Primjena kontrastnog treninga u vrhunskom karateu

Bešenić, Stjepan

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:117:324028

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET
(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Stjepan Bešenić

PRIMJENA KONTRASTNOG TRENINGA U VRHUNSKOM KARATEU

(diplomski rad)

Mentor:

doc.dr.sc. Luka Milanović

Zagreb, veljača 2017.

KONTRASTNI TRENING U VRHUNSKOM KARATEU

Sažetak

Cilj ovog rada je odabrati najbolje metode treninga za ispoljavanje maksimalne sile u što kraćem vremenu. Koristit će se dosad objavljena istraživanja o kontrastnom treningu i fenomenu postaktivacijske potencijacije koju on izaziva. Kontrastni trening jedan je od najboljih metoda za razvoj eksplozivnosti koja je važna karika kod karataša zbog same specifikacije karatea gdje je po jednadžbi specifikacije odmah iza brzine i koordinacije upravo eksplozivna snaga (Sertić 2004). Uzimajući u obzir dosad objavljena istraživanja o kontrastnom treningu i postaktivacijskoj potencijaciji napravljeni su nizovi treninga za vrhunske karataše.

Ključne riječi: postaktivacijska potencijacija, eksplozivna snaga, francuski kontrast

CONTRAST TRAINING IN ELITE KARATE

Summry

The aim of this work, using previously published researches about contrast training and postactivation potentiation phenomenon, is to pick the best methods of training to achieve maximum power in the shortest possible timeframe. Contrast training is one of the best methods for developing explosive power which is an important factor for, a elite karate athlete because of the karate specification in which equation explosive power comes right after speed and coordination (Sertić 2004). Considering previously published researches on contrast training and postactivation potentiation, series trainings for a elite karate athletes have been created.

Keywords: postactivation potentiation, explosive strenght, french contrast

SADRŽAJ

1.	UVOD	4
2.	KARATE	5
2.1.	POVIJEST KARATEA	5
2.2.	PODJELA KARATEA	6
2.3.	PREDUVJETI USPJEŠNOSTI U KARATEU	7
3.	KONTRASTNI TRENING	8
4.	ISTRAŽIVANJA KONTRASTNOG I KOMPLEKSNOG TRENINGA	9
5.	POSTAKTIVACIJSKA POTENCIJACIJA PAP	11
5.1.	MEHANIZMI POSTAKTIVACIJSKE POTENCIJACIJE	11
5.1.1.	1. Mehanizam	11
5.1.2.	2. Mehanizam	13
5.2.	ČIMBENICI UVJETOVANJA POSTAKTIVACIJSKE POTENCIJACIJE	14
5.2.1.	Karakteristike subjekta	15
5.2.2.	Parametri aktivnosti	17
6.	AKUTNI FEKTI PAP	21
7.	FRANCUSKI KONTRAST I PRETVARAJUĆI TRENING	24
7.1.	FRANCUSKI KONTRAST	21
7.2.	PRETVARAJUĆI TRENING	24
8.	PRIMJERI TRENINGA U VRHUNSKOM KARATEU	26
8.1.	PRIMJERI TRENINGA ZA GORNJI DIO TIJELA	26
8.2.	PRIMJERI TRENINGA ZA DONJI DIO TIJELA	30
9.	ZAKLJUČAK	35
10.	LITERATURA	36

1.UVOD

Sportskim treningom cilj je da se nova znanja usvoje, usavrše te efikasno primjenjuju u situacijskim uvjetima i zahtjevima uz što bolju učinkovitost. Karate spada u polistrukturalne acikličke aktivnosti gdje se izmjenjuju faze napada i obrane primjenjujući brze i efikasne tehnike. Vrlo je bitna eksplozivna snaga odnosno ispoljavanje maksimalne sile u što kraćem vremenu(Newton i Kreamer, 1994). U karateu se posebno ističe ubrzavanje ruku i nogu za zadavanje udaraca i bacanja protivnika. U kondicijskom treningu za poboljšanje eksplozivne snage koriste se razne metode treninga kao što su pliometrija, balističke te kontrastna metoda. Upravo kontrastna metoda je za temu ovog rada najvažnija metoda koja se prema nekim autorima izjednačava s pojmom kompleksne metode. Tako French i sur. (2003) kompleksni trening definiraju kao metodu uparivanja teških i laganih opterećenja u organiziranu cjelinu s ciljem izazivanja postaktivacijske potencijacije. Postaktivacijska potencijacija (PAP) je pojava prolaznog povećanja učinkovitosti mišićne kontrakcije nakon prethodne mišićne aktivnosti (Sale, 2002). U literaturi se između ostalog spominju i termini post-tetanička facilitacija (Marković i Peruško, 2003). S obzirom da se u trenažnom procesu teži maksimizaciji efekata, fenomen PAP-a predmet je zanimanja kako u sportskoj praksi tako i u znanstvenim istraživanjima. Spomenuti kontrastni trening praktična je aplikacija saznanja o postaktivacijskoj potencijaciji. Najčešći primjer kompleksa vježbi odnosi se na izvedbu vertikalnih skokova iz čučnja nakon izvedbe stražnjeg čučnja (Ebben, 2002) te bacanje medicinke s prsa nakon potiska s ravne klupe. Već iz ovog primjera mogu se jasno definirati osnovne postavke navedene metode. Primjenjuje se određeno predopterećenje, najčešće u vidu vježbe visokog intenziteta, potom slijedi određeni odmor nakon čega slijedi vježba eksplozivnog karaktera. Cilj rada je iz prethodnih istraživanja o kontrastnom treningu primijeniti metode koje su najpogodnijie za primjenu u karateu. Dakle bit će detaljno objašnjena dosadašnja istraživanja na temu kontrastnog treninga i postaktivacijske potencijacije te primjena najboljeg modela u treningu vrhunskih karatista.

2. KARATE

2.1. Povijest karatea

Iako nosi japanski naziv i koristi japansku terminologiju u sustavu vježbanja, prapočetci ovog sporta ipak su vezani za Indiju i Kinu. Smatra se da je tvorac karatea kao cjelovitog sustava vježbanja bio indijski svećenik Bodhidharma**,** koji je u 5.st.p.K., na poziv kineskog cara, posjetio njegov dvor u sjevernoj Kini. Legenda kaže da se prelazeći Himalaje, golim rukama borio protiv divljih životinja i neprijateljskih domorodaca jer mu je religija zabranjivala nošenje oružja.

Karate (jap. = prazna šaka, od kara = prazan i te = šaka) je borilački sport u kojem dvoje natjecatelja zadaju jedan drugome simulirane (strogo kontrolirane) udarce rukama i nogama.
Gichin Funakoshi smatra se tvorcem modrenog karatea. Radio je u školi kao učitelj tijekom dana, a noću bi potajno poučavao borilačke vještine. Kako bi sačuvao tajnost, ništa nije zapisivao, već je vježbao tako da je neprekidno ponavljao iste pokrete (kat), nastojeći ih dovesti do savršenstva.
U Tokiju 1922. počeo je sustavno poučavati vještinu borbe sa svog otoka miješajući je s Japanskom borilačkom vještinom. Stvorio je novi sport koji je nazvao *karate*. Japanski je jezik službeni jezik karatea (svi nazivi su japanski) jer su mu Japanci dali moderan oblik i pravila borbe.

2.2. Podjela karatea

Karate se u osnovnoj strukturalnoj podjeli prema pravilima sporta dijeli na natjecateljsku disciplinu *kate* i natjecateljsku disciplinu *kumite* (borbe), pojedinačno i ekipno, prema uzrasnim i težinskim kategorijama (samo *kumite*). Prema strukturalnoj složenosti karate sport pripada skupini polistrukturalnih acikličkih sportova u dijelu koji se odnosi na *kumite,* odnosno pripada skupini konvencionalno estetskih sportskih aktivnosti u dijelu koji se odnosi na *kate* (Sertić, 2004).

Kate su natjecateljska disciplina sportskog karatea koje određuje skup točno određenih tehnički elemenata (udaraca, stavova, kretanja i blokova). Strukturne jedinice koje sačinjavaju *katu* izvode se prema pravilima na unaprijed propisan način, prema određenom redu, ritmu i rasporedu. Natjecateljska disciplina *kate* se odvija u četiri strukturalno različita natjecateljska stila koji ukupno broji 8 *shitei* (obveznih) *kata* i 85 *tokui* (odobrenih) *kata* (prema W.K.F spisku odobrenih kata).

Kumite su aktivnosti u kojima se direktno suprotstavljaju dva borca (natjecatelja). Karate borba od drugih se borilačkih sportova razlikuje po tome što se osnovni cilj, a to je simbolička destrukcija protivnika, vrši simboliziranim ili strogo kontroliranim udarcima ruku i nogu, odnosno, protivnici pokušavaju zadati jedan drugome optimalne precizne i pravovremene udarce rukama i nogama – šakom i stopalom u određene regije tijela, istovremeno odbijajući ili izbjegavajući napade protivnika (Vučić, D 2014). S tim u vezi natjecateljska disciplina *kumite* u karateu može se interpretirati kao proces dinamičke interakcije između dva protivnika (Jukić i sur., 2012).

Vučić, D (2014) tehnika karatea može se podijeliti na: kretanja, udarce rukom, udarce nogom, obrane od udaraca, bacanja, padove i kombinacije tehnika u napadu i obrani. Broj pojedinačnih tehnika koje se koriste u natjecateljskoj discipline *kumite* kreće se između dvadeset i trideset, no sveukupni broj tehničko - taktičkih elemenata je višestruko veći na što ukazuje natjecateljska disciplina *kate*.

2.3. Preduvjeti uspješnosti u karateu

Katić (2005) te Blažević (2006) spominju kako nije dovoljan samo uporan rad već i posjedovanje predispozicija za postizanje rezultata u ovom sportu. Za uspjeh u natjecateljskoj disciplini *kumite* posebno je važna specifična agilnost, tj. pokretljivost karataša u raznim pravcima. Dobra pokretljivost omogućava izbjegavanje napada protivnika i zauzimanje optimalne pozicije za efikasnu realizaciju vlastitih tehnika. Dinamika borbe i frekvencija pokreta posebno su naglašeni što od karatiste zahtjeva visoku razinu motoričko-funkcionalnih sposobnosti, posebno brzine i snage (Ravier, 2003). Intervalni sportovi visokog intenziteta u koji spade i karate, oslanjaju se uglavnom na anaerobne izvore energije, pri čemu su determinantne akcije funkcija eksplozivnog kretanja (Francescato, Talon, Di Prampero, 1995).

