

# Akutni učinak kofeina na izlaz snage u kompleksnom motoričkom zadatku

---

**Knežević, Antonio**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*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:117:489243>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-05**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva: magistar kineziologije u edukaciji i kineziterapija)

**Antonio Knežević**

**AKUTNI UČINAK KOFEINA NA IZLAZ SNAGE U  
KOMPLEKSNOM MOTORIČKOM ZADATKU**

Diplomski rad

**Mentor:**

**Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić**

Zagreb, srpanj, 2021.

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

Mentor:

---

Izv. prof. dr. sc. Pavle Mikulić

Student:

---

Antonio Knežević

## Akutni učinak kofeina na izlaz snage u kompleksnom motoričkom zadatku

### Sažetak

Cilj ovog randomiziranog, dvostruko slijepog, placebo kontroliranog istraživanja s ukriženim ustrojem bio je utvrditi akutni utjecaj kofeina na prosječni i vršni izlaz snage u testu na veslačkom ergometru kod ispitanika iskusnih u treningu sa otporom. Istraživanje je provedeno na uzorku od 25 muških ispitanika (dob (aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija)  $23 \pm 2,0$  godine, visina  $181,5 \pm 7,3$ , masa  $83,2 \pm 11,3$ ) koji su kroz 3 dolaska u laboratorij prošli upoznavanje sa testiranjem, te testiranje izvedbe nakon konzumacije 6 mg/kg placeba (dekstroza) ili 6 mg/kg kofeina. Zadatak ispitanika je bio izvesti šest zaveslaja s maksimalnim ulaganjem sile i brzine na veslačkom ergometru uz prethodno zagrijavanje. Varijable koje su proučavane bile su prosječni izlaz snage (prosjeak svih 6 maksimalnih zaveslaja) i vršni izlaz snage (najjači pojedinačni zaveslaj). U uvjetima konzumacije kofeina dobivena je statistički značajna razlika u vršnom izlazu snage u odnosu na placebo ( $p=0,02$ ) dok je za prosječni izlaz snage konzumacija kofeina u odnosu na konzumaciju placeba rezultirala ne postojanjem statistički značajne razlike ( $p=0,19$ ) iako se i tu u prosjeku postižu bolji rezultati. Zaključeno je kako kofein ima ergogeni učinak na vršni izlaz snage u kompleksnom motoričkom zadatku. Temeljem rezultata može se preporučiti konzumacija kofeina prije kratkotrajnih kompleksnih motoričkih zadataka u svrhu akutnih poboljšanja izvedbe, specifično, poboljšanja u izlazu snage.

**Ključne riječi:** kofein, vršni izlaz snage, prosječni izlaz snage veslački ergometar,

## **Acute caffeine effect on power output in a complex motor task**

### **Abstract**

The aim of this randomized, double-blind, placebo-controlled, cross sectional study was to determine the acute effects of caffeine on average and peak power output on a rowing ergometer in individuals experienced in resistance training. The study was conducted on a sample of 25 male subjects (age ( mean  $\pm$  standard deviation)  $23 \pm 2,0$  years, height  $181,5 \pm 7,3$ , weight  $83,2 \pm 11,3$ ) who were through 3 visits to the laboratory passed familiarization with testing, and performance testing after consumption of 6 mg / kg placebo (dextrose) or 6 mg / kg caffeine. The task of the respondents was to perform six "all-out" strokes on a rowing ergometer with pre-heating. Variables studied: average power output (average of all 6 strokes), peak power output (strongest single stroke). In the conditions of caffeine consumption, a statistically significant difference was obtained in the peak power output in relation to placebo ( $p = 0.02$ ), while for the average power output, caffeine consumption in relation to placebo consumption resulted in no statistically significant difference ( $p = 0,19$ ) although on average better results are achieved here as well. It was concluded that caffeine has an ergogenic effect on peak power output in a complex motor task. Based on the results, caffeine consumption may be recommended prior to a complex motor task for the purpose of acute improvements in performance.

