

Utjecaj postaktivacijske potencijacije na vertikalni skok nakon potiska s ravne klupe

Tolić, Alen

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:804579>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-05**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Alen Tolić

**UTJECAJ POSTAKTIVACIJSKE
POTENCIJACIJE NA VERTIKALNI SKOK
NAKON POTISKA S RAVNE KLUPE**

diplomski rad

Zagreb, rujan 2024.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Zagrebu
Kineziološki fakultet
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

Naziv studija: Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i kondicijskoj pripremi sportaša

Vrsta studija: sveučilišni

Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij

Studij za stjecanje akademskog naziva: sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kondicijskoj pripremi sportaša (univ. mag. cin.)

Znanstveno područje: Društvene znanosti

područje:

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: Znanstveno-istraživački

Naziv diplomskog rada: je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomske radove Kineziološkog fakulteta

Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024., dana 10. svibnja 2024.

Mentor: prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

Utjecaj postaktivacijske potencijacije na vertikalni skok nakon potiska s ravne klupe

Alen Tolić, 0034086474

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

- | | | |
|----|---|---------------|
| 1. | prof. dr. sc. <i>Ljubomir Antekolović</i> | - mentor |
| 2. | doc. dr. sc. <i>Marijo Baković</i> | član |
| 3. | izv. prof. dr. sc. <i>Vjekoslav Cigrovski</i> | član |
| 4. | izv. prof. dr. sc. Tomislav Rupčić | zamjena člana |

Broj etičkog odobrenja: 45/2024

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kineziološkog fakulteta,
Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Kinesiology
Horvacanski zavoј 15, 10000 Zagreb, Croatia

Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes

Type of program: University

Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate

Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and Physical Conditioning of Athletes

Scientific area: Social sciences

Scientific field: Kinesiology

Type of thesis: Scientific-research work

Master thesis: has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2023/2024 on May 10, 2024

Mentor: *Ljubomir Antekolović, PhD*

Postactivation potentiation effect on vertical jump after the flat bench press

Alen Tolić, 0034086474

Thesis defence committee:

- | | | |
|----|--|-------------------------|
| 1. | <i>Ljubomir Antekolović, PhD</i> | chairperson- supervisor |
| 2. | <i>Marijo Baković, PhD, assistant prof.</i> | member |
| 3. | <i>Vjekoslav Cigrovski, PhD, associate prof.</i> | member |
| 4. | <i>Tomislav Rupčić, PhD, associate prof.</i> | substitute member |

Ethics approval number: 45/2024

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology,
Horvacanski zavoј 15, Zagreb

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

Mentor:

prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

Student:

Alen Tolić

UTJECAJ POSTAKTIVACIJSKE POTENCIJACIJE NA VERTIKALNI SKOK NAKON POTISKA S RAVNE KLUPE

Sažetak

Svrha ove studije bila je istražiti postoji li nelokalizirani PAP efekt koristeći skok s pripremom mjerenim OptoJump sustavom nakon potiska s ravne klupe. Ispitanici su bili studenti Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (n=13) sa iskustvom u treningu s otporom od barem 6 mjeseci. Ispitanici su podvrgnuti inicijalnom testiranju skoka s pripremom nakon čega su odradili 3 serije po 5 ponavljanja na 80% 1RM-a potiska s ravne klupe zatim je uslijedilo finalno testiranje skoka s pripremom. Za statističku analizu korištena je deskriptivna analiza te t-test za zavisne uzorke. Statističkom obradom podataka primjenom K-S testa utvrđena je normalna distribucija podataka ($p>0,2$) te t-testom statistički značajna razlika ($p=0,0$) u primjeni potiska s ravne klupe na eksplozivnu jakost donjih ekstremiteta.

Ključne riječi: PAP efekt, OptoJump, visina skoka

POSTACTIVATION POTENTIATION EFFECT ON VERTICAL JUMP AFTER THE FLAT BENCH PRESS

Abstract

The purpose of this study was to investigate whether there is a non-localized PAP effect using countermovement jump measured with the OptoJump system after the flat bench press. The participants were students of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb (n=13) with experience in resistance training of at least 6 months. The subjects were tested with an initial countermovement jump test after which they performed 3 sets of 5 repetitions at 80% of 1RM of the flat bench press, followed by a final countermovement jump test. Descriptive analysis and t-test for dependent samples were used for statistical analysis. Statistical processing of the data using the KS test revealed a normal data distribution ($p<0.2$) and a statistically significant difference ($p=0.0$) in the application of the flat bench press on the explosive strength of the lower extremities using the t-test.