Vrhunske rezultate u karateu mogu postići samo oni karatisti koji potencijalno raspolažu sa iznadprosječno razvijenim motoričkim sposobnostima, prvenstveno eksplozivne snage, brzine i koordinacije što posebno dolazi do izražaja kod realizacije karate udaraca koji se izvode u kombinaciji i to: jaku zuki-mawashi geri i kizame zuki-jaku zuki (Katić i sur. 2005).

Helbi Chabbene i sur. (2012) u svojem radu navode kako eksplozivna snaga ima važnu ulogu u postizanju vrhunske karate izvedbe, a najviše se očitava u vertikalnom skoku. Ravier i sur. (2004) navode kao se razlikuje maksimalna izlazna snaga i maksimalna brzina između karateka sa međunarodnim iskustvom i onih sa nacionalnim iskustvom testiranih na bicikl ergometru.

3. KONTRASTNI TRENING

Kontrastni trening spada pod kompleksne metode trening kojesu prvi opisali i istražili Verkhoshansky i Tetyan (1973). Pod kompleksnim treningom smatra se primjena pliometrijskih vježbi nakon vježbi sa opterećenjem najčešće stražnjeg čučnja te izvođenja vertikalnih skokova. Za napisanu metodu najčešće se uzimaju nazivi kontrastni i kompleksni trening ili metoda. Duthie i sur. (2002) predlažu podjelu trenažnih formi u kojima se izmjenjuju velika i mala opterećenja, te su termin kompleksni trening definirali kao trenažnu formu u kojoj se prvo odrade sve serije vježbi s velikim opterećenjem nakon čega slijede serije vježbi s manjim opterećenjem. Kontrastni trening opisan je kao forma gdje se vježbe s velikim opterećenjem izmjenjuju s vježbama s malim opterećenjem serija za serijom. Predopterećenje je najčešće izometričkog, koncentričnog, ekscentričnog, ili ekscentrično-koncentričnog karaktera (Jukić sur., 2004), a primjenjivani su i pliometrijski podražaji (Stieg i sur., 2011; Tsolakis i sur., 2011). Kontrastna metoda spada pod skup reaktivnih metoda za razvoj eksplozivne jakosti. Podvarijante uključuju otpuštanje tereta, izmjenu velikih i malih opterećenja i skidanje tereta (Siff i Verkhoshansky 1999). Eksplozivna snaga se poboljšava kao rezultat provedene aktivacije živčano – mišićnog sustava nakon maksimalnih kontrakcija. Vježba stražnji čučanj toliko pobuđuje živčano – mišićni sustav da se povećava generiranje snage u sljedećoj vježbi sa manjim opterećenjem ili bez njega (Young i sur., 1998). Taj fenomen autori nazivaju postaktivacijska potencijacija (PAP) više o PAP-u u sljedećem poglavlju. Problematika kontrastnog treninga je koje opterećenje (RM) koristiti te koliki je odmor između serija opterećenje i rasterećenja kako bi što bolje izazvali PAP efekt. Dosadašnja istraživanja obuhvaćaju usporedbu efekata kontrastnog i kompleksnog tipa treninga ili primjenu izoliranog pliometrijskog treninga i primjenu treninga s utezima i vježbi eksplozivnog karaktera.

4. ISTRAŽIVANJA KONTRASTNOG I KOMPLEKSNOG TRENINGA

Duthie i sur. (2002) proveli su istraživanje s 11 žena s iskustvom u treningu s utezima. Provodile su tri tipa trenažnih jedinica: tradicionalni pristup - provedba skokova prije čučnjeva, kompleksni trening - serije čučnjeva koje slijede serije skokova i kontrastni trening - serije čučnjeva i skokova po principu serija za serijom. Nisu zabilježene značajne razlike u izvedbi skoka iz čučnja uspoređujući trenažne metode. Značajne razlike uočene su jedino kod izvedbe prve serije skokova. Naime, tijekom izvedbe kompleksnog protokola vršna snaga bila je manja u odnosu na ostale metode. Nadalje, uočena je značajna razlika u izvedbi uspoređujući grupe u odnosu na stupanj jakosti. Grupa s višom razinom jakosti manifestirala je veći napredak u izvedbi u odnosu na grupu s manjom razinom jakosti primjenjujući kontrastnu metodu u usporedbi s tradicionalnom metodom. Autori su zaključili kako je kontrastna metoda efikasna u razvoju ispoljavanja snage, ali jedino za sportaše s višom razinom jakosti (Duthie i sur., 2002).

Alves i sur. (2010) su na uzorku od 23 vrhunska mlada nogometaša analizirali učinke primjene kontrastnog i kompleksnog treninga (CCT) (koristili su oba pojma za definiranje modaliteta treninga koji Duthie i sur. (2002) nazivaju isključivo kontrastnim treningom). Trenažni period trajao je 6 tjedana, a formirane su tri grupe, jedna kontrolna (KG) i dvije eksperimentalne (EG1 i EG2). EG1 i EG2 su se razlikovale po tjednoj frekvenciji primjene CCT-a, pri čemu je EG1 provodila trening jedanput tjedno, a EG2 dva puta tjedno. CCT trening je u oba slučaja bio uključen u uobičajeni nogometni program treninga. Trening je bio koncipiran na slijedu od tri vježbe: bazična vježba jakosti, bazična eksplozivna vježba i na kraju specifični eksplozivni zadatak. Eksperimentalne grupe značajno su napredovale u varijablama sprint 5 i 15 metara i vertikalni skok. Tjedna frekvencija treninga nije imala presudan utjecaj na rezultate, čak je EG1 grupa u manjoj mjeri postigla veći napredak. Zaključak je bio kako CCT program značajno doprinosi poboljšanju važnih sposobnosti u nogometu, pri čemu tjedna frekvencija rada nema većeg značaja.

Rajamohan i sur. (2010) istraživali su razlike između primjene kompleksne i kontrastne metode. Uzorak je činilo 30 mladih sportaša s Odjela za fizičku kulturu i sportske znanosti u dobi od 19 - 21 godine. Podijeljeni su u dvije brojčano podjednake grupe. Grupa 1 provodila je program kompleksnog treninga, a grupa 2 program kontrastnog treninga. Period eksperimentalne provedbe treninga trajao je 3 mjeseca (4 dana/tjedno). Mjereni su

parametri jakosti (jakost nogu, leđa, mišićna jakost, mišićna izdržljivost) i parametri snage (eksplozivna jakost u vidu postignute vertikalne i horizontalne udaljenosti). Podaci su registrirani prije i nakon trenažnog perioda i pokazali su kako su veće rezultate postigli sportaši koji su sudjelovali u programu kontrastnog treninga. Rezultati su također pokazali kako program kompleksnog treninga ispoljava manje vrijednosti tijekom izvedbe prve serije skokova iz čučnja u odnosu na tradicionalni i kontrastni trening. Pretpostavka je da je razlog umor nakon izvedbe čučnjeva s velikim opterećenjem (3 serije s 3RM opterećenjem). Zaključak je kako kontrastni trening doprinosi razvoju parametara jakosti i snage (Rajamoan i sur., 2010). Važno je istaknuti kako se i ovdje pokazalo da je važan čimbenik razina treniranosti sportaša.

MacDonald i sur. (2013) također su uspoređivali učinke treninga s utezima, pliometrijskog treninga i njihove kombinacije (kompleksnog treninga). Uzorak su činili 34 rekreativca studentske dobi. Trenirali su jednom od navedenih metoda 2 puta tjedno kroz period od 6 tjedana. Proučavani su efekti na parametre snage i sile reakcije podloge tijekom izvedbe vertikalnih i horizontalnih skokova. Pojedini parametri značajno su poboljšani tijekom 6-tjednog perioda. Međutim, nisu evidentirane statistički značajne razlike među grupama u niti jednom mjerenom parametru u niti jednoj vremenskoj točki mjerenja. Autori su zaključili kako za istraživanu populaciju sve tri metode (trening jakosti, pliometrija, kompleksni trening) daju jednake efekte u periodu od 6 tjedana.

Talpey i sur. (2014) proveli su još jedno u nizu istraživanja koje je usporedilo učinke konvencionalnog, kompleksnog i kontrastnog protokola. Uzorak su također činili sportaši rekreativci. Zanimljivo je što su primijenjene statičke i dinamičke varijante kompleksnih i kontrastnih protokola. Ukupno je, dakle, provedeno 5 različitih protokola: konvencionalni protokol (3 serije po 4 skoka s pripremom (CMJ), pri čemu je između svakog skoka pauza trajala 2 minute), kontrastni dinamički i kontrastni statički protokol (4 ponavljanja s opterećenjem od 5RM ili izometrički čučanj u trajanju od 5 sekundi upareni sa serijama od 4 CMJ-a) te kompleksni dinamički i kompleksni statički protokol (3 serije po 4 ponavljanja s opterećenjem 5RM ili izometrički čučanj u trajanju od 5 sekundi provedeni prije izvedbe 3 serija CMJ-a). U svim kompleksnim protokolima je nakon izvedbe vježbi s utezima slijedilo 4 minute odmora, a 2 minute odmora nakon serije CMJ-a. Mjerena varijabla odnosila se na vršni izlaz snage tijekom izvedbe CMJ-a, i to pojedinačno za svaku seriju i ukupni prosjek. Rezultati su pokazali kako je konvencionalni protokol polučio značajno veći izlaz snage u odnosu na sve ostale protokole osim dinamičkog kompleksnog i

statičkog kontrastnog protokola. Autori na temelju rezultata zaključuju kako kompleksni i kontrastni protokoli primijenjeni u njihovom istraživanju ne bi trebali biti korišteni za potencijaciju snage donjih ekstremiteta u rekreativno treniranih sportaša (Talpey i sur., 2014).

