235. https://doi.org/10.1152/jn.00854.2010.

Docherty, D. (2002). The Effects of Accentuated Eccentric Loading on Strength , Muscle Hypertrophy , and Neural AND, 16(1), 25–32.

Duchateau, J., Baudry, S., Duchateau, J., & Baudry, S. (2014). Insights into the neural control of eccentric contractions Insights into the neural control of eccentric contractions, (February 2013), 1418–1425. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00002.2013

Duclay, J., Martin, A., Duclay, A., Cometti, G., & Pousson, M. (2009). Behavior of fascicles and the myotendinous junction of human medial gastrocnemius following eccentric strength training, (June), 819–827. https://doi.org/10.1002/mus.21297

Dufour, P., Vautravers, P., Geny, B., Coudeyre, E., & Richard, R. (2013). Eccentric Exercise Training : Modalities, Applications and Perspectives, 483–512. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0052-y

Elmer, S., Hahn, S., Mcallister, P., Leong, C., & Martin, J. (2011). Improvements in multi-joint leg function following chronic eccentric exercise, (2001), 1–9. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01291.x

English, K. L., Loehr, J. A., Lee, S. M. C., & Smith, S. M. (2014). Early - phase musculoskeletal adaptations to different levels of eccentric resistance after 8 weeks of lower body training, 2263–2280. https://doi.org/10.1007/s00421-014-2951-5

Farthing, J. P., & Chilibeck, Æ. P. D. (2003a). The effect of eccentric training at different velocities on cross-education, 570–577. https://doi.org/10.1007/s00421-003-0841-3

Farthing, J. P., & Chilibeck, Æ. P. D. (2003b). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy, 578–586. https://doi.org/10.1007/s00421-003-0842-2

Farup, J., Rahbek, S. K., Vendelbo, M. H., Matzon, A., Hindhede, J., Bejder, A., … P, ϯ. (2013). Whey protein hydrolysate augments tendon and muscle hypertrophy independent of resistance exercise contraction mode, 1–11. https://doi.org/10.1111/sms.12083

Faulkner, J. A., Brooks, S. V, & Oplteck, J. A. (1993). of and, 73(12), 92–102.

Gross, M. (2010). E ff ects of Eccentric Cycle Ergometry in Alpine Skiers, 572–576.

Gundersen, K. (2006). Muscular Performance after Concentric and Eccentric Exercise in Trained Men, 17–19. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000229568.17284.ab

Hessel, A. L., Lindstedt, S. L., & Nishikawa, K. C. (2017). Physiological Mechanisms of Eccentric Contraction and Its Applications : A Role for the Giant Titin Protein, 8(February), 1–14. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00070

Higbie, E. J., Cureton, K. J., Iii, G. L. W., Prior, B. M., Elizabeth, J., Cureton, K. J., … Prior, B. M. (1988). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength , cross-sectional area , and neural activation, (22), 2173–2181.

Hortob, T., Dempsey, L., Fraser, D., Zheng, D., Hamilton, G., Lambert, J., & Dohm, L. (2000). Changes in muscle strength , muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans.

Tibor Hortobagyi, Jeff P. Hill, Joseph A. Houmard, David D. Fraser, Nancy J. Lambert, and R. G. I. (2018). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. 26(5), 1441–1453.

Klejs, S., Jean, R., Buch, A., Mikkel, M., Vendelbo, H., Holm, L., … Vissing, K. (2014). Effects of divergent resistance exercise contraction mode and dietary supplementation type on anabolic signalling , muscle protein synthesis and muscle hypertrophy. https://doi.org/10.1007/s00726-014-1792-1

Kucera, K., Borisch, S., Richter, G., Friedmann, B., Kinscherf, R., Vorwald, S., & Mu, H. (2004). Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload, 77–88.

Leong, C. H., Mcdermott, W. J., Elmer, S. J., Martin, J. C., Science, S., City, S. L., … States, U. (2013). Chronic Eccentric Cycling Improves Quadriceps Muscle Structure and Maximum Cycling Power, 559–565. https://doi.org/http://dx.doi.org/ 10.1055/s-0033-1358471

Lucas T. Lacerda, Hugo C. Martins-Costa, Rodrigo C.R. Diniz, Fernando V. Lima, Andre G.P. Andrade, Frank D Tourino, M. G. B. i M. H. C. (2016). Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension, *30*(1), 251–258.