Keywords: PAP effect, OptoJump, jump height

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJEVI I HIPOTEZE	3
2.1. Cilj istraživanja	3
3. METODE ISTRAŽIVANJA	4
3.1. Uzorak ispitanika	4
3.2. Uzorak varijabli	4
3.3. Protokol istraživanja.....	5
3.4. Metode obrade podataka.....	7
4. REZULTATI.....	7
5. RASPRAVA	9
6. ZAKLJUČAK	11
7. LITERATURA	12

1. UVOD

Izvođenje različitih motoričkih zadataka u sportu iziskuje eksplozivnost, odnosno proizvodnju velike sile u kratkom vremenu. Najpopularniji sportovi sadrže veliki broj takvih motoričkih zadataka poput sprinta, promjene smjera kretanja i skoka (Spiteri i suradnici, 2014; Taylor i suradnici, 2017) zbog čega su isti od interesa istraživačima i trenerima kako bi ih što optimalnije razvijali. Pažnja razvoju eksplozivne jakosti davala se otkad je sporta te su treneri u želji da postignu napredak koristili mnoge alate, no rastom znanosti i tehnologije istraživači danas preciznije mogu utvrditi učinkovitost različitih trenažnih operatora. Fiziologija je neodvojivi dio kineziologije, te je od ključnog značaja definirati kako pojedine strukture, te njihov međuodnos, sudjeluju u proizvodnji pokreta, a u želji da razumiju isti istraživači su otkrili efekt postaktivacijske potencijacije (PAPE).

U literaturi se izraz postaktivacijska potencijacija (PAP) izvorno koristio za potencijacijski efekt izazvan prisustvom struje dok je PAPE (efekt postaktivacijske potencijacije) rezultat voljne kontrakcije lokomotornog sustava (Belanger i suradnici, 1983; Vandervoort i suradnici, 1983; Cuenca-Fernández i suradnici, 2017), no u literaturi se i dalje koriste obje kratice da bi se opisao napredak u izlazu sile pri voljnoj kontrakciji. PAPE se definira kao “prolazni napredak u performansu pri voljnom pokretu koji se događa nakon visoko intenzivnog podražaja” (Blazevich, 2019). Iako znanost nema jasne odgovore zašto dolazi do PAP efekta (MacIntosh i suradnici, 2012; Tillin i Bishop, 2009) u literaturi se navode neke teorije razloga zašto dolazi do PAPE-a, a dvije najspominjanije su: 1. fosforilizacija miozinskih regulatornih lakih lanaca (eng. *the phosphorylation of myosin regulatory light chains*), 2. povećana motoneuronska podražljivost (eng. *improved motoneuron excitability*) (Gołaś i suradnici, 2016).

Povećanje u veličini kontrakcije izazvane strujom su poprilično velike (>20%) 1 minutu nakon kontrakcije sa naglim opadanjem efekta (Tillin i Bishop, 2009; Vandenoorn, 2011; Cuenca-Fernández i suradnici, 2017). S druge strane, napredak u veličini kontrakcije nakon voljno izazvanog pokreta je dosta manji (<5%) u prostoru 7-10 minuta nakon aktivnosti (Maloney i suradnici, 2014; Tillin i Bishop, 2009; Wilson i suradnici, 2013; Cuenca-Fernández i suradnici, 2017). Za izazivanje takve fiziološke reakcije nije optimalno provoditi velik broj ponavljanja manjim intenzitetom zbog čega će ukupni zamor biti manji (Mina i suradnici, 2019), pri čemu će sportaši imati previše “ponavljanja u rezervi” (eng. *reps in reserve - RIR*)

(Helms i suradnici, 2016), već je cilj postići veliki intenzitet (>80% 1RM-a) (Sale, 2002), pri manjem broju ponavljanja te ulaskom u zonu blizu otkaza.

Otkrićem PAPE-a treneri su započeli s korištenjem različitih metoda treninga gdje se uparaju visoko intenzivna spora ponavljanja s vanjskim otporom i brza ponavljanja bez vanjskog otpora u različitim vježbama za različite regije tijela, ovisno o sportu. Pozitivan utjecaj PAPE-a na ključne elemente mnogih sportova poput sprinta i skoka opisani su u literaturi (Chatzopoulos i suradnici, 2007), a zbog navedenog nastaju pojmovi kompleksnog i kontrastnog treninga (Cavaco i suradnici, 2014, Kobal i suradnici, 2017). Obje metode treninga podrazumijevaju kombinaciju vježbi koje se izvode sa većim otporom i vježbe eksplozivnog karaktera, no razlika je u činjenici što kod kompleksnog treninga nakon serije intenzivne vježbe slijedi izvođenje eksplozivnog pokreta (npr. nakon izvedbe čučnja slijedi skok bez pripreme) te se navedene vježbe međusobno izmjenjuju, dok kod kontrastnog treninga vježbači prvo izvode nekoliko serija vježbe intenzivnog karaktera (npr. potisak s ravne klupe) nakon čega slijedi nekoliko serija vježbe eksplozivnosti (npr. izbačaj medicinke s prsa u dalj). Pristup vježbanju u tu svrhu gotovo je uvijek bio lokaliziranog tipa jer bi se uparivali isti ili srodni pokreti primjerice – čučanj i skok, potisak na ravnoj klupi i izbačaj lopte rukom. Chiu i suradnici (2003) utvrdili su da sportaši sa iskustvom u treningu s otporom povećaju vertikalni skok za 1-3% 5-7 minuta nakon 5 serija 1 ponavljanja na 90% 1 RM-a. Evetovich i suradnici (2015) koristili su 3 serije čučnja s 85% 1RM-a te nakon 8 minuta utvrdili povećanje vertikalnog skoka (sa $61,9 \pm 12,3$ cm prije intervencije na $63,6 \pm 11,6$ cm nakon intervencije) i horizontalnog skoka (sa $93,7 \pm 11,00$ cm prije intervencije na $95,9 \pm 11,5$ cm nakon intervencije). S druge strane u literaturi se navode i oprečne studije poput one Tilla i Cookea (2009) koji su proučavali efekte 1 seta mrtvog dizanja opterećenjem 5RM-a na PAPE mjerenog skokom s pripremom. Nakon 7, 8 i 9 minuta mjeren je vertikalni skok u kojem nije uočen napredak u rezultatu skoka s pripremom.

