

Akutni utjecaj kofeina na brzinu pokreta pri izvedbi potiska s ravne klupe

Siljan, David

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:117:029281>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-16**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva: magistar kineziologije)

David Siljan

**AKUTNI UTJECAJ KOFEINA NA BRZINU
POKRETA PRI IZVEDBI POTISKA S RAVNE
KLUPE**

Diplomski rad

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Zagreb, srpanj, 2020.

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 električnoj predanoj u Knjižnici.

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Student:

David Siljan

AKUTNI UTJECAJ KOFEINA NA BRZINU POKRETA PRI IZVEDBI POTISKA S RAVNE KLUPE

Sažetak

Cilj ovog randomiziranog, dvostruko slijepog, placebo kontroliranog istraživanja s ukriženim ustrojem bio je utvrditi akutni utjecaj kofeina na brzinu koncentričnog dijela pokreta pri izvedbi vježbe potisak s ravne klupe kod osoba iskusnih u treningu s otporom. Uzorak je činilo 25 ispitanika (dob (aritmetička sredina \pm standardna devijacija) 23.0 ± 2.0 godine, visina 182.9 ± 7.3 cm, masa 83.2 ± 11.3 kg) koji su kroz tri dolaska u laboratorij prošli upoznavajući dolazak, te testiranje izvedbe nakon konzumacije 6 mg/kg kofeina ili 6 mg/kg placeba. Zadatak ispitanika je bio izvesti jedno ponavljanje s maksimalnom brzinom koncentričnog dijela pokreta pri 50%, 75% i 90% njihovog jednog maksimalnog ponavljanja (1RM). U uvjetu konzumacije kofeina dobivena je statistički značajna razlika u brzini pokreta u odnosu na placebo pri opterećenjima 75% 1RM ($p < 0,001$; +6,7%) i 90% 1RM ($p < 0,001$; +9,1%), dok pri opterećenju od 50% 1RM ($p = 0,48$; +1,0%) nije bilo statistički značajne razlike u izvedbi. Zaključeno je kako kofein ima ergogeni učinak na brzinu izvedbe koncentričnog dijela pokreta u izvedbi potiska s ravne klupe, a njegov učinak je naglašeniji što je vanjsko opterećenje veće, tj. što su veći zahtjevi za generiranjem mišićne sile. Temeljem rezultata istraživanja može se preporučiti konzumacija kofeina prije treninga s otporom (barem kad su vježbe za gornji dio tijela u pitanju) u svrhu akutnih poboljšanja u brzini izvedbe.

Ključne riječi: kofein, snaga, potisak s ravne klupe, trening s otporom

ACUTE EFFECTS OF CAFFEINE ON MOVEMENT VELOCITY IN BENCH PRESS EXERCISE

Abstract

The aim of this randomized, double-blind, placebo-controlled, cross sectional study was to determine the acute effects of caffeine on the velocity of the concentric part of movement when performing bench press exercise in individuals experienced in resistance training. The sample consisted of 25 subjects (age (mean \pm standard deviation) 23.0 ± 2.0 years, height 182.9 ± 7.3 cm, weight 83.2 ± 11.3 kg) who performed three visits to the laboratory. The first visit was a familiarization visit, subsequently followed by two visits in which movement velocity was assessed after consumption of 6 mg/kg of caffeine or 6 mg/kg of placebo. The task for the subjects was to perform one repetition with the maximum velocity of the concentric part of the movement at 50%, 75% and 90% of their one maximum repetition (1RM). A statistically significant difference was obtained at loads of 75% 1RM ($p < 0.001$; + 6.7%) and 90% 1RM ($p < 0.001$; + 9.1%) in favor of caffeine condition compared to placebo, while at a load of 50% 1RM ($p = 0.48$; + 1.0%) there was no statistically significant difference in performance. It was concluded that caffeine has an ergogenic effect on the movement velocity during bench press exercise, and its effect are more pronounced at higher loads (i.e., when the requirements for generating muscle force are higher). Based on the results of the research, it may be recommended to consume caffeine before resistance training (at least when upper-body exercises are involved) for the purpose of acute performance improvements.

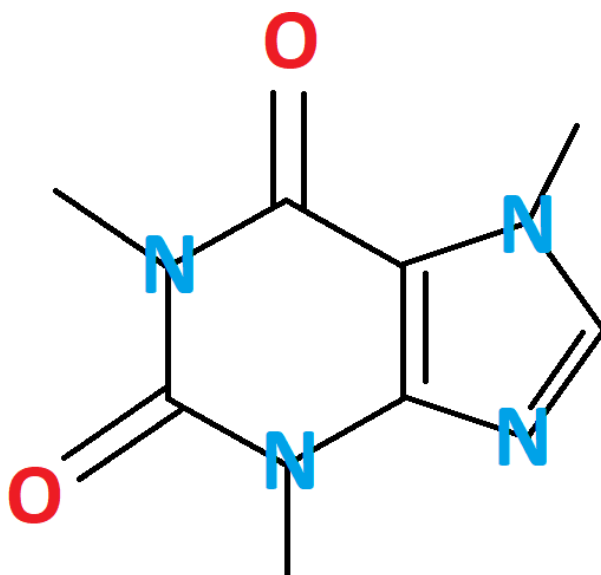
Key words: caffeine, power, bench press, resistance training

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	5
3. METODE RADA	6
<i>Opis protokola istraživanja</i>	6
<i>Uzorak ispitanika</i>	6
<i>Opis testa Potisak s ravne klupe</i>	7
<i>Statistička analiza rezultata</i>	8
4. REZULTATI	9
5. RASPRAVA	13
6. ZAKLJUČAK.....	16
7. LITERATURA	17