**Key words:** caffeine, peak power output, average power output, rowing ergometer,

## Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1 Kofein kao sredstvo poboljšanja tjelesne izvedbe.....	1
1.2 Veslanje na veslačkom ergometru.....	4
2. Cilj istraživanja .....	5
3. Metode rada.....	6
3.1 Opis protokola istraživanja .....	6
3.2 Uzorak ispitanika .....	6
3.3 Opis testova.....	7
3.4 Metode obrade podataka.....	9
4. Rezultati .....	10
5. Rasprava.....	13
6. Zaključak.....	17
7. Literatura .....	18

# 1. Uvod

## *1.1 Kofein kao sredstvo poboljšanja tjelesne izvedbe*

Kofein se danas smatra jednim od najpopularnijih stimulansa na svijetu. Tome u prilog ide činjenica kako je u prošlom desetljeću značajno porasla konzumacija kofeina, trenutne brojke pokazuju da 85% Amerikanaca konzumiraju barem jedan kofeinski napitak dnevno (Mitchell, Knight, Hockenberry, Teplansky i Hartman, 2014). Konzumacija kofeina je veoma rasprostranjena među sportašima zbog svog pozitivnog učinka na poboljšanje performansi (Del Coso, Muñoz, i Muñoz-Guerra, 2011). Olimpijski odbor je također identificirao kofein kao bitan ergogeni faktor koji ima snažnu znanstvenu podlogu (Maughan i sur., 2018).

Dosadašnja istraživanja su bila usmjerena prema ispitivanju učinka kofeina tako da forma kofeina bude u obliku kapsule. Poznato je međutim da kofein u obliku žvaka se brže apsorbira kroz sluznicu, iako se ukupna apsorpcija kofeina ne razlikuje (Wickham i Spriet, 2018).

Graham (2001) u svom radu navodi kako je većina istraživača radila po konceptu da ispitanicima daju dozu kofeina u obliku kapsula, zatim odmaraju 60 minuta i nakon toga kreću s vježbanjem. Ovaj protokol se odabire zbog relativno brze apsorpcije kofeina, a koncentracija plazme doseže približno maksimalnu razinu nakon 60 minuta.

Mehanizam djelovanja kofeina je objašnjen na način da su percepciju napora i percepciju boli autori označili kao ključne mehanizme pozitivnog utjecaja kofeina na izvedbu kod treninga s vanjskim opterećenjem. Također, navedeni su dokazi da konzumacija kofeina u usporedbi s placebom može dovesti do povećanja proizvodnje testosterona i kortizola u treningu s opterećenjem. Međutim, s obzirom na to da su akutne promjene u razini hormona slabo povezane s obilježjima prilagodbe na vježbe otpora, poput hipertrofije i mišićne izdržljivosti, ovi su nalazi sumnjivog praktičnog značaja (Grgic, Mikulic, Schoenfeld, Bishop i Pedisic, 2019).

Grgic i sur. (2020) navode kako uključene meta-analize daju izvještaj o kofeinu i njegovom ergogenom učinku, ali da zapravo još uvijek nemaju odgovor na pitanje o optimalnoj dozi. Promatrana istraživanja su koristili istu dozu od 6 mg/kg.

Spriet (2014) navodi kako su u istraživanjima koja su provedena korištene umjerene do visoke doze (5 mg/kg – 13 mg/kg tjelesne mase). Takve doze uzrokuju snažne učinke kao odgovore na tjelesnu aktivnost na razini cijelog tijela, te pritom uzrokuju razne nuspojave. Autor navodi kako manje doze (<3 mg/kg) također imaju ergogeni učinak. Neke od prednosti su: ne narušava periferne reakcije tijela, poboljšava budnost, raspoloženje i kognitivne procese te izaziva mali broj nuspojave naspram većih doza (>3 mg/kg).

Grgic, Trexler, Lazinica i Pedisic (2018) su u vlastitoj meta analizi utvrdili kako kofein ima ergogeni učinak na jakost i mišićnu snagu. Autori rada zaključuju da kofein ima značajniji utjecaj na jakost mišića gornjeg dijela trupa naspram donjeg, te isto tako preporučuju da zbog generalizacije bi se trebalo napraviti istraživanja na ženskom spolu, te isto tako sa kofeinskim žvakama odnosno kofeinskim gelovima.