Smjer novijih istraživanja u kontekstu nelokaliziranog pristupa, odnosno interes novijih radova na temu PAPE-a veže se na pitanje može li vježba jakosti jedne regije tijela povoljno utjecati na eksplozivnost druge regije tijela putem podražaja živčanog sustava (Downey i suradnici, 2022). Isti istraživači proveli su istraživanje gdje su testirali utjecaj potiska s ravne klupe u izometričnom režimu rada sa kutom u laktu od 90 stupnjeva na vertikalni skok pri čemu su ispitanici, suprotno očekivanjima, smanjili visinu skoka nakon provedbe vježbe (prije intervencije $58,8 \pm 14,1$ cm, nakon intervencije $57,3 \pm 14,3$ cm). Također, iste su rezultate dobili Laskin i suradnici (2021) pri potisku s ravne klupe intenziteta 1x4 85% 1RM-a sa 3-4 minute

odmora gdje je zabilježen lošiji rezultat u skoku s pripremom sa 57 ± 12 cm na 53 ± 10 cm, te smanjeni izlaz snage sa $10,2\pm 4,0$ w/kg na $9,2\pm 4,0$ w/kg. S druge strane, Cuenca-Fernández i suradnici (2017) na treniranim plivačima dokazali su nelokalizirani postaktivacijski efekt mjeren 5 minuta nakon aktivnosti pri čemu je izmjereno povećanje impulsa u skoku bez pripreme (eng. *squat jump*). Slična, ali manja promjena dokazana je u istraživanju u kojem se nakon potiska s ravne klupe (5x1 ponavljanje na 90% 1RM-a) povećao izlaz snage kod skoka s pripremom (Bartolomei i suradnici, 2022; Bartolomei i suradnici, 2023).

U želji da se maksimizira PAP efekt ključno je definirati optimalne intervale odmora pa su tako Seitz i suradnici (2016) zaključili da su intervali odmora od 5 do 7 minuta dali bolje efekte od kraćih intervala od 3-4 minute. Također su Lowery i suradnici (2012) utvrdili da najveću visinu skoka ispitanici dosežu nakon 4 minute odmora. Wilson i suradnici (2013) usporedili su 3 različita vremenska prostora za intervale odmora (3-7, 7-10 i >10min) te zaključili da je najbolji interval odmora 7-10 minuta uz navod da trajanje odmora ovisi o treniranosti ispitanika jer bolje trenirani ispitanici trebaju manji odmor i obrnuto. Glavni treneri u sportovima oprezno pristupaju prema dodatnim trenažnim sadržajima koji mogu poremetiti tehničko-taktički dio treninga, dok s druge strane kondicijski treneri nemaju puno vremena i prostora za razvijanje eksplozivnosti, osobito u sportovima gdje su već prisutni iznimni zahtjevi na donje ekstremitete. Širok je spektar intervala odmora koji se navodi u literaturi, a također i različiti efekti lokaliziranog i nelokaliziranog pristupa na različite grupe ispitanika. Stoga, ovaj rad treba utvrditi može li nelokalizirani pristup uz racionalno trajanje intervala odmora (5 minuta) potaknuti veći i brži izlaz snage donjih ekstremiteta kod studenata.

2. CILJEVI I HIPOTEZE

2.1 Cilj istraživanja

Cilj rada je utvrditi da li vježbanje s vanjskim opterećenjem gornjeg dijela tijela rezultira povećanjem mišićne sile donjih ekstremiteta mjerene vertikalnim skokom.

H1 - vježba potiska s ravne klupe 3x5 ponavljanja s 80% 1RM akutno će utjecati na povećanje visine vertikalnog skoka.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1 Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika čini 13 mladih i zdravih osoba muškog spola, prosječne dobi $24,85 \pm 0,69$ godina, tjelesne visine $181,96 \pm 6,56$ cm, tjelesne mase $85,19 \pm 8,74$ kg. Ispitanici su u istraživanju sudjelovali dobrovoljno, a istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta u Zagrebu (br. mišljenja 45/2024).