1. UVOD

Kofein je jedan od najkorištenijih dodataka prehrani u općoj populaciji pa je stoga i jedan od dodataka prehrani na kojem je provedeno najviše istraživanja (Mitchell, Knight, Hockenberry, Teplansky i Hartman, 2014). Provedenim istraživanjem u obliku ankete na populaciji građana SAD-a utvrđeno je kako 85% populacije konzumira minimalno jedan napitak dnevno koji u sebi sadrži kofein, odnosno prosječnu dnevnu vrijednost kofeina od 165 mg, gdje kava predstavlja primarni doprinos unosa kofeina u svim dobnim skupinama (Mitchell i sur., 2014). Nakon što je na zahtjev WADA-e (eng. World Anti-Doping Agency) IOC (eng. International Olympic Committee) uklonio kofein s liste zabranjenih supstanci tijekom natjecanja, 2004. godine kofein je postao popularan suplement u prehrani sportaša (Marcovitz, 2006). Početna istraživanja dokazala su ergogeni utjecaj kofeina u sportovima izdržljivosti, odnosno utjecaj na sportsku izvedbu u aktivnostima manjeg intenziteta i dužeg trajanja (Benardot, 2012).



Slika 1. Molekularna struktura kofeina

Veliki broj istraživanja je dokazao ergogen učinak kofeina kod aktivnosti dužeg trajanja te zato Davis i Green (2009) usmjeravaju svoj rad prema aktivnostima snage i jakosti, odnosno aktivnostima kraćeg trajanja, a vrlo visokog intenziteta. Naglašavaju kako postojeća hipoteza o djelovanju mehanizma kofeina gdje pojačana oksidacija slobodnih masnih kiselina adrenalinom dovodi do uštede glikogena ne može vrijediti pri anaerobnim aktivnostima. Autori važnost pridodaju novoj hipotezi koja objašnjava djelovanje kofeina na centralni živčani sustav, odnosno njegovo antagonističko djelovanje na receptore adenozina te pobuđenost i percepciju napora, boli (Davis i Green, 2009).

Navedeni problem mehanizma djelovanja kofeina lijepo objašnjavaju autori u svojem radu (Grgic, Mikulic, Schoenfeld, Bishop i Pedisic, 2018), gdje percepciju napora i percepciju boli označuju kao ključne mehanizme pozitivnog učinka kofeina na izvedbu kod treninga sa vanjskim opterećenjem. Uz navedeno dodaju kako su ovo zaključci i trenutnih istraživanja te upućuju na važnost budućih radova (Grgic i sur., 2018).

Duncan i Oxford (2011) ispituju učinak 5mg/kg kofeina naspram placeba kod vježbe potiska s ravne klupe. Testiranje je izvedeno sa uvjetom 60% 1RM s ciljem postizanja maksimalnog broja ponavljanja, odnosno do momentalnog mišićnog otkaza. Dodatno prate reakciju stanja raspoloženja prije i nakon izvedbe testa. Ispitanici su postigli značajno veći broj ponavljanja u uvjetu kofeina naspram uvjeta placebo. Nadalje u uvjetu kofeina njihovo je raspoloženje bilo bolje dok je razina ocjene umora bila niža (Duncan i Oxford, 2011).

Grgic, Trexler, Lazinica i Pedisic (2018) meta analizom utvrđuju kako kofein ima značajnih ergogenih učinka na mišićnu jakost i snagu. Meta analiza je pokrila istraživanja koja su imala kao metodu mjerenja 1RM za manifestaciju maksimalne mišićne jakosti te vertikalni skok za manifestaciju snage. Autori rada zaključuju da kofein ima značajniji utjecaj na jakost mišića gornjeg naspram donjeg dijela tijela te značajan utjecaj na snagu, te kako su potrebna daljnja istraživanja koja će utvrditi optimalnu dozu i oblik unosa kofeina zbog njegove unutra-individualnosti i varijabilnosti kod sudionika istraživanja (Grgic i sur., 2018).

Zanimljivo istraživanje je dokazalo kako kofeinske žvakaće gume sa dozom od 300 mg kofeina poboljšavaju izvedbu kod vertikalnih skokova, izlaza snage na izokinetičkom aparatu, brzine koncentričnog pokreta pri potisku s ravne klupe te snage cijelog tijela testirane na veslačkom ergometru. U testu brzine šipke potiska s ravne klupe korištena su opterećenja od 50%, 75% i 90% 1RM te su zabilježene razlike kod izvedbe za +3.2% pri 50% 1RM,

+5.7% pri 75% 1RM te +9.1% pri 90% 1RM s konzumacijom kofeinskih žvakaća guma u odnosu na izvedbu s placebo žvakaćim gumama (Venier, Grgic, i Mikulic, 2019a).

Jedna od najčešćih metoda dijagnostike anaerobnih kapaciteta je 30 sekundi Wingate test. Navedenu specifičnu dijagnostiku meta-analizom 16 radova, Grgic (2017) utvrđuje povezanost i značaj konzumacije kofeina na izlaz snage pri radu. Rezultati meta-analize pokazuju statistički značajnu razliku između ispitanika koji su konzumirali placebo i ispitanika koji su konzumirali kofein što dokazuje ergogeni učinak kofeina na anaerobnu izvedbu, odnosno snagu (Grgic, 2017).