5. POSTAKTIVACIJSKA POTENCIJACIJA PAP

Xenofondos i sur. (2010.) definiraju postaktivacijsku potencijaciju (PAP) kao povećanje mišićnih performansi nakon potencirajućih kontrakcija. Isti autori sažimaju moguće benefite PAP protokola. Tako ističu kako PAP povećava razinu izlazne snage, ali ne i maksimalnih vrijednosti sile i maksimalne brzine neopterećenog pokreta. Razlog tom je što PAP ne doprinosi povećanju sile pri aktivaciji motoričkih jedinica visokom frekvencijom. Međutim, postaktivacijska potencijacija može doprinijeti porastu gradijenta sile, odnosno brzine postizanja vršne sile. Prema tome, PAP može povećati učinkovitost aktivnosti kao što su skakanje, trčanje i bacanje (Xenofondos i sur., 2010).Možemo zaključiti kako PAP podrazumijeva da je omjer između umora i podražaja idealan odnosno da je potrebno naći pravi omjer između jednog i drugog (Robbins 2005).

5.1. MEHANIZMI POSTAKTIVACIJSKE POTENCIJACJE

5.1.1. 1. Mehanizam

Puđa, D (2015) navodi da je fosforilacija regulatornih lakih lanaca miozina (engl. regulatory light chains of miosin - RLC) po nizu je autora jedan od glavnih čimbenika izazivanja PAP-a (Rassier i MacIntosch, 2000; Chiu i sur., 2003; Wilson i sur., 2013). Rassier i MacIntosch (2000) na temelju niza istraživanja navode kako postoji čvrsta korelacija između magnitude potencijacije i magnitude fosforilacije RLC-a. Nadalje, istraživanja u laboratorijskim uvjetima pokazala su da je sila kontrakcije pri određenoj submaksimalnoj koncentraciji Ca2+ povećana, dok se maksimalna sila ne mijenja. Uzevši

u obzir navedeno, postoji čvrst temelj teoriji po kojoj je RLC fosforilacija odgovorna za aktivnošću uvjetovanu potencijaciju (Rassier i MacIntosch, 2000). Fosforilacija RLC-a zbiva se kada se aktivira enzim miozin kinaza (engl. miosin light chain kinase - MLCK). Do aktivacije MLCK dolazi prilikom povećanja koncentracije Ca2+ i povezivanja Ca2+ - kalmodulin kompleksa sa MLCK. Stoga, kada je mišić aktiviran koncentracija Ca2+ raste što rezultira aktivacijom MLCK i povećanom RLC fosforilacijom. Pretpostavka je da povećana RLC fosforilacija izaziva povećanu osjetljivost kontraktilnih proteina na Ca2+ čime jača ispoljavanje submaksimalnih kontrakcija. Enzim miozin fosfataza (engl. myosin light chain phosphatase - MLCP) odgovoran je za micanje fosfatne grupe sa RLC-a. Enzim djeluje relativno sporo, postižući kontrolnu razinu fosforilacije nakon 4-5 minuta u mišiću sisavca na temperaturi od 37oC (Rassier i MacIntosch, 2000). Pokazalo se da je pojačana submaksimalna sila u uvjetima visoke razine RLC fosforilacije rezultat povećane frekvencije povezivanja poprečnih mostova ili većem stupnju tranzicije od slabih veza do čvrstih veza što rezultira većim brojem poprečnih mostova koji tijekom kontrakcije generiraju silu. Dokazi koji potkrepljuju navedeno uključuju sljedeće: mišićna krutost raste proporcionalno povećanju aktivne sile, aktivnost miozin ATP- aze raste proporcionalno povećanju aktivne sile, a stopa relaksacije se ne smanjuje. Proporcionalno povećanje krutosti ukazuje kako je rast sile uvjetovan povećanim brojem povezanih poprečnih mostova, a proporcionalno povećanje aktivnosti ATP - aze sugerira da vremenski uvjetovano vraćanje poprečnih mostova nije pod utjecajem RLC fosforilacije. Konstantan broj uključenih poprečnih mostova proporcionalan je zbroju stope povezivanja i stope odvajanja poprečnih mostova. Priloženi dokazi sugeriraju da je povećanje u broju povezanih poprečnih mostova rezultat povećane stope povezivanja. Dokazi da promjene stope odvajanja nisu prisutne uključuju izostanak povećanja u vremenu relaksacije kao i izostanak promjena u ekonomičnosti generiranja sile (Rassier i MacIntosch, 2000). Rassier i MacIntosch premu svemu navedenom zaključuju kako priloženi dokazi potvrđuju da je povezanost povećanja generirane sile i RLC fosforilacije rezultat povećanja stope povezivanja poprečnih mostova bez promjene u stopi odvajanja i ta promjena u kinetici poprečnih mostova rezultira u povišenoj osjetljivosti na Ca2+ .

5.1.2. 2. Mehanizam

Puđa, D (2015) navodi da se drugi mehanizam odnosi na povećanu neuralnu efikasnost, odnosno povećanu regrutaciju motoričkih jedinica višeg reda. Gullich i Schmidtbleicher (1996) ističu kako su motoričke jedinice tijekom maksimalnih voljnih kontrakcija (engl. maximal voluntary contractions - MVC) stimulirane vrlo visokom frekvencijom tetaničkih podražaja od više od 100 Hz. Navode kako je u istraživanjima sa životinjama dobiveno da se povećana efikasnost podražajne transmisije između živčanih stanica, nakon tetaničke stimulacije, može održati i do nekoliko minuta. Rezultat toga je povećanje postsinaptičkih potencijala uz istu razinu predsinaptičkih potencijala tijekom naknadnih aktivnosti. Luscher i sur. (1983) prethodno navedeno objašnjavaju sljedećim mehanizmom. Na svako nadređeno živčano vlakno (tj. Ia vlakno) brojne sinapse vežu svaki alfa motoneuron. Aktivacija alfa motoneurona odvija se na principu „sve ili ništa“ pri čemu intenzitet predsinaptičkog podražaja mora koincidirati s postsinaptičkom receptorskom osjetljivošću. Neuspjeli prijenosi podražaja na sinaptičkim vezama česta su pojava tijekom uobičajenih refleksnih ili voljnih reakcija uslijed autonomno zaštićene aktivacijske rezerve. Pretpostavlja se da stimulirana tetanička kontrakcija smanjuje razinu neuspjelih prijenosa tijekom naknadnih aktivnosti putem jednog ili kombinacije više mehanizama. To se odnosi na povećanje broja otpuštenih neurotransmitera, povećanje njihove efikasnosti i redukciji neuspjelih aksonalnih prijenosa. Na temelju istraživanja ekscitatornih postsinaptičkih potencijala (engl. excitatory postsinaptic potentials - EPSP) u mačaka Luscher i sur. primijetili su kako je neuspjeh u monosinaptičkom prijenosu značajniji u većih motoneurona (odgovornih za aktivaciju motoričkih jedinica višeg reda odnosno brzo-trzajućih (engl. fast-twitch) motoričkih jedinica. Nasuprot tome, kada je trzaj stimuliran nakon tetaničke kontrakcije u trajanju od 10 sekundi, utvrđeno je smanjenje neuspjeha u prijenosu koje se prvenstveno javlja u većih motoneurona što je kod njih rezultiralo znatnim PAP efektom. Kada bi predopterećenje moglo izazvati povećanje regrutacije motoneurona višeg reda u ljudi, taj bi efekt teoretski povećao doprinos brzo-trzajućih vlakana mišićnoj kontrakciji i stoga povećao učinkovitost naknadnih eksplozivnih aktivnosti (Tillin i Bishop, 2009, prema Luscher i sur., 1983).

Kao potencijalno važan faktor u ispoljavanju PAP efekata Tillin i Bishop (2009) navode i promjenu kuta djelovanja mišićne kontrakcije u ispoljavanju PAP efekata. Kut djelovanja

mišića (kut koji formiraju fascije unutarnje aponeuroze) odražava usmjerenost mišićnih vlakana u odnosu na vezivno tkivo/tetive. Kut mišićne kontrakcije stoga će utjecati na prijenos sile na tetive i kosti. Zbroj sila svih pojedinih vlakana koje djeluju na relevantnu tetivu tijekom mišićne kontrakcije umanjuje se faktorom veličine kuta mišićnog djelovanja. Stoga manji kut djelovanja predstavlja mehaničku prednost u odnosu na prijenos sile na tetive. Mahlfeld i sur. (2004) (prema Tillin i Bishop, 2009) mjerili su kut usmjerenosti mišića vastus lateralis u mirovanju, prije i nakon 3-sekundnog izometričkog MVC-a. Neposredno nakon kontrakcije kut se nije promijenio. Međutim, 3-6 minuta nakon MVC-a kut se značajno smanjio (sa 16.20 na 14.40, $p<0.05$). Ta promjena bila bi ekvivalentna povećanju prijenosa sile na tetive od samo 0.9%, ali je moguće da taj učinak doprinosi PAP-u. Također, izvjesno je da predopterećenje doprinosi povećanju popustljivosti vezivnog tkiva/tetiva što bi moglo poništiti učinak smanjenja kuta djelovanja mišića na prijenos sile.Zaključak je kako utjecaj djelovanja mišićne arhitekture na izazivanje PAP efekata zahtijeva daljnje istraživanje (Tillin i Bishop, 2009).

5.2. ČIMBENICI UVJETOVANJA POSTAKTIVACIJSKE POTENCIJACIJE

Puđa, D (2015) navodi da različiti čimbenici utječu na izazivanje PAP u treningu te postizanje željenih efekata odnosno rezultata. Ranije je istaknuto kako se na efekte PAP djeluje svladavanjem pred opterećenja visokim intenzitetom nakon čega slijedi određeni odmor prije izvedbe određenih eksplozivnih pokreta odnosno vježbi. Dva su temeljna akutna efekta mišićne kontrakcije: umor i potencijacija. Umor je trenutno opadanje radne sposobnosti uzrokovane prethodnim napornim radom. Suprotno umoru, potencijacija predstavlja trenutno poboljšanje kontraktilne sposobnosti mišića pod utjecajem intenzivne i kratkotrajne mišićne aktivnosti (Sale, 2002.). Stoga možemo ustvrditi kako je riječ o dva akutna fenomena koji se nalaze u "konfliktu". U određenom trenutku efekti potencijacije nadvladaju efekte umora i dolazi do poboljšanja mišićnih performansi, ponajprije gradijenta sile (eksplozivno generiranje mišićne sile). Kada je potencijacija izazvana voljnom izometričkom ili dinamičkom kontrakcijom riječ je o tzv. postaktivacijskoj potencijaciji, ili skraćeno PAP (Sale, 2002.).Navedeni odnos između PAP-a i umora

uvjetovan je kombinacijom čimbenika od kojih je volumen opterećenja samo jedan od njih. Bitno je poznavanje subjekta i njegovih karakteristika te precizno definiranje parametara predopterećenja i potenciranog pokreta/vježbe.