3.2. Uzorak varijabli

Visina skoka iz čučnja s pripremom bez zamaha ruku (CMJh)

Visina skoka iz čučnja s pripremom bez zamaha ruku mjerila se OptoJump sustavom (Microgate, SRL, Bolzano, Italy). Ispitanici se nalaze u stojećem stavu s pri čemu je širina stava malo šira od širine kukova. Iz stojećeg stava spuštaju se prema dolje prema dubini od oko 90 stupnjeva fleksije u zglobu koljena te se maksimalnom brzinom odražavaju u vis nakon čega slijedi amortizacija. Ruke se nalazi na bokovima kroz cijeli pokret.

Maksimalni potisak s ravne klupe (PRK 1RM) – potisak s ravne klupe na 80% 1RM-a (PRK 1RM 80%)

Ispitanici su zagrijavanje započeli sa 10 ponavljanja sa olimpijskom šipkom, nakon čega je slijedilo 7 ponavljanja sa procijenjenih 50% 1RM-a te 5 ponavljanja sa procijenjenih 70% 1RM-a. Nakon toga su se postepeno dizala opterećenja, a izvodilo se 1 ponavljanje potiska s ravne klupe sve dok ispitanik ne bi dostigao svoj maksimum. Zadovoljavajuće ponavljanje podrazumijevalo je potpunu ekstenziju u laktu čemu je prethodilo dodirivanje prsa šipkom. Odmor između svakog ponavljanja iznosio je 4 minute. Nakon dobivenih maksimalnih vrijednosti u potisku s ravne klupe izračunala se vrijednost koju su ispitanici koristili pri potisku s ravne klupe u istraživanju, a ona je iznosila 80% 1RM-a.

3.3 Protokol istraživanja

Cijeli protokol istraživanja proveden je kroz 2 dana sa 72 sata odmora između testiranja i provedbe protokola te je u potpunosti proveden na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. Prvi dan testiranja provedeno je testiranje 1RM-a u potisku s ravne klupe, dok je drugog dana testiranja proveden glavni dio istraživanja gdje je izmjeren inicijalni rezultat u skoku s pripremom bez ruku, zatim 3 serije po 5 ponavljanja potiska s ravne klupe na 80% od 1 RM-a, a zatim i finalni rezultat u skoku s pripremom bez zamaha ruku. Ispitanici su upućeni da ne prakticiraju nikakvu intenzivnu tjelesnu aktivnost 48h prije testiranja.

Protokol zagrijavanja

U drugom dolasku ispitanici su proveli glavni dio istraživanja. Zagrijavanje se sastojalo od četiri dijela. U prvom ispitanici trče 5 minuta na pokretnoj traci pri brzini od 6 km/h.

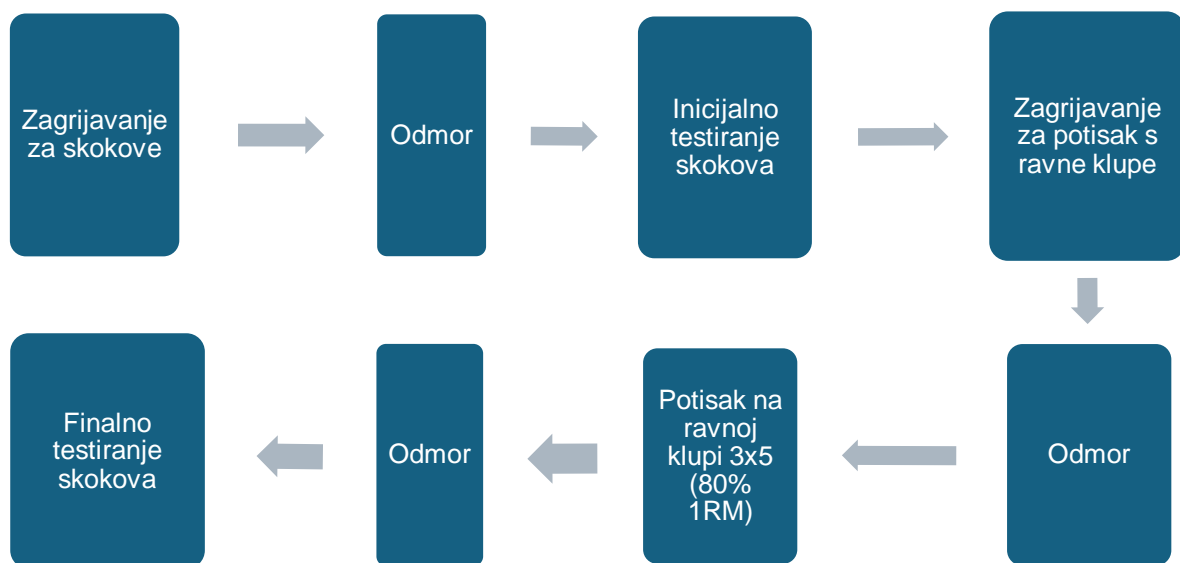
U drugom dijelu zagrijavanja ispitanici provode dinamičko istezanje u mjestu. Nadalje, ispitanici vrše prednoženja sa skipom između naizmjeničnog podizanja nogu (8 ponavljanja svaka noga), odnoženja sa skipom između naizmjeničnog podizanja nogu (8 ponavljanja svaka noga), naizmjeničnih iskoraka u mjestu sa guranjem kuka donje noge prema naprijed (8 ponavljanja svaka noga), u poziciji upora prednjeg sa visoko dignutim kukovima naizmjenično podizanje i spuštanje pete obje noge prema i od podloge te u jednonožnom stoju hvatom stopala potpuno pogrčene natkoljenice ispitanik vrši istezanje dok suprotna ruka pokušava naizmjeničnim pokretima trupa gore-dolje dotaknuti vrh stopala stajne noge (10 sekundi obje noge).