Pregledom radova Grgic i sur. (2018) zaključuju i donose praktične smjernice za suplementaciju kofeinom kod izvođenja treninga sa opterećenjem. Suplementacija kofeinom može poboljšati mišićnu izdržljivost, mišićnu jakost i snagu kroz vježbe opterećenja uz optimalnu dozu od 3 do 9 mg/kg. Čini se kako je u ovim dozama kofein generalno siguran, međutim, kod vrijednosti većih od 9 mg/kg mogu se pojaviti izraženije nuspojave. Autori nadalje spominju i mogućnost povećanja krvnog tlaka nakon unosa kofeina te zbog toga upućuju na oprez kod pojedinaca s visokim tlakom. Također zaključuju kako mehanizam kojim kofein utječe na izvedbu kod vježbi s otporom je vjerojatno kompleksan i obuhvaća više pod mehanizama (Grgic i sur., 2018).

Diaz-Lara i sur. (2016) dokazuju učinkovitost kofeina na sportsku izvedbu u cilju unapređenja izvedbe u brazilskom Jiu-jitsu. U svojem eksperimentalnom istraživanju koristili su dozu od 3 mg/kg kofeina koju su uspoređivali s izvedbom kada su sudionici konzumirali placebo. Navedenim istraživanjem dokazali su učinkovitost kofeina na snagu stiska šake, na visinu skoka kod skoka s pripremom (eng. countermovement jump, CMJ), rezultat izvedbe 1RM (eng. one-repetition-maximum) te na srednju vrijednost snage tijekom vježbe potisak s ravne klupe. Ispitanici su bili vrhunski sportaši brazilskog Jiu-jitse (Diaz-Lara i sur., 2016).

Grgic i sur. (2019) su istražili razliku i učinke tri doze kofeina (2, 4 i 6 mg/kg) na mišićnu jakost i izdržljivost. Jakost su procjenjivali kroz 1RM, a izdržljivost kroz broj ponavljanja do momentalnog mišićnog otkaza s opterećenjem jednakim 60% 1RM. Radom su dokazali korelaciju između doze kofeina i utjecaja na jakost gornjih ekstremiteta, odnosno značajno poboljšanje izvedbe kod doza od 4 i 6 mg/kg (Grgic i sur., 2019).

Grgic i Mikulic (2017) su procjenjivali akutni učinak kofeina na mišićnu jakost i snagu, mišićnu izdržljivost te razinu percipiranog napora na uzorku muške populacije iskusne

u treningu s otporom. Istraživanje je bilo randomizirano, dvostruko slijepo s ukriženim ustrojem gdje se u prvom slučaju koristila doza kofeina od 6 mg/kg te u drugom slučaju placebo. Autori na temelju rezultata zaključuju na postojanje akutnog ergogenog utjecaja kofeina u pogledu jakosti donjih ekstremiteta, međutim, ne u pogledu snage i mišićne izdržljivosti (Grgic i Mikulic, 2017).

U svome radu autori su dokazali akutni ergogeni učinak kofeina na središnju vrijednost izlaza sile i brzine pokreta šipke kod balističkog potiska sa ravne klupe kod sportaša naviknutih na kofein. Korištene su dvije doze koje su uspoređene sa placebo; 3mg/kg/t. m.(tjelesne mase) i 6mg/kg/t. m. dok je otpor šipke iznosio 30% 1RM. Na temelju rezultata donose zaključak da unos kofeina prije izvedbe balističkog treninga može poboljšati izvedbu vježbi gornjeg dijela tijela (Wilk i sur., 2020).

Venier, Grgic i Mikulic (2019b) su istražili razinu djelovanja kofeiniziranog gela na izvedbu kod utreniranih muškaraca. Testiranje je podrazumijevalo dva uvjeta: 300 mg kofeiniziranog gela te placebo, dok su testovi mjerili: visinu vertikalnog skoka kroz bilateralne vertikalne skokove bez i s pripremom, maksimalni moment sile opružaća i pregibača potkoljenice na izokinetičkom aparatu pri dvije kutne brzine (60°/s i 180°/s), brzinu koncentričnog dijela pokreta pri izvedbi potiska s ravne klupe na tri različita opterećenja (50% 1RM, 75% 1RM i 90% 1RM) te maksimalni izlaz snage na veslačkom ergometru. Važni podatak za ovo istraživanje predstavljeno u diplomskom radu je upravo test brzine izvedbe potiska s ravne klupe. Provodi se isti test dok je razlika u obliku i količini konzumiranog kofeina. U navedenom testu kofein je imao ergogeni učinak te poboljšanje rezultata kod svih postavljenih uvjeta: 50% 1RM za ($p=0,021$; $d=0,33$, + 3,5%), 75% 1RM ($p<0,001$; $d=0,42$; + 5,4%) i 90% 1RM ($p<0,001$; $d=0,59$; +12,0%). Autori zaključuju kako konzumiranje kofeinskih gelova može značajno poboljšati izvedbu u svim postavljenim testovima, uključujući i gdje naglašujemo test potiska s ravne klupe koji će biti korišten u ovom istraživanju.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi akutni utjecaj kofeina na brzinu koncentričnog dijela pokreta pri izvedbi vježbe potisak s ravne klupe kod osoba iskusnih u treningu s otporom.

3. METODE RADA

Opis protokola istraživanja

Ovo je randomizirano, dvostruko slijepo, placebom kontrolirano istraživanje s ukriženim ustrojem (eng. crossover). Ispitanici su obavili tri posjete laboratoriju gdje je prvi posjet predstavljao razgovor i upoznavanje s detaljima istraživanja i upoznavanje s testom. Izvedba jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) u potisku s ravne klupe procijenjena je metodom opisanom u istraživanju Balsalobre-Fernandez, Marchante, Munoz-Lopez i Jimenez (2018). U naredna dva dolaska ispitanici su testirani u uvjetima uzimanja doze od 6 mg/kg kofeina odnosno placeba (6 mg/kg dekstroze). Kofein i placebo ispitanici su konzumirali u obliku praha unutar kapsula koje su bile progutane s čašom vode.