Malliaras, P., Kamal, B., Nowell, A., Farley, T., Dhamu, H., Simpson, V., … Reeves, N. D. (2013). Patellar tendon adaptation in relation to load-intensity and contraction type. Journal of Biomechanics, 46(11), 1893–1899. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.04.022

Miller, L. E. (2007). Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength , fat-free soft tissue mass , and specific bone mineral measurements in young women, 789–796. https://doi.org/10.1007/s00198-006-0305-9

Miller, L. E., Pierson, L. M., Nickols-richardson, S. M., Wootten, D. F., Serah, E., Ramp, W. K., … Selmon, S. E. (2014). Knee Extensor and Flexor Torque Development With Concentric and Eccentric Isokinetic Training, (December 2014), 37–41. https://doi.org/10.1080/02701367.2006.10599332

Moore, D. R., Young, M., & Phillips, S. M. (2012). Similar increases in muscle size and strength in young men after training with maximal shortening or lengthening contractions when matched for total work, 1587–1592. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2078-x

Modul elastičnosti. (n.d.). U Enciklopedija. Dostupno na http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=69647

Tech, E. B. C. and P. A. (1992). Effects of detraining following short term resistance training on eccentric and concentric muscle strength, 23–29.

Katch, T. H. and F. I. (1990). Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension, 395–401.

Potier, T. G., Alexander, C. M., & Seynnes, O. R. (2009). E V ects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement, 939–944. https://doi.org/10.1007/s00421-008-0980-7

Priscilla M. Clarkson, Kazunori Nosaka, and B. B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation, 512–520. https://doi.org/10.1249/00005768-199205000-00004

Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise : mechanism , mechanical signs , adaptation and clinical applications, 333–345.

Richard L. Lieber, and J. F. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture, (November), 1647–1666.

Roig, M., Brien, K. O., Kirk, G., Murray, R., Mckinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults : a systematic review with meta-analysis, 556–568. https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.051417

Sayers, S. P. (2001). Force recovery after eccentric exercise in males and females, 122–126.

Schaefer, L. V, & Bittmann, F. N. (2017). Are there two forms of isometric muscle action ? Results of the experimental study support a distinction between a holding and a pushing isometric muscle function, 1–13. https://doi.org/10.1186/s13102-017-0075-z

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. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8

Seger, J. Y., Arvidsson, B., & Thorstensson, A. (1998). Speci ® c effects of eccentric and concentric training on muscle strength and morphology in humans, 49–57.

Seynnes, O. R., Boer, M. De, Narici, M. V, Crill, M. T., Berlet, G., Hyer, C., … Narici, M. V. (2014). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training, (October 2006), 368–373. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00789.2006

Taylor, P., Komi, P. V, & Buskirk, E. R. (2007). Effect of Eccentric and Concentric Muscle Conditioning on Tension and Electrical Activity of Human Muscle, (July 2013), 37–41.

Terpstra, B., Williamson, D. L., & Gallagher, P. M. (2004). Effects of Short-Term Concentric vs . Eccentric Resistance Training on Single Muscle Fiber MHC Distribution in Humans. https://doi.org/10.1055/s-2004-821041

Tesch, E. B. C. and P. A. (1990). Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training, 31–39.

Timm, B. F., Ralf, B., Silke, K., Klute, K., Bischo, D., Müller, V. H., … Rudolf, B. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes, 821–836. https://doi.org/10.1007/s00421-009-1292-2

Vogt, M., Hoppeler, H. H., Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise : mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct Eccentric exercise : mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct, (February), 1446–1454. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00146.2013

Williams, J., Mitchell, W. K., Franchi, M. V, Atherton, P. J., Reeves, N. D., Fl, M., … Narici, M. V. (2014). Architectural , functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle, 642–654. https://doi.org/10.1111/apha.12225