Mielgo i sur. (2019) u vlastitom preglednom radu prikazuju presjek istraživanja o utjecaju kofeina po spolu. Rezultati članaka prikazuju da nema statistički značajne razlike između ispitanika muškog i ženskog spola u pogledu aerobnih performansi. Međutim, ostatak članaka pokazuje da postoji značajno veći ergogeni utjecaj kofeina kod muškaraca naspram žena u vidu anaerobnih performansi.

Grgic i sur. (2019) u istraživanju su pokazali linearni trend između doze kofeina i njegovih učinaka na snagu gornjeg dijela tijela, ali nije dokazana jasna povezanost između doze kofeina i veličine ergogenog učinka na snagu donjeg dijela tijela i izdržljivost mišića. S praktičnog stajališta, veličina utjecaja kofeina na snagu je upitna. Niska doza kofeina (2 mg/kg) za osobu od 80 kg, može proizvesti značajna poboljšanja u izdržljivosti mišića donjeg dijela tijela slično onom postignuto upotrebom većih doza kofeina.

Carr, Dawson, Schneiker, Goodman, i Lav (2008) su proučavali utjecaj kofeina na sposobnost ponavljanih sprintova, vrijeme reakcije kod ispitanika koji dolaze iz timskih sportova. Utvrdili su da je u zadatku ponavljanih sprinteva ( 6 x 20 m, 5 serija) sportašima potrebno manje vremena za isti zadatak kada konzumiraju kofein naspram placeba. Zanimljivo je za dodati da su utvrdili kako kofeina nema pozitivnih učinaka na vrijeme reakcije, ali istovremeno ju ne pogoršava.



U ovom radu su autori dokazali da uslijed konzumacije kofeina u obliku žvaka (apsolutna doza kofeina od 300 mg) nakon perioda od 10 minuta postoji statistički značajno poboljšanje izvedbe vertikalnog skoka, izlaza snage na izokinetičkom uređaju, te snage cijelog tijela na veslačkom ergometru. (Venier, Grgic, i Mikulic, 2019a).

U ovom radu Boyett i sur. (2016) procjenjuju utjecaj kofeina (6 mg/kg) s obzirom na status treniranosti i dio dana u kojem je mjerenje provedeno. U istraživanju je sudjelovalo 20 muških ispitanika koji su zatim podijeljeni na netrenirane i trenirane sukladno vrijednostima primitka kisika. Prije same konzumacije kofeina i placebo imali su 4 eksperimentalna ispitivanja u vidu simulirane vožnje biciklom (3 km). Tijekom istraživanja, treninzi su provedeni nasumično (ujutro i navečer), te s kofeinom ili placebo. Rezultati su pokazali da obje grupe ispitanika postižu bolje rezultate ujutro, dok se pokazalo kako netrenirani ispitanici čak postižu bolje rezultate na večernjim testiranjima naspram treniranih pojedinaca. Generalni zaključak kojeg su autori utvrdili je da trenirani sportaši imaju veće ergogene učinke u jutarnjim satima, netrenirani ispitanici imaju veće koristi od kofeina u večernjima satima naspram treniranih ispitanika.

Venier, Grgic i Mikulic (2019b) su istražili utjecaj gela s kofeinom kod utreniranih ispitanika. Testirani su u uvjetima placebo i kofeina (300 mg apsolutna doza). Maksimalan izlaz snage na veslačkom ergometru je bio jedan od testova koji je bio proučavan, a veoma je bitan jer je isti postupak korišten u ovom diplomskom radu. Autori zaključuju kako konzumacija kofeina (gel) može značajno poboljšati izvedbu u svim provedenim testovima, uključujući i maksimalan izlaz snage na veslačkom ergometru.