Svaki dolazak u laboratorij i samo istraživanje se odvijalo u jutarnjim satima s dolaskom između 7:00 i 9:00 sati s preduvjetom da ispitanici dolaze na tašte. Ispitanici su također morali poštivati slijedeće upute na dan uoči dolaska u laboratorij: održavanje svakodnevnih navika prehrane i higijene spavanja te izbjegavanje intenzivne tjelesne aktivnosti. Dodatno su upućeni na izbjegavanje konzumacije kofeina nakon 18:00 sati na dan prije provedbe mjerenja te su upoznati sa opsežnim popisom prehrambenih namirnica koje sadržavaju kofein. Vremenski ciklus između pojedinih dolazaka u laboratorij nije bio manji od 3 dana te veći od 6 dana. Vrijeme od konzumacije kofeina odnosno placeba do početka testiranja je iznosilo 60 min.

Uzorak ispitanika

Postavljeno je nekoliko kriterija za odabir ispitanika:

- 1) zdravi muškarci starosti 18-45 godina;
- 2) trenutna odsutnost ozljeda mišićno-koštanog sustava;
- 3) iskustvo u treningu sa otporom najmanje od 12 mjeseci te mogućnost izvedbe vježbe potisak s ravne klupe sa otporom koji odgovara najmanje 100% tjelesne

mase.

Uzorak za istraživanje sastojao se od 25 ispitanika (dob 23.0 ± 2.0 godine, visina 182.9 ± 7.3 cm, masa 83.2 ± 11.3 kg). Karakteristike ispitanika (deskriptivni pokazatelji) prikazane su u Tablici 1.

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji ispitanika (n=25)

Varijabla	Aritmetička sredina \pm standardna devijacija
Dob (godine)	23.0 ± 2.0
Visina (cm)	182.9 ± 7.3
Masa (kg)	83.2 ± 11.3

Od strane Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dobiveno je etičko odobrenje za provedbu samog istraživanja. Svi ispitanici su pristali na uvjete istraživanja nakon što su dobili pismenu obavijest o zahtjevima, prednostima i rizicima samog istraživanja te su svojim potpisom potvrdili dobrovoljno sudjelovanje.

Opis testa Potisak s ravne klupe

Brzina pokreta koncentričnog dijela pri izvedbi potiska s ravne klupe mjerena je *PowerLift* aplikacijom.

Balsalobre-Fernandez i sur. (2018) svojim su radom utvrdili visoku valjanost i pouzdanost ove aplikacije pri izvedbi vježbe potiska s ravne klupe. Ispitali su točnost srednje vrijednosti brzine kod izvedbe potiska s ravne klupe pri procjeni 1RM na pet različitih razina otpora, od 75% do 100% 1RM uspoređujući ih s rezultatima linearnog transduktora. Vrlo visoka valjanost i pouzdanost same aplikacije upućuje na vrijednu praktičnu primjenu u treningu kod mjerenja brzine izvedbe pokreta potiska s ravne klupe (Balsalobre-Fernandez i sur., 2018).

Aplikacijom se snima izvedba pokreta potiska s ravne klupe te se pritom prikazuje u usporenoj snimci. Na usporenoj snimci je moguće promatrati sliku po sliku čime mjeritelj određuje početak i kraj koncentričnog dijela pokreta. Odvajanje šipke i prekid kontakta sa prsima ispitanika se smatra početkom pokreta dok se krajem smatra pozicija potpunog opuštanja u zglobu lakta. Prije same izvedbe pokreta centimetarskom vrpcom je izmjerena dužina kretanje šipke te je unesena u aplikaciju. Aplikacija zatim izračunava vrijeme između dvije vremenske točke (dvije slike koje je mjeritelj označio kao početak i kraj pokreta) na temelju čega se dobiva rezultat prosječne brzine kretanje šipke unutar zadanog pokreta. Zadatak ispitanika je bio izvesti jedno ponavljanje s maksimalnom brzinom koncentričnog dijela pokreta na 50%, 75% i 90% 1RM. Za svakog ispitanika, 1RM procijenjen je pri prvom dolasku u laboratorij putem metode objašnjene u radu Balsalobre-Fernandez i sur., (2018). Između promijene opterećenja i ponavljanja ispitanici su imali pauzu od tri minute.

Statistička analiza rezultata

Izračunata je deskriptivna statistika za promatrane izvedbene varijable.

Razlike u brzini koncentričnog dijela pokreta između uvjeta konzumacije kofeina i uvjeta konzumacije placeba za svaki stupanj vanjskog opterećenja (tj. za 50%, 75% i 90% od 1RM-a) izračunate su serijom t-testova za zavisne uzorke.

Pored utvrđivanja statističke značajnosti razlika, za svaki stupanj vanjskog opterećenja izračunata je i relativna razlika u brzini izvedbe (u %) između uvjeta konzumacije placeba i uvjeta konzumacije kofeina.