5.2.1. Karakteristike subjekta

Tillin i Bishop (2009) bitne karakteristika subjekta: mišićna jakost, distribucija tipa mišićnih vlakana, razina treniranosti i omjer snaga-jakost. Autori Gourgoulisa i sur. (2003), prema kojem su ispitanici s većom razinom jakosti ostvarili značajno veće PAP efekte od ispitanika s nižom razinom. Naime, ispitanici su podijeljeni u dvije grupe: jednu grupu činili su ispitanici sposobni u čučnju svladati opterećenje veće od 160kg, drugu grupu oni koji su bili sposobni svladati manje od 160kg. Grupa >160kg ostvarila je 4-postotno povećanje visine u CMJ-u nakon izvedbe pet serija čučnjeva. U drugoj grupi povećanje je iznosilo samo 0,4%. S druge strane, Batista i sur. (2011) nisu utvrdili značajne razlike između grupa različite razine dinamičke jakosti. U njihovom je istraživanju sudjelovalo 23 ispitanika podijeljenih na 3 grupe (atletičari, bodybuilderi i tjelesno aktivni muškarci). Kategorizacija subjekata temeljila se na testiranju 1 RM-a u vježbi potisak nogu na trenažeru (engl. leg press). Provedena su dva različita protokola s ciljem uspostavljanja PAP efekata (1 ili 3 maksimalne voljne izometričke kontrakcije trajanja 5 sekundi po ponavljanju). Testiranjem visine u CMJ-u i brzine odraza sa platforme nisu utvrđene nikakve statistički značajne razlike 13 ($p \leq 0.05$). Dakle, u ovom primjeru autori su zaključili kako razina sportaševe razine jakosti nema utjecaja na pojavu PAP efekata i kako bi u tom smislu pristup treningu trebao biti individualan (Batista i sur., 2011).

Jedan od radova o utjecaju omjera mišićnih vlakana na ispoljavanje PAP efekata jest onaj Hamade i sur. (2000). Autori navode kako u malih sisavaca, mišići s kraćim vremenom trzajne kontrakcije i većim udjelom brzih mišićnih vlakana (tip II) iskazuju veću posttetaničku potencijaciju sile trzaja nego što je to slučaj u mišića s dužim vremenom kontrakcije i dominacijom sporih mišićnih vlakana (tip I). Stoga su povezanost udjela vrste mišićnih vlakana i potencijacije u ljudi odlučili provjeriti na grupi od 20 mladih muškaraca. Podražaj se odnosio na MVIC u trajanju od 10 sekundi. Maksimalne trzajne

kontrakcije mišića opružača koljena bile su električki evocirane prije i nakon MVIC-a. Četvorica muškaraca s najvećim (HPAP, 104±11%) i najmanjim (LPAP, 43±7%) PAP vrijednostima bili su podvrgnuti iglenoj biopsiji m. vastus lateralisa. HPAP skupina imala je veći udio mišićnih vlakana tipa II (72±9 naspram 39±7%) i manje vrijednosti pred-MVIC vremena do vršne sile trzaja (61±12 naspram 86±7ms) u odnosu na LPAP skupinu. Podaci sugeriraju kako, slično mišićima malih sisavaca, ljudski mišići s manjim vremenom trzajne kontrakcije i većim postotkom vlakana tipa II ispoljavaju veće PAP vrijednosti (Hamada i sur., 2000).

Paasuke i sur. (1998) istraživali su razliku u veličini PAP efekata između sportaša u disciplinama eksplozivne jakosti (sprinteri i skakači) i sportaša u disciplinama izdržljivosti (trkači na duge pruge). Utvrdili su značajno veće PAP vrijednosti u sportaša eksplozivnih disciplina (154.3±14.2% naspram 128.3±16.8%). Za pretpostaviti je kako je jedan od glavnih čimbenika dobivenih rezultata različit omjer brzih i sporih mišićnih vlakana među ispitanim sportašima. Chiu i sur. (2003) istraživali su problematiku utjecaja razine treniranosti na postaktivacijsku potencijaciju. Usporedili su sportaše uključene u sportove koji zahtijevaju visoku razinu eksplozivne jakosti (ATH) i sportaše rekreativce (RT). Predopterećenje se provodilo u vidu čučnjeva s opterećenjem 90% 1RM (5 serija, 1 ponavljanje po seriji), a ciljani potencirani pokreti odnosili su se na skokove iz čučnja s različitim opterećenjem (30%, 50% i 70% 1RM). Uspoređujući grupe, značajno veći PAP učinci (parametri sile i snage) dobiveni su kod ATH grupe. Utjecaj razine treniranosti na ispoljavanje PAP-a istraživali su i Berning i sur. (2010). Nakon izvedbe funkcionalnog izometričkog čučnja, ispitanicima su mjereni rezultati u countermovement jump-u (CMJ). Sportaši s iskustvom u treningu jakosti ispoljili su značajne PAP vrijednosti (4 minute nakon predopterećenja dobiveno povećanje od 2.4cm, +5.1%; nakon 5 minuta povećanje od 2.6cm, +5.5%), dok netrenirani muškarci nisu iskazali značajno povećanje inicijalnih vrijednosti. Važno je napomenuti kako faktori mišićne jakosti, distribucije mišićnih vlakana i razina treniranosti nisu nužno izolirani. Razina treniranosti često je povezana s jakosti sportaša, a ona pak može biti uvjetovana omjerom brzih i sporih mišićnih vlakana. U tom smislu potrebna je detaljnija analiza i kategorizacija.

Tillin i Bishop (2009) u ispoljavanju PAP efekata također ističu i važnost omjera snaga-jakost. Navode primjer istraživanja Schneikera i sur. (2006) u kojem su sudjelovali sportaši jakosti. Ispostavilo se da sportaši s omjerom snaga/jakost manjim od 19W/kg, iskazuju značajnu negativnu korelaciju između omjera S/J i potencijacije vršne snage u odnosu na

sportaše s omjerom većim od 19W/kg. Autori prema rezultatima zaključuju kako sportaši manje sposobni da efikasno pretvore silu (jakost) u snagu više profitiraju od PAP protokola. Čini se također da za omjer S/J postoji prag iznad kojeg subjekti ne ispoljavaju učinke PAP-a.

Tsolakis i sur. (2011) proveli su istraživanje s muškim i ženskim mačevaocima. Primijenjena su četiri različita protokola koja su uključivala dinamičke i izometričke varijante predopterećenja. Prije, neposredno nakon i potom u intervalima od 4, 8 i 12 min, eksplozivnost je mjerena skokom s pripremom (CMJ) i balističkim potiskom s klupe (engl. bench press throw). Statistička analiza pokazala je značajan pad u vršnoj snazi nogu jedino kod muškaraca, i to nakon primjene izometričkih podražaja (Tsolakis i sur., 2011). Arabatzi i sur. (2014) istraživali su postaktivacijsku potencijaciju s obzirom na značajke dobi i spola. U istraživanju su sudjelovali muški i ženski ispitanici različite dobi: preadolescenti (10 - 12 godina), adolescenti (14 - 15 godina) i odrasli (20 - 25 godina). Predopterećenje se sastojalo od izometričkog podražaja (MVIC, 3 x 3 sekunde). Referentni pokazatelji odnosili su se na postignutu visinu i gradijent sile tijekom izvedbe skoka iz čučnja (engl. squat jump). Rezultati su bili vrlo varijabilni u odnosu na faktore spola i dobi. PAP efekti u visini skoka ispoljili su se jedino kod odraslih muškaraca, za razliku od ostalih muških i ženskih grupa. Učinci PAP-a na vršni gradijent sile iskazali su se u obje odrasle grupe i u muških adolescenata, bez značajnih učinaka u ostalim grupama. Autori zaključuju kako su PAP protokoli primjenjivi za akutno povećanje mišićne efikasnosti u odraslih muškaraca, ali ne i u mlađoj populaciji. Wilson i sur. (2013) u svojoj meta-analizi istraživanja PAP-a zaključili su, vezano za čimbenik spola, kako ne postoji značajna razlika između muškaraca i žena.

5.2.2. Parametri aktivnosti

Vezano za parametre aktivnosti najvažniji čimbenici su: volumen predopterećenja (trajanje, serije, ponavljanja, odmor između serija i odmor nakon predopterećenja); intenzitet predopterećenja; vrsta predopterećenja (npr. dinamičke ili izometričke aktivnosti) i vrsta naknadne aktivnosti. Značajno istraživanje o utjecaju volumena predopterećenja na ishode potencirajućih podražaja proveli su French i sur. (2003). U

istraživanju je sudjelovalo 14 atletičara, a primijenili su dva različita PAP protokola i kontrolni protokol (bez predopterećenja). Predopterećenje se sastojalo od 3 x 3 sekunde ili 3 x 5 sekundi maksimalnih voljnih izometričkih opružanja potkoljenice (engl. MVIC - knee extension), uz 3 minute odmora između svakog ponavljanja. Ciljane potencirane vježbe uključivale su dubinske skokove i skokove s pripremom, sprint 5 sekundi na biciklergometru i opružanje potkoljenice. Značajni porast u visini odraza (5.03%), maksimalnoj sili (4.94%) i impulsu ubrzanja (9.49%) registrirani su u izvedbi dubinskih skokova jedino nakon protokola 3 x 3 sekunde MVIC. Tijekom izvedbe opružanja potkoljenica zabilježeno je povećanje maksimalnog momenta sile od 6.12%. Značajne promjene u izvedbi 5 sekundi sprinta i skoka s pripremom nisu primijećene ni u jednoj grupi. Autori zaključuju kako serija MVIC-a (3 x 3 sekunde) može doprinijeti poboljšanju izvedbe eksplozivnih vježbi (≤0.25 sek). Ističu i zaključak Vandervoorta i sur. (1983) koji su uočili kako razmjer potencijacije pada ukoliko MVC prelazi trajanje od 10 sekundi. Što se tiče trajanja odmora nakon PAP podražaja, meta-analiza Wilsona i sur. (2013) pokazuje kako se najveći učinci dobivaju odmorom od 7 - 10 minuta, a potom od 3 - 7 minuta.