Scott, O'Leary, Walker i Owen (2015) dokazuju da mala doza kofeina (1.3 mg/kg) u obliku izotoničnog ugljikohidratnog gela, 10 minuta prije nastupa, značajno poboljšava vrijeme u veslanju na 2000 metara ( $1.1\% \pm 1.7\%$ ). Istraživanje je provedeno na 13 ispitanika.

Christensen, Petersen, Friis i Bangsbo (2014). u vlastitom su istraživanju proveli na 12 elitnih veslača testirani na 6-minutnom testu. Utvrđeno je statistički značajno poboljšanje kada su veslači konzumirali kofein, odnosno kofein zajedno sa natrijevim bikarbonatom. Zanimljivo je za dodati da je utvrđeno da natrijev bikarbonat nema ergogeni učinak kao kofein, ali u isto vrijeme kada su u kombinaciji on ne poništava njegovo djelovanje.

## 1.2 Veslanje na veslačkom ergometru

Kompleksni motorički zadatak obuhvaća kretanje u više zglobova, te podrazumijeva aktivaciju, a samim time i međumišićnu koordinaciju većeg broja mišićnih skupina kako bih se ostvarila zadana kretna struktura. Sukladno navedenom, veslanje na veslačkom ergometru obuhvaća kompleksnu motoričku strukturu koja u dinamičkom režimu rada uključuje sve tjelesne regije (trup, rameni pojas i gornje ekstremitete, zdjelični pojas i donje ekstremitete).

Lamb (1989) u istraživanju vrši usporedbu veslanja na vodi i veslanja na ergometru kroz nekoliko kinematičkih varijabli. Istraživana hipoteza je da veslački ergometri zaista simuliraju stvarno veslanje. 30 ispitanika je sudjelovalo u istraživanju koji su snimljeni kako veslaju na vodi i na veslačkom ergometru. Kroz digitalizirane podatke i vektorske petlje utvrdilo se 5 kinematičkih varijabli koje su opisivale doprinos 5 segmenata tijela. Rezultati su pokazali da su se varijable podlaktice i nadlaktice razlikovale u 2 vrste veslanja. Te se razlike pripisuju zbog slučaja vađenja vesla iz vode i ponovnog spuštanja što kod ergometra izostaje. Unatoč navedenim razlikama na početku i završetku pogonske faze, većina kinematičkih varijabli je bila slična, posebice za noge i trup. Ergometar je posebice zanimljiv zbog navedenog istraživanja u kojem je zaključak da se prilikom vježbe na ergometru postiže gotovo identična aktivacija mišića kao u veslanju na vodi. Ovakva sprava uvelike pomaže u kondicijskoj pripremi veslača kada je moguće odraditi treninge bez odlaska na vodu jer npr. vremenski uvjeti ne dopuštaju.

Bazzucchi i sur. (2013) uspoređuju aktivnost mišića i kardio-respiratorni (otkucaji srca, ventilacija, potrošnja kisika) odgovor tijekom veslanja na ergometru i na vodi. Istraživanje je provedeno na 9 profesionalnih veslača koji su izveli test veslanja na 1000 m u dva uvjeta (veslanje na ergometru i na vodi). Elektromiografski signali su postavljeni na: *m. trapezius superior* (TRS), *m. latissimus dorsi* (LD), *m. biceps brachii* (BB), *m. rectus femoris* (RF), *m. vastus medialis* (VAM), *m. vastus lateralis* (VAL), *m. biceps femoris* (BF) i *m. tibialis anteriori* (TA). TRS, LD, BB, RF, VAM i VAL aktivacija mišića na vodi bila je niža od one izvan vode dok su kardio-respiratorni pokazatelji identični. Rezultati pokazuju da je za većinu analiziranih mišića aktivacija veća na ergometru, što ukazuje na moguću primjenu ergometra u trenažnom procesu.

## **2. Cilj istraživanja**

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi akutni utjecaj kofeina na prosječni i vršni izlaz snage na veslačkom ergometru kod osoba iskusnih u treningu s otporom.