4. REZULTATI

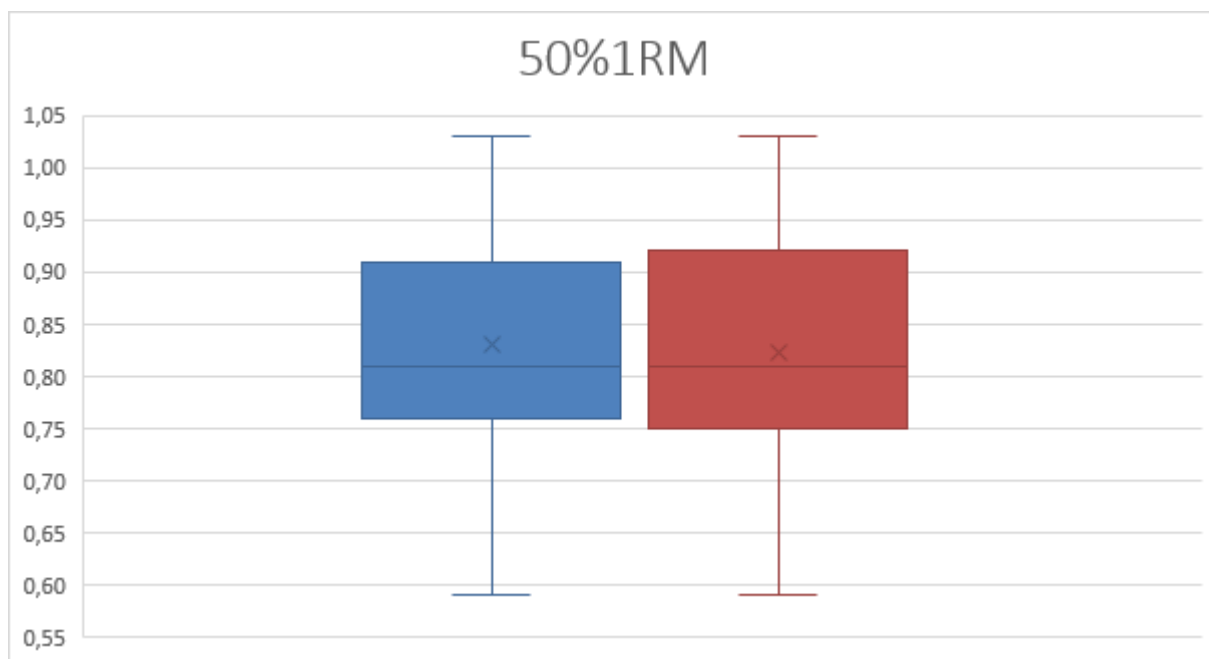
Dobivena je statistički značajna razlika između izvedbe s konzumacijom kofeina i izvedbe s konzumacijom placeba pri opterećenjima 75% 1RM ($p < 0,001$; 6,7%) i 90% 1RM ($p < 0,001$; 9,1%) u korist izvedbe s konzumacijom kofeina, dok kod opterećenja od 50% 1RM ($p = 0,48$; 1,0%) nije bilo statistički značajne razlike u izvedbi između dva uvjeta. Navedeni rezultati t-test analiza, kao i rezultati deskriptivne statistike za promatrane varijable, prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Rezultati deskriptivne statistike i t-test analiza usporedbe izvedbi na različitim stupnjevima opterećenja pri izvedbi testa potisak s ravne klupe

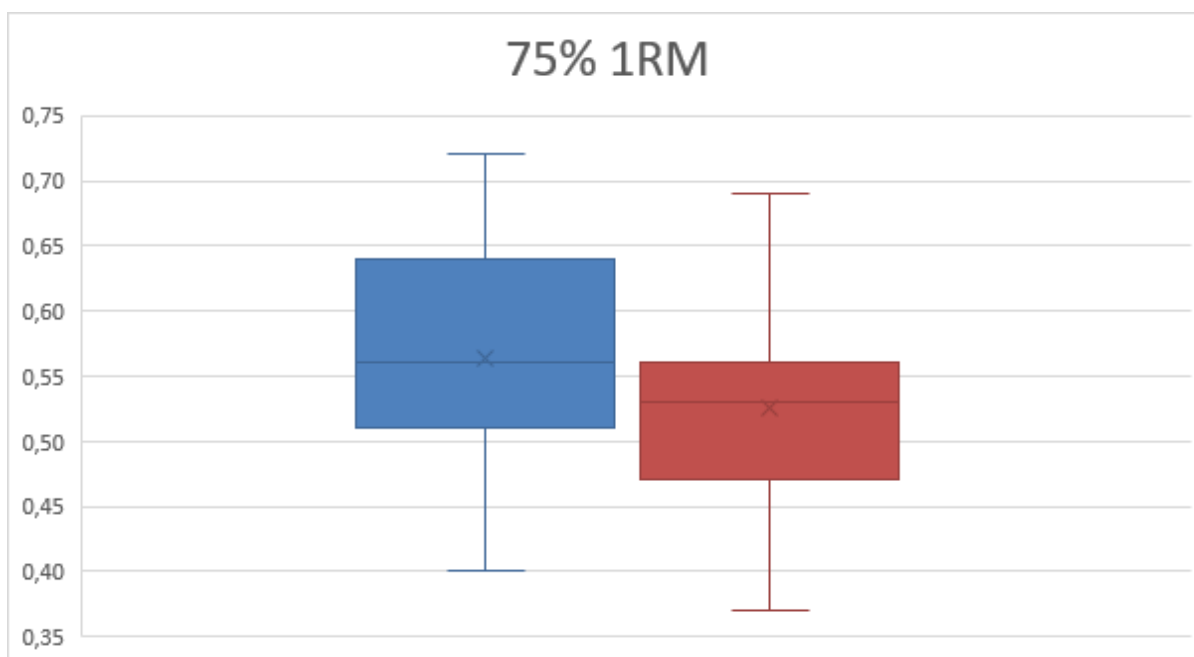
	Konzumacija kofeina*	Konzumacija placeba*	p-vrijednost t-testa za zavisne uzorke	Razlika u izvedbi s konzumacijom kofeina naspram placeba
Brzina šipke pri 50% 1RM (m/s)	$0,83 \pm 0,11$	$0,82 \pm 0,11$	0,48	+1,0%
Brzina šipke pri 75% 1RM (m/s)	$0,56 \pm 0,09$	$0,53 \pm 0,08$	$<0,001$	+6,7%
Brzina šipke pri 90% 1RM (m/s)	$0,37 \pm 0,08$	$0,34 \pm 0,07$	$<0,001$	+9,1%

* Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija

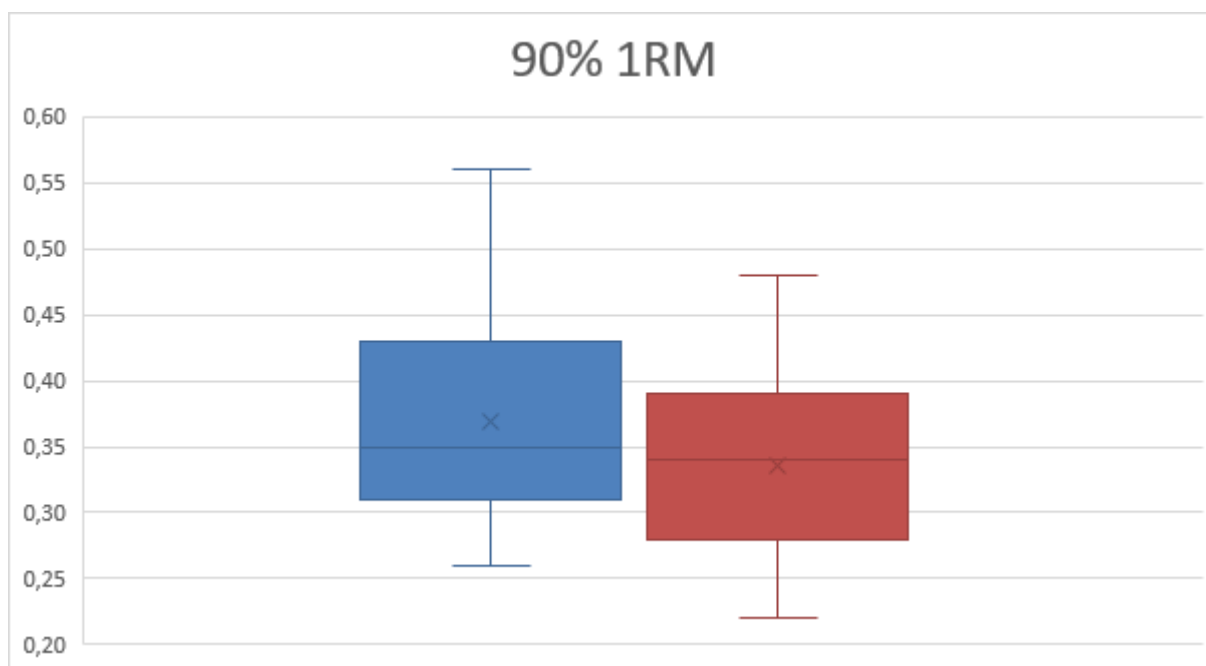
Za bolju preglednost, rezultati su prikazani i u grafičkom obliku kroz Graf 1 (izvedba pri 50% 1RM), Graf 2 (izvedba pri 75% 1RM) i Graf 3. (izvedba pri 90% 1RM).



Graf 1. Grafički prikaz izvedbe potiska s ravne klupe s unosom kofeina (vrijednost lijevo) i izvedbe s unosom placebo (vrijednost desno) pri 50% 1RM. *Box&Whisker* prikaz označava medijan vrijednost (oznaka X), granice gornjeg i donjeg kvartila (ispunjeni pravokutnik) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (krajnje vrijednosti okomitih crta) zadanog uzorka. Na y-osi prikazana je brzina pokreta u m/s. Uz p-vrijednost 0,48 pri opterećenju 50% 1RM, nema statistički značajne razlike u izvedbi između uvjeta.



Graf 2. Grafički prikaz izvedbe potiska s ravne klupe s unosom kofeina (vrijednost lijevo) i izvedbe s unosom placebo (vrijednost desno) pri 50% 1RM. *Box&Whisker* prikaz označava medijan vrijednost (oznaka X), granice gornjeg i donjeg kvartila (ispunjeni pravokutnik) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (krajnje vrijednosti okomitih crta) zadanog uzorka. Na y-osi prikazana je brzina pokreta u m/s. Uz p-vrijednost $<0,001$ pri opterećenju 75% 1RM, postoji statistički značajna razlika u izvedbi između uvjeta.



Graf 3. Grafički prikaz izvedbe potiska s ravne klupe s unosom kofeina (vrijednost lijevo) i izvedbe s unosom placebo (vrijednost desno) pri 50% 1RM. *Box&Whisker* prikaz označava medijan vrijednost (oznaka X), granice gornjeg i donjeg kvartila (ispunjeni pravokutnik) te minimalnu i maksimalnu vrijednost (krajnje vrijednosti okomitih crta) zadanog uzorka. Na y-osi prikazana je brzina pokreta u m/s. Uz p-vrijednost $<0,001$ pri opterećenju 90% 1RM, postoji statistički značajna razlika u izvedbi između uvjeta.

5. RASPRAVA

U ovom radu istražen je akutni utjecaj kofeina na koncentrični dio pokreta pri izvedbi potiska s ravne klupe na tri razine opterećenja (50%, 75% i 90% 1RM). U dva uvjeta testiranja ispitanici iskusni u treningu sa otporom konzumirali su 6 mg/kg kofeina ili placebo, odnosno 6 mg/kg dekstroze. Rezultati ukazuju na ergogeni učinak kofeina kod opterećenja od 75% 1RM (+6,7%) i 90% 1RM (+9,1%) dok za opterećenje od 50% 1RM (+1,0%) ne postoji značajno poboljšanje rezultata.