Iako je uvriježeno mišljenje kako dominantno velika opterećenja (intenzitet dinamičkih ili izometričkih vježbi >80%) mogu izazvati značajne PAP efekte (Chatzopoulos isur., 2007; Rahimi, 2007; Tillin i Bishop, 2009), prisutni su i suprotni stavovi i rezultati. Tako Wilson i sur. (2013) u svojoj meta-analizi istraživanja PAP efekata zaključuju kako je zapravo srednji intezitet (60 - 84% 1RM) (efektivna veličina = 1.06) idealan za ispoljavanje PAP-a u usporedbi s vrlo visokim intezitetima (<80%) (efektivna veličina =0,31) neovisno o razini treniranosti. Navedeno objašnjavaju hipotezom da aktivnost srednjeg intenziteta izaziva PAP uz manje mehaničke traume u usporedbi s težom aktivnošću

Requena i sur. (2008) u svom su istraživanju usporedili različite tipove predopterećenja, koji su se između ostalog razlikovali i po intenzitetu. Podražaje su činili maksimalna voljna izometrička kontrakcija u trajanju od 7 sekundi, submaksimalna voljna izometrička kontrakcija (25% MVC) i submaksimalna tetanička kontrakcija (25% MVC) izazvana električkom stimulacijom. Metodom mjerenja potencijacije trzaja registrirana je statistički značajna potencijacija u protokolu maksimalne voljne kontrakcije, bez značajne potencijacije u submaksimalnom izometričkom protokolu (25% MVC) (Requena i sur., 2008). Treba istaknuti kako se rezultati tiču laboratorijskih uvjeta, ali idu u prilog tradicionalnom stavu o intenzitetu opterećenja u PAP protokolima.

Vrsta predopterećenja faktor je koji Tillin i Bishop (2009) ističu kao bitan u ispoljavanju PAP efekata i kao jedan od glavnih čimbenika nekonzistentnosti rezultata istraživanja. Istaknuto je istraživanje Rixona i sur. (2007) koji su proučavali utjecaj vrste mišićne kontrakcije (izometrička naspram dinamičke), spola i prethodnog iskustva u treningu s utezima na izazivanje PAP-a. Mjerenje je uključivalo visinu skoka i izlaz snage. Izometrički protokol odnosio se na MVIC stražnji čučanj u volumenu od 3 x 3 sekunde, a dinamički protokol na 3RM stražnji čučanj. Rezultati su pokazali kako je visina skoka nakon MVIC protokola značajno veća u usporedbi s inicijalnim vrijednostima i visinom postignutom nakon dinamičkog predopterećenja. Muškarci su iskazali više vrijednosti od žena, a iskusni sportaši su reagirali bolje od neiskusnih. Snaga odraza je također bila značajno veća u MVIC grupi u odnosu na ostale dvije grupe, a značajno je povećana i u grupi s dinamičkim predopterećenjima u odnosu na inicijalne vrijednosti, pri čemu su muškarci imali veće vrijednosti. Prema tome, Rixon i sur. (2007) zaključuju kako je izometrički protokol izazvao veće PAP efekte u odnosu na dinamički protokol, pri čemu je potencijacija značajnija u grupi iskusnih sportaša. Razlike u razini potencijacije s obzirom na voljnu i električku stimulaciju proučavane su u prethodno spomenutom istraživanju Requene i sur. (2008). Dobiveni rezultati pokazali su kako je razina potencijacije trzaja bila veća tijekom maksimalnog izometričkog protokola u odnosu na električku stimulaciju (ES) 1 minutu nakon potencirajućeg podražaja. Međutim, ta je razlika u potpunosti nestala nakon 3 minute oporavka. Poslije 10 minuta potencijacija trzaja bila je značajno povišena jedino u ES grupi.

Neki autori su proučavali i vibracijske tehnologije (engl. Whole Body Vibration - WBV) tijekom provedbe PAP protokola. Rønnestad i Ellefsen (2011) proučavali su utjecaj uključivanja WBV-a u izvedbi polučučnja s vlastitom tjelesnom težinom na rezultate testiranja sprinta na 40 metara. Uzorak se sastojao od 9 nogometaša amaterske razine. Protokol se sastojao od predaktivnosti u 3 varijante: 30 sekundi polučučnjeva uz WBV pri 50 ili 30Hz ili polučučnjevi bez WBV-a. Sprint je izveden 1 minutu nakon potencirajuće aktivnosti. Svaki subjekt je proveo sva tri protokola dva puta dnevno na različite dane nasumičnim odabirom. Protokol WBV pri frekvenciji od 50Hz pokazao se značajnim u povećanju brzine izvedbe u odnosu na protokol bez primjene WBV (5.48±0.19 naspram 5.52±0.21 sekundi, $p<0.05$).

Protokol WBV pri frekvenciji od 30 Hz nije rezultirao statistički značajnim razlikama. Autori ovog rada zaključuju kako se protokol WBV pri frekvenciji od 50Hz pokazao

efikasnim u potenciranju izvedbe sprinta na 40 metara u rekreativno treniranih nogometaša te preporučuju primjenu navedenog protokola u trenažnoj praksi (Rønnestad i Ellefsen, 2011). Treba ipak uzeti u obzir da se kao u većini istraživanja radi o rekreativnoj populaciji i da kontrolni protokol nije uključivao primjenu vanjskih opterećenja. WBV tehnologija praktički i onemogućuje primjenu ozbiljnijeg vanjskog opterećenja.

Prethodno spomenuto istraživanje Tsolakisa i sur. (2011) između ostalog se odnosilo i na utjecaj tipa predopterećenja na uvjetovanje PAP-a. Po dvije vježbe za donje i gornje ekstremitete korištene su radi potenciranja eksplozivnih pokreta. Jedna je vježba uključivala izometričke podražaje (3 x 3 sekunde), a druga pliometrijske (3 x 5 ponavljanja). U pojedinim je mjerenjima došlo do statistički značajnog pada nakon primjene izometričkog protokola, dok pliometrijski protokol nije izazvao značajne promjene (Tsolakis i sur., 2011). Wilson i sur. (2013) u svojoj meta-analizi zaključuju kako nema statistički značajnih razlika između primjene dinamičkih i izometričkih predopterećenja. Vezano za vrstu naknadne aktivnosti, ponovno će se kao referentno uzeti istraživanje Frencha i sur. (2003). Kao što je prethodno navedeno, u istraživanju je izometričko predopterećenje u volumenu od 3 x 3 sekunde izazvalo PAP efekte u dubinskim skokovima i opružanju potkoljenica, ali ne i u sprintu 5 sekundi na biciklergometru i skoku s pripremom. Razlog koji autori navode jest različita brzina mišićne aktivacije. Vježbe u kojima je ispoljena potencijacija, imaju trajanje mišićne aktivacije od ≤0.25 sekundi, dok u vježbama koje nisu potencirane trajanje iznosi ≥0.25 sekundi. Stoga autori zaključuju kako se PAP efikasno manifestira u aktivnostima vrlo eksplozivnog karaktera (≤0.25 sekundi). Na temelju ovog i drugih relevantnih istraživanja Tillin i Bishop (2009) navode kako postoji mogućnost da specifično predopterećenje neće imati jednak utjecaj na različite eksplozivne aktivnosti.

6. AKUTNI EFEKTI PAP

Kovačić i sur. (2011) proveli su istraživanje sa devet vrhunskih tenisačaza procjenu vertikalne i horizontalnekomponente eksplozivne snage.Svi ispitanici su imali prethodno iskustvo u trening snage, pliometrije i testiranje vertikalne i horizontalne komponente eksplozivne snage. Kronološka dob ispitanika bila je 22,5 ± 2,4 godina u prosjeku, dok je prosječan broj godina iskustva u sportu je 13,1 ± 2,8 godina, na razini grupe. Operator za stimuliranje postaktivacijske potencijacije korištena je maksimalna izometrička koncentrična kontrakcija u vježbi polučučnja u trajanju 6 sekundi kao predaktivacija i skok u vis iz polučučnja i skok u dalj iz mjesta kao postakitvacija mjerena nakon 30, 60 i 90 sekundi. Zaključak autora je da postoji statistički značajna razlika kod kontrolne varijable vertikalnog skoka iz polučučnja između predaktivacijskog i postaktivacijskog pokušaja i to nakon vremenske distance od 60 i 90 sekundi. Kod druge kontrolne varijable, odnosno, horizontalnog skoka ne postoji statistički značajna razlika između predaktivacijskog i postaktivacijskog skoka.

Gregov, C., Jukić, I., Marković, G. (2006) proveli su istraživanje o akutnim učincima na bacanje medicinke s prsa u kojem je sudjelovalo 19 ispitanika muškog spola i prosječne dobi od 19 godina. Svi su ispitanici studenti prve godine Kineziološkog fakulteta u Zagrebu s najmanje godinu dana praktičnog iskustva u treningu s opterećenjem. Ispitanici su slučajnim odabirom podijeljeni u kontrolnu (n = 8) i eksperimentalnu (n = 11) skupinu. Nakon zagrijavanja, obje su skupine ispitanika napravile po jednu probnu seriju bacanja medicinke (4kg) s grudiju (dva ponavljanja u seriji). Brzina medicinke mjerila se radarom. Nakon pauze od 10-ak minuta slijedilo je inicijalno mjerenje brzine bacanja medicinke s prsa. Kontrolna je skupina imala 15 minuta pasivnog odmora nakon kojeg je uslijedilo finalno mjerenje. Ispitanici iz eksperimentalne skupine su po završetku inicijalnog bacanja medicinke napravili pasivnu pauzu od pet minuta nakon koje je slijedila realizacija eksperimentalnog plana. Plan je uključivao eksplozivnu izvedbu dvije serije po pet ponavljanja potiska s ravne klupe s opterećenjem od 50% 1RM. Pauza između svih serija trajala je tri minute. Nakon završetka izvedbe posljednje radne serije s 50% od 1RM, svaki je ispitanik imao pasivnu pauzu u trajanju od tri minute, nakon koje je slijedilo finalno mjerenje brzine bacanja medicinke s prsa. U oba mjerenja (inicijalno i finalno) pravi

rezultat predstavljao je prosjek tri pokušaja.Zaključak autora jest kako eksplozivne dinamičke kontrakcije pri savladavanju umjerenih vanjskih opterećenja u gornjim ekstremitetima ne dovode do akutnog poboljšanja u izvedbi balističkog pokreta tipa bacanja. S obzirom na to da se dobiveni rezultati ne slažu u potpunosti s rezultatima prethodnih istraživanja, potrebna su daljnja istraživanja u ovom prostoru. U budućim istraživanjima poseban naglasak treba biti na evaluaciji utjecaja onih parametara koji imaju potencijalan utjecaj na pojavu PAP-a. To su: trajanje pauze, uzorak ispitanika (s obzirom na dob, spol, i razinu treniranosti), te veličina vanjskog opterećenja koje se eksplozivno svladava (Gregov, C., Jukić, I., Marković, G. 2006).