Zatim rade vježbe na distanci od 10m – niskog, srednjeg i visokog skipa, horizontalnih sunožnih skokova iz stopala (2 serije), horizontalnih skokova (2 serije), horizontalnih jednonožnih skokova iz stopala, maksimalnih jednonožnih horizontalnih skokova sa podizanjem koljena odrazne u zraku. Ispitanici na kraju svake vježbe sporim hodom dolaze na početak staze odakle kreću u sljedeću vježbu.

Posljednji dio zagrijavanja odnosi se na potisak na ravnoj klupi gdje ispitanici vrše 8 ponavljanja potiska sa 20, 40 i 60% 1RM-a sa 30 sekundi pauze između svake serije od 8 ponavljanja. Slijedi odmor od 1 minute te izvode 2 ponavljanja potiska na ravnoj klupi sa 80% 1 RM-a.

Inicijalno i finalno testiranje skokova te izvedba potiska s ravne klupe

Nakon zagrijavanja ispitanici su imali odmor od 1 minute nakon čega su pristupili inicijalnom testiranju skoka s pripremom bez ruku. Ispitanici su dobili upute o osnovnim tehničkim elementima izvođenja skoka u želji da se smanji mogućnost nepravilnog izvođenja skoka koji bi se smatrao nepravilnim. Izveli su 3 maksimalna skoka s pripremom, odmor između skokova iznosio je 30 sekundi. Nakon 3 serije skokova prelaze na izvođenje radnih serija potiska s ravne klupe na 80% od 1RM-a. Ispitanicima su prethodno utvrđene maksimalne vrijednosti u potisku s ravne klupe (1 RM) te su izračunate vrijednosti za radne serije od 80% 1 RM-a. Tijekom izvođenja potisaka vodilo se računa o ponavljanjima u rezervi kako bi bili sigurni da su ispitanici, unatoč već provedenom testiranju, bili blizu svog otkaza radi maksimalne potencijacije živčanog sustava. Provodili su 3 serije po 5 ponavljanja sa 5 minuta odmora između svake serije, te također jednakom pauzom nakon zadnje radne serije nakon koje su odradili finalno testiranje skokova s pripremom također kroz 3 skoka.



Slika 1. *Protokol istraživanja*

3.4. Metode obrade podataka

Statistička analiza provedena je programskim paketom Statistica, verzija 13.5.0.17 (TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA). Utvrđeni su osnovni deskriptivni pokazatelji, normalnost distribucije provjerena je K-S testom te je analiza inicijalnog i finalnog mjerenja provedena t-testom za zavisne uzorke. Razina statističke značajnosti postavljena je na razinu $p < 0,05$.

4. REZULTATI

Deskriptivni pokazatelji antropometrijskih karakteristika ispitanika, dobi i vrijednost potiska na ravnoj klupi (80% 1RM) prikazani su u Tablici 1, dok su vrijednosti inicijalnih i finalnih skokova s pripremom prikazane u Tablici 2.

U Tablici 1 prikazani su deskriptivni pokazatelji antropometrijskih karakteristika, dobi te vrijednosti s kojom su ispitanici izvodili potisak s ravne klupe (80% 1RM-a). Tjelesna masa (TM) važan je kriterij koji može utjecati na visinu skoka kod koje je prisutan veliki raspon među ispitanicima. Zatim varijabla 80% 1RM-a koja je prilagođena prema relativnim vrijednostima, ali se u apsolutnim vrijednostima značajno razlikuje između ispitanika.

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji antropometrijskih karakteristika, dobi i vrijednost potiska na ravnoj klupi (80% 1 RM-a)

Varijabla	N	AS	SD	MIN (cm)	MAKS (cm)
TV (cm)	13	181,96	6,56	171	190
TM (kg)	13	85,19	8,74	74	97
Dob	13	24,85	0,69	23,5	26
80% 1RM	13	79,62	13,30	55	100

Legenda: TV - tjelesna visina, TM - tjelesna masa, N - uzorak ispitanika, AS - aritmetička sredina, SD- standardna devijacija, MIN - minimalna vrijednost, MAKS - maksimalna vrijednost

U Tablici 2 i 3 prikazani su rezultati između inicijalnih i finalnih skokova s pripremom. Tablica 2 prikazuje deskriptivne pokazatelje pri čemu je vidljiv veliki raspon u skokovima s pripremom (CMJi i CMJf) između ispitanika, što se nadovezuje na utjecaj varijable TM prikazane u Tablica 1. Također, prisutna je razlika u prosječnim vrijednostima varijabli CMJi i CMJf (AS=1,5 cm) što ukazuje na statistički značajan utjecaj ($p < 0,0$) potiska s ravne klupe na skok s pripremom.