Glavni nalaz ovog istraživanja je da kofein ima akutni ergogeni učinak na brzinu izvedbe koncentričnog dijela pokreta u izvedbi potiska s ravne klupe, a učinak kofeina je naglašeniji što je vanjsko opterećenje veće tj. što su veći zahtjevi za generiranjem mišićne sile. Kako brzina pokreta raste, uz uvjet iste mase utega, možemo zaključiti da se povećava izlaz snage. Kako je visoka brzina šipke u treningu s otporom značajna za razvoj snage, ovi rezultati sugeriraju da pojedinci mogu razmotriti suplementaciju kofeinom prije treninga u svrhu postizanja veće brzine šipke i, posljedično, izazivanja jačeg podražaja za razvoj mišićne snage.

Potporu ovim rezultatima i ergogenim učincima kofeina daju rezultati istraživanja s kofeinskom žvakaćom gumom (apsolutna doza kofeina od 300 mg). U identičnom testu potiska s ravne klupe, autori su dobili statističke značajne promjene rezultata za opterećenja od 50% 1RM (+3,2%), 70% 1RM (+5,7%) i 90% 1RM (+9,1%) (Venier i sur., 2019a), što su nalazi vrlo slični nalazima ovog istraživanja. Također, vrlo slični nalazi dobiveni su i u istraživanju u kojem je kao izvor kofeina korišten gel i apsolutna doza kofeina od 300 mg (Venier i sur., 2019b). Zabilježeno je poboljšanje rezultata na sva tri uvjeta u odnosu na placebo; 50% 1RM (+3,5%), 75% 1RM (+5,4%) i 90% 1RM (+12,0%) (Venier i sur., 2019b).

Ergogeni učinak kofeina manifestira se kroz mehanizam djelovanja na centralni živčani sustav gdje se molekule kofeina spajaju na receptore adenoizina i time smanjuju razinu umora i mijenjaju razinu percipiranog napora vježbača (Davis i Green, 2009). Navedene tvrdnje su podržane radom Duncana i Oxforda (2011) koji su dokazali akutni ergogeni učinak kofeina kod vježbi s otporom do momentalnog mišićnog otkaza. Dodatno su pratili reakciju stanja raspoloženja prije i nakon same izvedbe testa te zaključuju kako da je razina raspoloženja bolja dok je razina umora niža u uvjetu kofeina je naspram placeba.

Nadalje, mora se istaknuti velika unutar-individualnost i varijabilnost utjecaja kofeina na izvedbu kod različitih ispitanika. Uvjeti koji mogu utjecati na razliku efikasnosti kofeina u pojedinca su: habitualna konzumacija kofeinskih namirnica, oblik konzumiranog kofeina, relativna doza kofeina u odnosu na tjelesnu masu pojedinca, dob i spol. Inter-individualnost predstavlja različito djelovanje svakog organizma i njegova reakcija na određene namirnice kroz funkciju svakog organskog sustava (probavni sustav i metabolizam te hormonalni status kao evidentni faktori). Habitualna konzumacija kofeinskih namirnica i smanjenje osjetljivosti na kofein trenutno predstavljaju značajno neistraženo područje koje bi imalo velikog utjecaja na cjelokupno znanje i primjenu u praktičnim uvjetima. Wilk i sur. (2020) smatraju kako bi akutni utjecaj kofeina bio značajniji na populaciji koju karakterizira niska habitualna konzumacija kofeina. Provedenost velike većine istraživanja na populaciji mladih muškaraca predstavlja dodatnu problematiku budući da se zaključci mogu izvoditi jedino na toj konkretnoj populaciji. Postoji potreba za istraživanjima posebice s osobama ženskog spola kao sudionicama kao i potreba distinkcije treniranog i netreniranog uzroka ispitanika.

Pregledom radova na temu optimalne doze kofeina za postizanje ergogenog učinka autori generalno u istraživanjima koriste relativne doze od 3 mg/kg do 9 mg/kg. Za optimalnu dozu kofeina u pogledu poboljšanja sportske izvedbe i u pogledu sigurnosti te odsustvu nuspojava autori preporučuju doze u rasponu 3–6 mg/kg kofeina (Grgic i sur., 2018), sa naglaskom da veće razine doza uzrokuju izrazitije nuspojave. Navedene podatke dokazuje rad Grgica i sur. (2019) kojim su tražili učinak raznih doza kofeina (2, 4 i 6 mg/kg). Ustanovili su značajnost u smislu poboljšanja izvedbe kod doza kofeina od 4 i 6 mg/kg. Iz navedenog za praktičnu primjenu optimalna relativna doza iznosila bi od 3 mg/kg do 6 mg/kg kofeina uz naglasak i oprez kod pojedinaca s visokim krvnim tlakom (Grgic i sur., 2018).