Čustonja, H., Čustonja, Z. (2006). Proveli su istraživanje o akutnim učincima na sklek s odrazom u kojem je sudjelovalo je 16 studenata Kineziološkog fakulteta u Zagrebu s najmanje godinu dana praktičnog iskustva u treningu s utezima. Ispitanici su slučajnim odabirom podijeljeni u dvije skupine: eksperimentalnu (EKS; n = 8) i kontrolnu (KON; n = 8). Eksperiment je proveden u dva dijela. Prvi dio eksperimenta sastojao se od određivanja tjelesne mase (medicinska vaga) i maksimalne dinamičke snage (1 repetition maximum, 1RM) u potisku s ravne klupe za eksperimentalnu skupinu. Mjerenje je provedeno u teretani Kineziološkog fakulteta. Ispitanici iz kontrolne grupe izveli su po dva skleka s odrazom odmah nakon zagrijavanja i probnih pokušaja (inicijalno mjerenje), te dva skleka s odrazom nakon 10 minuta pasivne pauze (finalno mjerenje). Eksperimentalna grupa je nakon probnih pokušaja napravila po jednu seriju potiska s ravne klupe s opterećenjem od 50% od 1RM (pet ponavljanja) i 70% od 1RM (tri ponavljanja) te nakon toga po dva skleka s odrazom (inicijalno mjerenje). Po završetku inicijalnog mjerenja, svaki ispitanik eksperimentalne grupe napravio je pauzu od pet minuta, te potom izveo dvije serije potiska s ravne klupe s opterećenjem od 3RM. Pauza između serija bila je dvije minute. Po završetku druge serije maksimalnih dinamičkih kontrakcija, ispitaniciiz eksperimentalne grupe napravili su pauzu od dvije minute te ponovo izveli dva skleka s odrazom (finalno mjerenje). Za mjerenje je korištena platformu za mjerenje sile (Quattro jump; Kistler, 9290AD) sa pripadajućim softverom (Quattro jump; Kistler). Autori konstatiraju da je sveukupno gledajući, moguće zaključiti kako primjena dvije serije maksimalnih dinamičkih kontrakcija s opterećenjem od 3RM ne dovodi do akutnog poboljšanja izvedbe skleka s odrazom. S gledišta kineziološke prakse, dobiveni rezultati sugeriraju kako 1) pauze između maksimalnih i eksplozivnih kontrakcija u kompleksnom treningu gornjih

ekstremiteta trebaju biti dulje od dvije minute i 2) kako sklek s odrazom nije pogodan zadatak za primjenu u kompleksnom treningu gornjih ekstremiteta (Čustonja, H., Čustonja, Z. 2006).

Stieg i sur. (2011) proučavali su mogućnost primjene dubinskih skokova kao predopterećenja za potencijaciju CMJ-a. Uzorak se sastojao od 17 studentica nogometašica. Visina saskoka bila je postavljena na visinu lateralnog kondila, a volumen dubinskih skokova je varirao od 0 - 12 skokova. Odmor nakon predopterećenja trajao je 10 minuta nakon čega su izvedena 3 finalna testiranja CMJ-a. Mjerene varijable odnosile su se na visinu skoka i silu reakcije podloge. Protokol nije polučio pozitivne rezultate, čak je došlo i do statistički značajnog pada visine odraza. Stoga su autori zaključili kako volumen, intenzitet i vrijeme odmora korištenog protokola nije preporučljiv za primjenu u svrhu potencijacije vertikalnih odraza.

Liossis i sur. (2013)istraživali su akutne efekte napotisak sa ravne klupe na 9 amaterskih sportaša iz borilačkih sportova (box-2, kick box -2, taekwondo-3, karate-2). Istraživanje se sastojalo od 4 protokola sa 5 potisaka sa ravne klupe 65% od 1RM sa odmorom 4 minute, 5 potisaka sa ravne klupe 65% od 1RM sa odmorom 8 minuta, 5 potisaka sa ravne klupe 85% od 1RM sa odmorom 4 minute, 5 potisaka sa ravne klupe 85% od 1RM sa odmorom 8 minuta. Te nakon određenog odmora za sva 4 protokola izvodio se potisak sa ravne klupe 3 ponavljanja sa 30% 1RM. Rezultati istraživanja pokazali su da protokoli 65%-4 minute odmora te 85%-8 minuta odmora imaju pozitivne akutne učinke na izbačaj u potisku s ravne klupe . Autori zaključuju da u kompleksnom treningu gdje se koriste velika pred opterećenja sa velikim intervalima odmora te manja pred opterećenja sa manjim intervalima odmora sportašima može koristit kod ispoljavanje eksplozivne snage prije treninga ili natjecanja.

7. FRANCUSKI KONTRAST I PRETVARAJUĆI TRENING

7.1. FRANCUSKI KONTRAST

Francuski kontrast je metoda u kojoj se koriste 4 vježbe istog pokreta sa različitim opterećenjima po točno određenom redoslijedu jedna za drugom. Francuski kontrast je metoda treninga koju mnogi treneri nazivaju pretvarajući trening. Vježbe se izvode po točno određenom redoslijedu: osnovna vježba s velikim opterećenjem, pliometrijska vježba, vježba s umjerenim opterećenjem te asistirana pliometrijska vježba (Svilar i Krakan 2015). Razlika između kontrastnog treninga i francuskog kontrasta je što nema odmora između predopterećenja i eksplozivnih vježbi već se vježbe izvode jedna za drugom, a odmor slijedi nakon cijelog seta. Metoda francuskog kontrasta dosta opterećuje živčani sustav i treba biti oprezan sa ekstenzitetom i intezitetom doziranja metode da nebi došlo do zamora živčano mišićnog sustava te pretreniranosti.

7.2. PRETVARAJUĆI TRENING

Pretvarajući trening podrazumijeva izvedbu sportsko specifičnih kretnji nakon određenog tipa predopterećenja. Predopterećenje u ovom režimu rada mogu biti bazično i funkcionalno usmjerena. Bazična predopterećenja su ona koja svojim nespecifičnim kinetičkm i kinematičkim parametrima osiguravaju PAP efekt. Poželjno je da bazični podražaji imaju znatnu anatomsku podudarnost s pretvarajućim podražajem. Katkada bazični podražaji mogu sadržavati i statičku i dinamičku izvedbu kombinirano. Funkcionalna predopterećenja obavezno su bliska kinetičkim parametrima specifične vježbe koja se izvodi,a ponekad je prisutna i bliskost u kinematičkim parametrima. Naravno, moguće je izvoditi i modifikacije pretvarajućih operatora. Tako je npr. specifičnu kretnju moguće izvoditi u realnoj izvedbenoj formi konkretnog sporta, ali i u otežanim uvjetima (teška lopta, teški reket, dodatno opterećenje na ekstremitetima...). Posebnu mogućnost variranja i obogaćivanja u prostoru predopterećivanja i pretvaranja opterećenja daje nam primjena pripremno-preventivnih vježbi neposredno prije izvedbe

predopterećenja. Ova se mogućnost naročito koristi u situacijama kada su predopterećenja višeg intenziteta i složenije (rizičnije) strukture. Među najzastupljenijim pripremno-preventivnim sadržajima jesu proprioceptivne vježbe (Milanović, L , Vlašić, J., Jukić, I., 2006).

Jukić i sur. (2004) navode da je u ovom tipu treninga važno odrediti optimalne metodičke parametre, prije svega varijable opterećenja (ekstenzitet, intenzitet). S obzirom na to da svaki tip podražaja primijenjen u metodičkom postupku ima svoju funkciju, nije neophodno da broj ponavljanja svakog od njih bude jednak. Broj ponavljanja ovisit će o strukturi završne, pretvarajuće vježbe, o veličini bazičnog podražaja, o funkcionalnoj zahtjevnosti podražaja, o tome koliko je primjena predviđenih vježbi rizična, o energetskoj i informacijskoj strukturi trenažne jedinice itd. Isti pristup vrijedi i za druge parametre metodičkih postupaka: broj serija, tempo izvedbe, trajanje i režim odmora. Zbog navedenog su razloga primjeri nizova pretvarajućih podražaja predstavljeni isključivo kao redoslijed izvođenja vježbi, ali u različitim pretvarajućim formama.

8. PRIMJERI KONTRASTNOG TRENINGA U VRHUNSKOM KARATEU

8.1. PRIMJERI TRENINGA ZA GORNJI DIO TIJELA

Niz 1.

VJEŽBA 1. bazična	ODMOR	VJEŽBA 2. eksplozivna	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Potisak s ravne klupe 4x 80% 1RM-a	2-3 MIN	Bacanje medicinke 10 kg iz heiko dachi stava s prsa 5x	3-4	2-3MIN

Vježba 1.





Slika 1. Slika 2.

Vježba 2.

+





Slika 3. Slika 4.

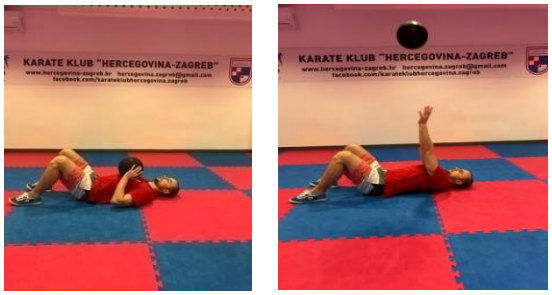
Niz 2.