Tablica 2. Deskriptivni pokazatelji inicijalnih (CMJi) i finalnih (CMJf) skokova ispitanika

Varijabla	AS (cm)	SD	MIN (cm)	MAKS (cm)
CMJi	42,24	5,29	31,40	50,70
CMJf	40,73	5,15	31,00	50,10

Legenda: TV - tjelesna visina, TM- tjelesna masa, N - uzorak ispitanika, AS - aritmetička sredina, SD - standardna devijacija, MIN - minimalna vrijednost, MAKS- maksimalna vrijednost

Tablica 3. Rezultati t-testa za inicijalne i finalne skokove s pripremom

Varijabla	AS	SD	Std.Err	Reference Constant	t	df	p
CMJi	42,24103	5,293279	0,847603	0,00	49,83587	38	0,00
CMJf	40,73077	5,154566	0,825391	0,00	49,34723	38	0,00

Legenda: AS - prosječna vrijednost, SD - standardna devijacija, Std.Err – standardna pogreška (<0,05), t- t- vrijednost, df - stupnjevi slobode, p - pogreška (<0,05)

5. RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da primjena potiska s ravne klupe statistički značajno ($p=0,0$) utječe na skok s pripremom nakon petominutnog pasivnog odmora. Analizom promjene između inicijalnog i finalnog testiranja utvrđen je prosječan pad u visini skoka s pripremom za 1,51 cm (4%) što je u skladu sa istraživanjem Downeya i suradnika (2022) koji su utvrdili prosječni pad visine skoka za 1,50 cm (3%) nakon potiska s ravne klupe u izometrijskom režimu rada. S druge strane, kada je riječ o pozitivnim promjenama uzrokovanim PAP efektom Evetovich i suradnici (2015) utvrdili su promjenu slične veličine ($AS=1,4$ cm, 4%) u vertikalnom skoku nakon primjene čučnja na 85% 1RM-a. Iako navedeni radovi podupiru veličine promjene pronađene i u ovom radu treba razumijeti široku lepezu faktora koje utječu na izazivanje PAPE-a. Važno je napomenuti činjenicu da naoko homogena skupina ispitanika, obzirom da je riječ o studentima Kineziološkog fakulteta, je zapravo značajno heterogena kada je varijabla 1RM u potisku s ravne klupe u pitanju. Raspon vrijednosti je velik ($MIN=55$, $MAKS=100$), a i trenažno iskustvo u treningu s otporom također što je zasigurno utjecalo na rezultate obzirom da neki istraživači navode različite učinke na PAPE ovisno u razini jakosti ispitanika (Wilson i suradnici, 2013). Nadalje, profil motoričkih sposobnosti ispitanika značajno se razlikuje obzirom na sportove kojima su se ispitanici bavili.

Garbisu-Hualde i Santos-Concejero (2021) navode 4 ključne varijable u treningu kojima se upravlja PAPE-om: intenzitet, volumen, trajanje odmora, biomehanička sličnost pokreta. Sve navedene utječu na ishod PAPE-a, no nisu jedine. Optimalno trajanje odmora između serija bila je predmet mnogih istraživanja te se preporuke razlikuju između navedenih, moguće je izdvojiti rad Do Carmo i suradnika (2021) koji su otkrili da na visinu skoka s pripremom pozitivno utječe samostalno odabrano trajanje odmora između serije, naspram unaprijed definirane, što je u skladu sa faktorima koji na isti utječu poput: osobne percepcije zamora, pulsa te osjećaja napetosti u mišićima. Također, takav pristup treningu ispitanici percipiraju pozitivnije (McEwan i suradnici, 2018). Nadalje, pitanje intenziteta također je oduvijek predmet interesa pri čemu su istraživači u pravilu rješenje tražili u visokim intenzitetima ($<80\%$ 1RM-a) za maksimalne efekte, no utvrdili su da je PAPE moguć i pri nižim intenzitetima rada (Sotiropulos i suradnici, 2010, Lowery i suradnici, 2012). Važno je naglasiti mali volumen koji je korišten u svrhu ovog istraživanja od samo 3 serije po 5 ponavljanja obzirom da je i volumen taj koji može odrediti veličinu potencijacijskog efekta pri čemu ispitanici s većom razinom jakosti bolje odgovaraju na veći volumen (Wilson i suradnici, 2013) što je u heterogenim skupinama bitan

kriterij za definiranje plana i programa treninga. S druge strane, Andrews i suradnici (2016) utvrdili su da kada je ukupni volumen nizak da je intenzitet presudna varijabla, stoga je intenzitet od 80% 1RM-a bio adekvatan podražaj za navedenu grupu ispitanika.