Dostupnost raznih oblika kofeinskih suplemenata dozvoljava kreiranje individualiziranih programa suplementacije svakog sportaša prema njegovim preferencijama i potrebama. Najčešće korišten oblik u istraživanjima je kofein u prahu što je i slučaj u ovom istraživanju. Prednost kofeina u prahu je njegova dostupnost, jednostavnost kontrole veličine doze te cijena. Kofein u obliku gela te kofeinske žvakaće gume također pronalaze prostor u radovima u kojima se istražuje utjecaj kofeina na razne segmente tjelesne izvedbe (Venier i sur., 2019a, 2019b). Kofein u obliku žvakaće gume predstavlja vrijedni potencijal za praktičnu primjenu zbog kratkog vremena apsorpcije i bržeg učinka. Navedenu tvrdnju podržava rad Veniera i sur. (2019a) gdje se koristila doza od 300 mg kofeina u obliku kofeinske žvakaće gume. Opis protokola se sastojao od korištenja žvakaće gume u vremenu

od 10 min neposredno nakon čega je uslijedila priprema i provedba testiranja. Nadalje, u praksi energetska pića koja sadržavaju kofein predstavljaju dodatnu vrijednu opciju, međutim, u istraživanjima dolazi do problema budući da nije moguće jasno izolirati učinkovitost kofeina od drugih tvari koje se tipično nalaze u takvim pićima (osim kofeina učestale sastavnice su taurin, vitamin B, šećer te ostali vitamini i minerali).

Kao ograničenja ovog istraživanja mogu se navesti činjenice da se uzorak ispitanika sastojao isključivo od muškaraca mlađe životne dobi, što znači da je potreban oprez pri generalizaciji rezultata na žene kao i na starije populacije. Također, ispitanici su bili trenirani pojedinci, međutim, ne i vrhunski sportaši pa i tu treba biti oprezan s generalizacijom rezultata na populacije sportaša natjecatelja. Konačno, nije mjerena razina kofeina u plazmi pa ostaje nejasno koliko se kofeina zaista apsorbiralo u tijelu svakog pojedinog sudionika istraživanja.

Kao praktične preporuke ovog istraživanja, na temelju rezultata, može se preporučiti konzumiranje 6 mg/kg kofeina u razmaku od 45-60 minuta prije početka treninga za akutno povećanje izvedbe brzine koncentričnog dijela pokreta u treningu s otporom, barem kad je izvedba vježbi koje uključuju gornji dio tijela u pitanju. Naravno, zbog značajnih inter-individualnih odstupanja u odgovoru na kofein, ponovo je potrebno spomenuti potrebu individualnog testiranja i provjeru učinaka za svakog pojedinca. Bitno je testirati optimalnu dozu, potrebno vrijeme konzumacije prije treninga odnosno natjecanja za optimalno djelovanje te oblik konzumiranog kofeina koji bi odgovarao svakome pojedincu. Kofein trenutno posjeduje značajnu ulogu u svijetu sportske suplementacije, međutim, provedbom ovakvih istraživanja on dobiva na dodatnoj važnosti i mogućnosti usmjerenije primjene.

6. ZAKLJUČAK

Konzumacijom 6 mg/kg kofeina prije treninga moguće je dobiti poboljšanje brzine pokreta u treningu s otporom, konkretno, kod izvedbe potiska s ravne klupe kod muške populacije s iskustvom u treningu s otporom. Ergogeni učinak kofeina bit će naglašeniji što je vanjsko opterećenje veće, tj. što su veći zahtjevi za generiranjem mišićne sile. Veliki broj istraživanja je dokazao akutni učinak kofeina na izvedbu u testovima raznih kondicijskih sposobnosti i daljnji korak bi predstavljao istraživanje utjecaje kofeina na dugoročne adaptacije pojedinih kondicijskih sposobnosti.

7. LITERATURA

- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-Lopez, M., & Jimenez, S. L. (2017). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*; 36(1), 64-70.
- Benardot, D. (2012). *Advanced Sports Nutrition*. Champaign: Human Kinetics.
- Davis, J. K., & Green, J. M. (2009). Caffeine and Anaerobic Performance Ergogenic Value and Mechanisms of Action. *Sports Medicine*, 813-832.
- Diaz-Lara, F. J., Del Coso, J., Garcia, J. M., Portillo, L. J., Areces, F., & Albian-Vicen, J. (2016). Caffeine Improves Muscular Performance in Elite Brazilian Jiu-jitsu Athletes. *European Journal of Sport Science*, 1079-1086.
- Duncan, M. J., & Oxford, S. W. (2011). The Effect of Caffeine Ingestion on Mood State and Bench Press Performance to Failure. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 178-185.
- Grgic, J. (2017). Caffeine ingestion enhances Wingate performance: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science*, 219-225.
- Grgic, J., & Mikulic, P. (2017). Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *European Journal of Sport Science*, 1029-1036.
- Grgic, J., Mikulić, P., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., & Pedisic, Z. (2018). The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sport Medicine*.
- Grgic, J., Sabol, F., Venier, S., Mikulic, I., Bratkovic, N., Schoenfeld, B. J., . . . Mikulic, P. (2019). What Dose of Caffeine to Use: Acute Effects of 3 Doses of Caffeine on Muscle Endurance and Strength. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-8.
- Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinica, B., & Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sport Nutrition*.

- Marcovitz, H. (2006). *Caffeine*. Lucent Books.
- Mitchell, D. C., Knight, C. A., Hockenberry, J., Teplansky, R., & Hartman, T. J. (2014, January). Beverage caffeine intakes in the U.S. *Food and Chemical Toxicology*, pp. 136-142.
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019a). Acute Enhancement of Jump Performance, Muscle Strength, and Power in Resistance-Trained Men After Consumption of Caffeinated Chewing Gum. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-7.
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019b). Caffeinated Gel Ingestion Enhances Jump Performance, Muscle Strength, and Power in Trained Men. *Nutrients*; 11(4), p. 937.
- Wilk, M., Filip, A., Krzysztofik, M., Gepfert, M., Zajac, A., & Del Coso, J. (2020). Acute Caffeine Intake Enhances Mean Power Output and Bar Velocity during the Bench Press Throw in Athletes Habituated to Caffeine. *Nutrients*.