VJEŽBA 1. Bazična	VJEŽBA 2. Pliometrijska	VJEŽBA 3. Umjereno opterećenje	VJEŽBA 4. Asistirana pliometrijska	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Potisak s ravne klupe 4x 80% 1RM-a	Bacanje medicinke 10 kg iz ležanja na leđima 5x	Pliometrijski sklek 5x	Pliometrijski sklek sa gumom 5x	3-4	5-8 MIN

Vježba 1. Vježba 2.



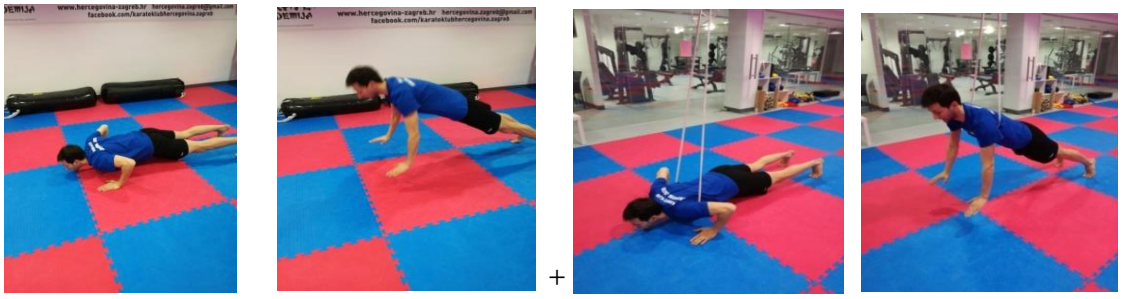
+



Slika 5. Slika 6. Slika 7. Slika 8.

Vježba 3. Vježba 4.

+



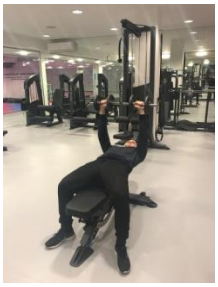
+

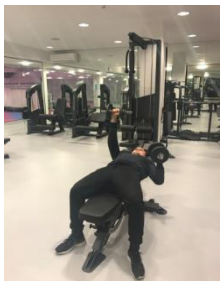
Slika 9. Slika 10. Slika 11. Slika 12.

Niz 3.

VJEŽBA 1. bazična	ODMOR	VJEŽBA 2. eksplozivna	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Unilateralni potisak bučicama s ravne klupe 4x L/D 80% 1RM-a	2-3 MIN	Bacanje medicinke 6kg iz fudo dachi stava 5x L/D	3-4	2-3MIN

Vježba 1. Vježba 2.







+



Slika 13. Slika 14. Slika 15. Slika 16.

Niz 4.

VJEŽBA 1. Bazična	VJEŽBA 2. Pliometrijska	VJEŽBA 3. Umjereno opterećenje	VJEŽBA 4. Asistirana pliometrijska	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Potisak s ravne klupe bučicama 4x L/D 80% 1RM-a	Sklekovi sa pljeskom 5x	Sklekovi sa opterećenjem 20 kg na leđima 5x	Pliometrijski sklek sa gumom 5x	3-4	5-8 MIN

Vježba 1.



Slika 17.



Slika 18.

Vježba 2.



Slika 19.



Slika 20.

Vježba 3.



Slika 21.



Slika 22.

Vježba 4.



Slika 23.



Slika 24.

8.2. PRIMJER TRENINGA ZA DONJI DIO TIJELA

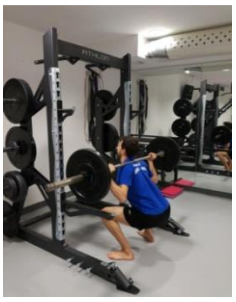
Niz 1.

VJEŽBA 1. bazična	ODMOR	VJEŽBA 2. eksplozivna	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Čučanj 4x 80% 1RM-a	2-3MIN	Vertikalni skokovi iz položaja čučnja 5x	3-4	2-3MIN

Vježba 1. Vježba 2.



Slika 25.



Slika 26.

+



Slika 27.

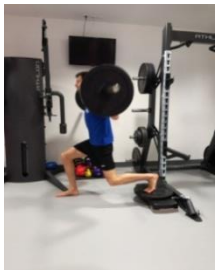
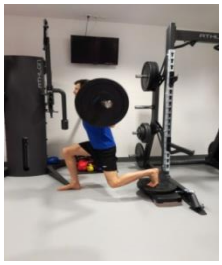
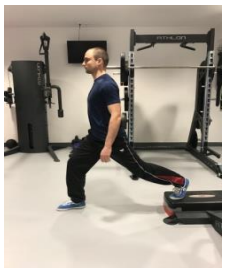


Slika 28.

Niz 2.

VJEŽBA 1. Bazična	VJEŽBA 2. Pliometrijska	VJEŽBA 3. Umjereno opterećenje	VJEŽBA 4. Asistirana pliometrijska	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Bugarski čučanj 4X L/D 80% 1RM-a	Pliometrijski skokovi iz fudo dachi stava 5x L/D	Bugarski čučanj 4x L/D 30% 1RM-a	Vertikalni skokovi iz fudo dachi stava s gumom 5x L/D	3-4	5-8 MIN

Vježba 1. Vježba 2.



+



Slika 29. Slika 30. Slika 31. Slika 32.

Vježba 3. Vježba 4.



+

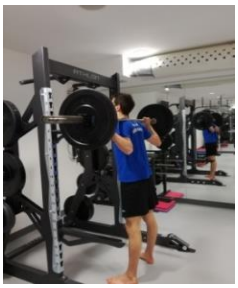


Slika 33. Slika 34. Slika 35. Slika 36.

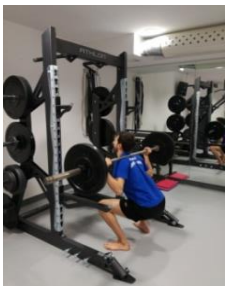
Niz 3.

VJEŽBA 1. Bazična	VJEŽBA 2. Pliometrijska	VJEŽBA 3. Pliometrijska asistirana vježba	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Čučanj 4X 80% 1RM-a	Vertikalni skokovi sa bučicama 2 kg 5x	Vertikalni skokovi sa gumom 5x	3-4	5-8 MIN

Vježba 1.



Slika 37.



Slika 38.

+

Vježba 2.



Slika 39.



Slika 40.

Vježba 3.

+



Slika 41.



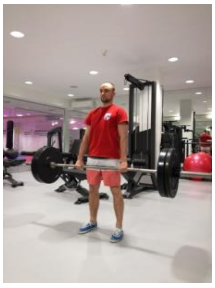
Slika 42.

Niz 4.

VJEŽBA 1. bazična	ODMOR	VJEŽBA 2. eksplozivna	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Mrtvo dizanje 4x 80% 1RM-a	2-3MIN	Nabačaj od poda 5x 30% 1RM-a	3-4	2-3MIN

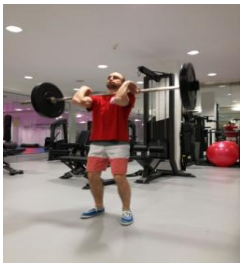
Vježba 1. Vježba 2.





+





Slika 43. Slika 44. Slika 45. Slika 46.

Niz 5.

VJEŽBA 1. Bazična	VJEŽBA 2. Pliometrijska	VJEŽBA 3. Umjereno opterećenje	VJEŽBA 4. Asistirana pliometrijska	BROJ SETOVA	ODMOR IZMEĐU SETOVA
Prednji čučanj 4X 80% 1RM-a	Vertikalni skokovi koljena na prsa 5x	Iskoraci 30% 1RM-a 4x L/D	Vertikalni skokovi iz fudo dachi stava sa gumom 5x L/D	3-4	5-8 MIN

Vježba 1. Vježba 2.



+



Slika 47. Slika 48. Slika 49. Slika 50.

Vježba 3. Vježba 4.



+



Slika 51. Slika 52. Slika 53. Slika 54.

9. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio prikazati primjere kontrastnog treninga te odabrati najučinkovitije metode primjenu u treningu vrhunskih karataša. Obuhvaćena su istraživanja kontrastnog treninga iz različitih sportova te njihov utjecaj na povećanje eksplozivnosti i postizanje fenomena postaktivacijske potencijacije. Postaktivacijska potencijacija postiže se kontrastnim treningom, a izaziva se velikim predopterećenjem prije eksplozivne radnje sa odgovarajućim vremenskim odmorom između vježbi predopterećenja i eksplozivnosti. Postaktivacijska potencijacija je dokazan fenomen koji se temelji na znanstvenim istraživanjima te njegova aktivacija podrazumijeva odabir parametara kao što su sadržaj vježbe, intenzitet i trajanje vježbe. Dosadašnja istraživanja obuhvaćena u radu ukazuju nam da primjena kontrastnog treninga i izazivanje fenomena PAP-a ovise o treniranosti sportaša, jakosti i iskustvu u treningu.Vrlo bitan čimbenik za postizanje fenomena PAP-a je opterećenje koje se koristi kao predopterećenje te odmor između predopterećnja i eksplozivne vježbe. Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja o kontrastnom treningu, PAP-u te mehanizmima nastanka i čimbenicima koji utječu na postizanje fenomena postaktivacijske potencijacije napravljeni su nizovi kontrastnog treninga za primjenu u vrhunskom karateu. Neki od nizova korištenisu u trenažnom procesu vrhunskih karataša te su u tom razdoblju postignuti vrhunski rezultati na europskoj i svjetskoj razini. Pretpostavka je da su kontrastni treninzi poboljšali eksplozivnost karataša s obzirom da su nizovi napravljeni na temelju obuhvaćenih istraživanja o kontrastnom treningu i njegovoj primjeni u sportu.