Ovo istraživanje daje mnoge odgovore u smislu akutne reakcije organizma na nelokalizirano vanjsko opterećenje što je od iznimnog značaja za sve one koji sudjeluju u procesu sportske pripreme, no još više je pitanja na koje tek treba dati odgovore kada je u pitanju nelokalizirani pristup u treningu eksplozivnosti. Lošiji rezultat u skoku s pripremom nakon primjene vanjskog opterećenja gornjeg dijela tijela posljedica je zamora koji je akumuliran primjenom navedenog podražaja zbog čega se može pretpostaviti da podraživanje središnjeg živčanog sustava, neovisno o lokaliziranosti tog pristupa, utječe na potencijal ispoljavanja sile svih dijelova lokomotornog sustava. Navedeno podraživanje središnjeg živčanog sustava može se odvijati centralno i periferno što bi moglo biti od interesa drugim istraživačima koji bi taj međuodnos mogli dodatno opisati u kontekstu nelokaliziranog treninga. Mnogi radovi na temu lokaliziranog PAPE-a daju smjernice i za nelokaliziran pristup – veliki broj varijabli kojima treba upravljati za izazivanje potencijacijskog efekta. Nadalje, u želji da se navedena potencijacija ostvari nužno je pristupiti individualizirano gdje je od iznimne pomoći koristiti *high tech* tehnologiju poput VBT uređaja, (eng. *velocity based technology*) koji omogućava precizno praćenje brzine kretanja pri čemu jasno možemo izbjeći dodatni zamor, tzv. *garbage reps* i testirati kakve efekte ovakva vrsta treninga može imati na brzinu proizvodnje sile uz efekt na visinu vertikalnog skoka. Također, daljnji radovi trebali bi razmotriti problematiku dužine akutne reakcije organizma na takav nelokalizirani trening, time bi dali odgovore može li takav pristup povoljno utjecati na izvedbu u nastavku momčadskog treninga ili utakmici.

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je utvrditi kakva će biti akutna reakcija donjeg dijela tijela mjerena skokom s pripremom nakon potiska s ravne klupe. Rezultati ukazuju na statistički značajan ($p=0,0$) negativan efekt ($AS=-1,51\text{cm}$, 4%) takvog pristupa PAPE-u u želji da se poveća izlaz i brzina proizvodnje sile u vertikalnom skoku. Navedeni rezultati posljedica su mnogih faktora, prvotno fizioloških u vidu reakcije središnjeg i perifernog živčanog sustava na takav vid podražaja. Nadalje, faktori poput intenziteta, volumena, trajanja odmora, biomehaničke različitosti dvaju pokreta, jakosti gornjeg i donjeg dijela tijela ispitanika također su utjecali na proizvodnju sile. Različiti motorički profili studenata po pitanju jakosti gornjeg i donjeg dijela tijela, što je ujedno i ograničenje ovog rada rezultirali su negativnim rezultatom potiska s ravne klupe na PAPE u skoku s pripremom. Za preciznije određivanje utjecaja PAPE-a nužno je homogenizirati skupine te na taj način provjeriti efekte različitih intenziteta, intervala odmora i volumena za donošenje preciznijih zaključaka. Obzirom da je trajanje odmora jedna od ključnih varijabli u ovakvoj vrsti treninga postoji potreba za razmatranjem slobodnih intervala odmora temeljenih na osobnoj procjeni ispitanika naspram fiksnih intervala odmora. Također, u budućnosti treba istražiti utjecaj nelokaliziranog PAPE-a na druge aktivnosti eksplozivnog tipa poput sprinta, brzine udarca i promjene smjera kretanja. Imajući u vidu sve faktore koji utječu na postaktivacijski fenomen u treningu eksplozivnosti zaključuje se da treneri moraju pristup takvoj vrsti treninga individualizirati za što kvalitetnije trenažne efekte.

7. LITERATURA

- Andrews, S. K., Horodyski, J. M., MacLeod, D. A., Whitten, J. i Behm, D. G. (2016). The interaction of fatigue and potentiation following an acute bout of unilateral squats. *Journal of sports science medicine*, 15(4), 625.
- Bartolomei, S., De Luca, R. i Marcora, S. M. (2023). May a nonlocalized postactivation performance enhancement exist between the upper and lower body in trained men? *The journal of strength and conditioning research*, 37(1), 68-73.
- Bartolomei, S., Lanzoni, I. M., Fantozzi, S. i Cortesi, M. (2022). A comparison between non-localized post-activation performance enhancements following resistance exercise for the upper and the lower body. *Applied sciences*, 12(3), 1639.
- Belanger, A. Y., McComas, A. J. i Elder, G. B. C. (1983). Physiological properties of two antagonistic human muscle groups. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 51, 381-393.
- Blazevich, A. J. i Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms and Current Issues. *Frontiers of physiology*, 10, 1359.
- Cavaco, B., Sousa, N., Dos Reis, V. M., Garrido, N., Saavedra, F., Mendes, R. i Vilaça-Alves, J. (2014). Short-term effects of complex training on agility with the ball, speed, efficiency of crossing and shooting in youth soccer players. *Journal of human kinetics*, 43(1), 105-112.
- Chatzopoulos, D. E., Michailidis, C. J., Giannakos, A. K., Alexiou, K. C., Patikas, D. A., Antonopoulos, C. B., i Kotzamanidis, C. M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *The journal of strength and conditioning research*, 21(4), 1278-1281.
- Chiu, L. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., i Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *The Journal of strength and conditioning research*, 17(4), 671-677.
- Cuenca-Fernández, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., López-Contreras, G., Arellano, R., i Herzog, W. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: a pilot study. *Applied physiology, nutrition and metabolism*, 42(10), 1122-1125.
- Do Carmo, E. C., De Souza, E. O., Roschel, H., Kobal, R., Ramos, H., Gil, S., i Tricoli, V. (2021). Self-selected rest interval improves vertical jump postactivation potentiation. *The journal of strength and conditioning research*, 35(1), 91-96.
- Downey, R. J., Deprez, D. A., i Chilibeck, P. D. (2022). Effects of postactivation potentiation on maximal vertical jump performance after a conditioning contraction in upper-body

- and lower-body muscle groups. *The journal of strength and conditioning research*, 36(1), 259-261.
- Evetovich, T. K., Conley, D. S. i McCawley, P. F. (2015). Postactivation potentiation enhances upper- and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (2), 336-42.
- Gołaś, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikołajec, K., i Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of human kinetics*, 52(1), 95-106.
- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A. i Zourdos, M. C. (2016). Application of the repetitions in reserve-based rating of perceived exertion scale for resistance training. *Strength and conditioning journal*, 38(4), 42-49.
- Garbisu-Hualde, A., i Santos-Concejero, J. (2021). Post-activation potentiation in strength training: A systematic review of the scientific literature. *Journal of human kinetics*, 78(1), 141-150.
- Kobal, R., Loturco, I., Barroso, R., Gil, S., Cuniyochi, R., Ugrinowitsch, C.,... Tricoli, V. (2017). Effects of different combinations of strength, power, and plyometric training on the physical performance of elite young soccer players. *The journal of strength and conditioning research*, 31(6), 1468-1476.
- Laskin, G., Talpey, S. i Gregory, R. (2021). The effects of an upper body conditioning stimulus on lower body post-activation performance enhancement (PAPE): a pilot study. *International journal of strength and conditioning*, 1(1).
- Lowery, R. P., Duncan, N. M., Loenneke, J. P., Sikorski, E. M., Naimo, M. A., Brown, L. E.,... Wilson, J. M. (2012). The effects of potentiating stimuli intensity under varying rest periods on vertical jump performance and power. *The journal of strength and conditioning research*, 26(12), 3320-3325.
- MacIntosh, B. R., Robillard, M. E. i Tomaras, E. K. (2012). Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 37(3), 546-550.
- Maloney, S.J., Turner, A.N. i Fletcher, I.M. (2014). Ballistic exercise as a preactivation stimulus: a review of the literature and practical applications. *Sports Medicine*, 44(10), 1347–1359.
- McEwan, G., Arthur, R., Phillips, S. M., Gibson, N. V. i Easton, C. (2018). Interval running with self-selected recovery: physiology, performance, and perception. *European journal of sport science*, 18(8), 1058-1067.
- Mina, M. A., Blazevich, A. J., Tsatalas, T., Giakas, G., Seitz, L. B. i Kay, A. D. (2019). Variable, but not free-weight, resistance back squat exercise potentiates jump performance following a comprehensive task-specific warm-up. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 29(3), 380-392.
- Sale, D. G. (2002). Postactivation Potentiation: Role in Human Performance. *Exercise and sport sciences reviews*; 30 (3), 138-143.

- Seitz, L. B., Mina, M. A., i Haff, G. G. (2016). Postactivation potentiation of horizontal jump performance across multiple sets of a contrast protocol. *The journal of strength and conditioning research*, 30(10), 2733 – 2740.
- Sotiropoulos, K., Smilios, I., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A. i Douda, H. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of sports science and medicine*, 9(2), 326.
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M. i Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The journal of strength and conditioning research*, 28(9), 2415-2423.
- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A. i Marmon, A. R. (2017). Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 47, 2533-2551.
- Till, K. A. i Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *Journal of strength of conditioning research*, 23(7), 1960-7.
- 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.
- Vandenboom, R. (2011). Modulation of skeletal muscle contraction by myosin phosphorylation. *Comprehensive physiology*, 7(1), 171-212.
- Vandervoort, A. A., Quinlan, J., i McComas, A. J. (1983). Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental neurology*, 81(1), 141-152.
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., ... Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The journal of strength and conditioning research*, 27(3), 854-859.