10. LITERATURA

1. Alves, J. M. V. M., Rebelo, A. N., Abrantes, C. i Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer players' vertical jump, sprint, and agility abilities. Journal of Strength and Conditioning Research, 24, 4, 936 - 941.
2. Arabatzi, F., Patikas, D., Zafeiridis, A., Giavroudis, K., Kannas, T., Gourgoulis, V., Kotzamanidis, C. M. (2014). The post-activation potentiation effect on squat jump performance: age and sex effect. Pediatric exercise science, 26, 2, 187 - 94.
3. Batista, M. A., Roschel, H., Barroso, R., Ugrinowitsch, C. i Tricoli, V. (2011). Influence of strength training background on postactivation potentiation response. Journal of Strength and Conditioning Research, 25, 9, 2496 - 2502.
4. Berning, J. M., Adams, K. J., DeBeliso, M., Sevene-Adams, P. G., Harris, C., Stamford, B. A. (2010). Effect of functional isometric squats on vertical jump in trained and untrained men. Journal of Strength and Conditioning Research, 24, 9, 2285 - 2289.
5. Blažević S., Katić, R., & Popović, D. (2006). The effect of motor abilities on karate performance. Collegium Antropologicum, 30(2):327-33
6. Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B., Kotzamanidis, C. M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. Journal of Strength and Conditioning Research, 21, 4, 1278 - 1281.
7. Chiu, L. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., Smith, S. L. (2003). Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals. Journal of Strength and Conditioning Research, 17, 4, 671 - 677.
8. Čustonja, H., Čustonja, Z. (2006). Akutni efekti primjene maksimalnih mišićnih kontrakcija na izvedbu skleka s odrazom. U V. Findak (ur.), Zbornik radova 15. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske "Kvaliteta rada u područjima edukacije, sporta i sportske rekreacije", Rovinj, 20.-24. lipnja 2006. (str. 100-106). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
9. Duthie, G. M., Young, W. B., Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance an evaluation of the complex and contrast

methods of power development. Journal of Strength and Conditioning Research, 16, 4, 530 - 538.

10. Duthie, G. M., Young, W. B., Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance an evaluation of the complex and contrast methods of power development. Journal of Strength and Conditioning Research, 16, 4, 530 - 538.
11. Ebben, W. P. (2002). Complex training: A brief review. Journal of Sports Science and Medicine, 1, 42 - 46.
12. Francescato, M.P., Talon, T., & di Prampero, P.E. (1995). Energy cost and energy sources in karate. European Journal of Applied Physiology, 71: 355-361.
13. French, D., Kramer, W. J. i Cooke, C. B. (2003). Changes in Dynamic Exercise Performance Following a Sequence of Preconditioning Isometric Muscle Actions. Journal of Strength and Conditioning Research, 17, 4, 678 - 685.
14. Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. Journal of Strength and Conditioning Research, 17, 2, 342 - 344.
15. Gregov, C., Jukić, I., Marković, G. (2006). Akutni efekti primjene eksplozivnih dinamičkih kontrakcija na manifestaciju eksplozivne snage tipa bacanja. U V. Findak (ur.), Zbornik radova 15. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske "Kvaliteta rada u područjima edukacije, sporta i sportske rekreacije", Rovinj, 20.-24. lipnja 2006. (str. 121-125). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
16. Gullich, A. i Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. New studies in atheltics, 11, 4, 67 - 81.
17. Hamada, T., Sale, D. G., Macdougall, J. D. i Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. Journal of Applied Physiology, 88, 6, 2131-2137.
18. Helmi Chaabene, Younés Hachana, Emerson Franchini, Bessern Mkaouer and Karim Chamari (2012). Physical and Physiological Profile of Elite Karate Athletes. Sports Med 2012; 42 (10): 829-843.
19. Jukić, I., Milanović, D., Marković, G., Šimek, S. (2004). Pretvarajući podražaji u kondicijskoj pripremi. Kondicijski trening, 2, 44 - 53.
20. Jukić, I., Milanović, D., Marković, G., Šimek, S. (2004). Pretvarajući podražaji u kondicijskoj pripremi. Kondicijski trening, 2, 44 - 53.

21. Jukić, J., Katić, R., & Blažević, S. (2012). Impack of Morphological and Motor Dimensions on Success of Young Male and Female Karateka. Collegium Antropologicum, 36(4):1247-1255.
22. Katić, R., Blažević, S., Krstulović, S., & Mulić, R. (2005). Morphological structures of elite karateka and their impact on technical and fighting efficiency. Collegium Antropologicum, 29(1): 79-84.
23. Kovačević, E., Klino, A., Babajić, F. and Bradić, A. (2010). Effects of maximum isometric contraction on explosive power of lower limbs. Sport Scientifically and practical aspects. 7, 69-75.
24. Kraemer, W. J., & Newton, R. U. (1994). Training for improved vertical jump. Sports Science Exchange, 7(6), 1-12.
25. Liossis LD, Forsyth J, Liossis C, Tsolakis C. The acute effect of upper-body complex training on power output of martial art athletes as measured by the bench press throw exercise. *J Hum Kinet*,2013; 39: 167-175 [Web of Science] [PubMed]
26. Luscher, H. R., Ruenzel, P., Henneman, E. (1983). Composite EPSPs in motoneurons of different sizes before and during PTP: implications for transmission failure and its relief in Ia projections. Journal of Neurophysiology, 49, 1, 269 - 289.
27. MacDonald, C. J., Lamont, H. S., Garner, J. C., Jackson, K. (2013). A comparison of the effects of six weeks of traditional resistance training, plyometric training, and complex training on measures of power. Journal of Trainology, 2, 13 - 18.
28. Mahlfeld, K., Franke, J., Awiszus, F. (2004). Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. Muscle & Nerve, 29, 4, 597 - 600.
29. Marković, G. i Peruško, M. (2003). Metodičke osnove razvoja snage. U Milanović, D. i Jukić, I. (ur.), Zbornik radova „Kondicijska priprema sportaša“, Zagreb, 2003. (187 - 194). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagrebački športski savez.
30. Paasuke, M., Erclinc, J., Gapcycva, H. (1998). Twitch potentiation capacity of plantar flexor muscles in endurance and power athletes. Biology of Sport, 15, 3, 171 178.

Puđa, D. (2015). Utjecaj maksimalnih izometričkih predopterećenja na manifestaciju eksplozivne jakosti tipa skok u mladih nogometaša. Diplomski rad. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

31. Rahimi (2007). The acute effect of heavy versus light-load squats on sprint performance. Physical Education and Sport, 5, 2, 163 - 169.
32. Rajamohan, G., Kanagasabai, P., Krishnaswamy, S., Balakrishnan, A. (2010). Effect of complex and contrast resistance and plyometric training on selected strength and power parameters. Journal of Experimental Sciences, 1, 12, 1 – 12
33. Rassier, D. E. i MacIntosch, B. R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. Brasilian Journal of Medical and Biological Research, 33, 5, 499 - 508.
34. Ravier G, Grappe F, Rouillon JD. Application of force velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. J Sports Med Phys Fitness 2004; 44: 349-55.
35. Ravier, G., Grappe, F., & Rouillon, J.D. (2003). Comparison between the maximal variables of velocity, force and power from two analysis methods in the functional assessment of karate. Science & Sports, 18:134-140.
36. Requena, B., Gapeyeva, H., García, I., Ereline, J., Paasuke, M. (2008). Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. European journal of applied physiology, 104, 3, 463 - 472.
37. Rixon, K. P., Lamont, H. S., Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. Journal of Strength and Conditioning Research, 21, 2, 500 - 505.
38. Robbins DW. Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. J Strength Cond Res. 2005; 19: 453–458
39. Rønnestad, B. R. i Ellefsen, S. (2011). The effects of adding different whole-body vibration frequencies to preconditioning exercise on subsequent sprint performance. Journal of Strength and Conditioning Research, 25, 12, 3306 - 3310.
40. Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. Exercise and sport sciences review, 30, 3, 138 - 43.
41. Schneiker, K., Billaut, F., Bishop, D. (2006). The effects of preloading using heavy resistance exercise on acute power output during lower-body complex training. U Hoppeler, H., Reilly, T., Tsolakidis, E., Gfeller, L., Klossner, S. (ur.), Zbornik radova „Book of Abstracts of the 11th Annual Congress“, Lausanne, 2006. (89). Lausanne: European College of Sports Science
42. Sertić, H. (2004). Osnove borilačkih sportova, Zagreb: Kineziološki fakultet.

43. Siff, M. C. i Verkhoshansky, Y. V. (1999). Supertraining. Denver: Supertraining International.
44. Stieg, J. L., Faulkinbury, K. J., Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W. i Judelson, D. A. (2011). Acute effects of depth jump volume on vertical jump performance in collegiate women soccer players. Kinesiology, 43, 1, 25 - 30.
45. Svilar, L., Krakan, I. (2015). Metodika treninga s vanjskim opterećenjem. Nastavni materijal za studente usjmerenja Kondicijska priprema sportaša. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
46. Talpey, S. W., Young, W. B. i Saunders, N. (2014). The acute effects of conventional, complex, and contrast protocols on lower-body power. Journal of Strength and Conditioning Research, 28, 2, 361 -366.
47. Tillin, N. A. i Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. Sports Medicine, 39, 2, 147 - 166.
48. Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A. i Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. Journal of sports science and medicine, 10, 3, 577 - 583.
49. Vandervoort, A. A., Quinlan, J., McComas, A. J. (1983). Twitch potentiation after voluntary contraction. Experimental neurology, 81, 1, 141 - 152.
50. Verkhoshansky, Y. V. i Tetyan, V. (1973). Speed-strength preparation of future champions. Logkaya Atletika, 2, 2-13.
51. Vučić, D (2014). Relacije ventilacijske funkcije pluća natjecatelja discipline kumite i rezultatske uspješnosti u karateu. Seminar: Metodologija znanstveno istraživačkog rada u kineziologiji. Split: Kineziološki fakultet sveučilišta u Splitu
52. Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., Jo, E., Lowery, R. P. i Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. Journal of Strength and Conditioning Research, 27, 3, 854 - 859.
53. Xenofondos, A., Laparidis, K., Kyranoudis, A., Galazoulas, Ch., Bassa, E., Kotzamanidis, C. Post-activation potentiation: factors affecting it and the effect on performance. Journal of Physical Education and Sport, 28, 3, 32 - 38.

54. Young W.B., Jenner A., Griffiths K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. Journal of Strength and