### **3. Metode rada**

#### *3.1 Opis protokola istraživanja*

Ovo je randomizirano, dvostruko slijepo, placebo kontrolirano istraživanje s ukriženim ustrojem. Istraživanje je obuhvaćalo tri dolaska u laboratorij, gdje je prvi posjet predstavljao razgovor, rješavanje upitnika o učestalosti unosa hrane zbog procjene uobičajenog unosa kofeina (Bühler, Lachenmeier, Schlegel i Winkler, 2013), te upoznavanje s detaljima istraživanja i samim testom. Izvedba 6 tzv. "all-out" zaveslaja na veslačkom ergometru (Model D, Concept II, Inc., Morrisville, VT, USA) procijenjena je i validirana (Metikoš, Mikulić, Šarabon i Marković, 2015). U naredna dva posjeta, ispitanici su testirani u uvjetima uzimanja kofeina (6 mg/kg) i placeba (6 mg/kg dekstroze). Ispitanici su kofein i placebo konzumirali u obliku kapsula.

Svaki posjet i istraživanje u laboratoriju se odvijalo u jutro između 7:00 i 9:00 sati s preduvjetom da ispitanici dolaze natašte. Ispitanici su morali poštovati upute koje su dobili: održavanje svakodnevnih prehrambenih navika, uravnoteženi san, te izbjegavanje visoko intenzivne tjelesne aktivnosti. Tijekom prvog dana su upućeni o izbjegavanju konzumacije kofeina nakon 18:00 sati dan prije testiranja. Isto tako, ispitanici su dobili potrebne informacije o namirnicama koje sadržavaju kofein. Vremenski period između posjeta laboratoriju nije bio manji od 3 dana ni veći od 6 dana. Vrijeme od konzumacije kapsule do početka testiranja iznosilo je 60 minuta.

#### *3.2 Uzorak ispitanika*

Postavljeno je nekoliko uvjeta za odabir ispitanika:

- 1) zdravi muškarci u dobi od 18-45 godina,
- 2) bez ozljeda lokomotornog sustava u trenutku provedbe istraživanja,
- 3) iskustvo u treningu s otporom najmanje od 12 mjeseci,

Uzorak za istraživanje sastojao se od 25 ispitanika. Karakteristike ispitanika (deskriptivni pokazatelji) prikazane su u Tablici 1.

**Tablica 1.** Deskriptivni pokazatelji ispitanika (n=25)

<b>Varijabla</b>	<b>Aritmetička sredina ± Standardna devijacija (Min – Max)</b>
Dob (godine)	23,0 ± 2,0 (20,0 – 28,0)
Visina (centimetri)	181,5 ± 7,3 (171,7 – 204,0)
Masa (kilogrami)	83,2 ± 11,3 (67,3 – 113,2)

Povjerenstvo za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu dalo je etičko odobrenje za provedbu istraživanja. Svi ispitanici bili su upoznati s predmetom i ciljem istraživanja. Nakon što su ispitanici dobili pisanu obavijest o prednostima i rizicima te zahtjevima istraživanja, svojim su potpisom potvrdili dobrovoljno sudjelovanje.

### *3.3 Opis testova*

#### *Tjelesna visina*

Tjelesna visina je mjera longitudinalne dimenzionalnosti skeleta, koja je prema dosadašnjim tumačenjima odgovorna za rast kostiju u dužinu (Findak, Metikoš, Mraković i Neljak, 1996).

Pomagala: visinomjer i antropometar

Ispitanik stoji bos, u klasičnoj sportskoj odjeći u uspravnom položaju na ravnoj podlozi. Glava je u vodoravnom položaju s opuštenim ramenima. Antropometar je postavljen cijelom dužinom zadnje strane. Vodoravna prečka se spušta na tjeme i očitava se rezultat. Mogućnosti pogreške je  $\pm 0,5$  cm.

### *Tjelesna masa*

Tjelesna masa se tradicionalno smatra standardnim inventarom antropometrijskih mjera. (Findak i sur., 1996).

Pomagala: medicinska decimalna vaga

Vaga je postavljena na vodoravnoj podlozi. Ispitanik bos i u sportskoj odjeći stoji mirno na sredini vage u uspravnom položaju. Prilikom očitavanja rezultat može doći do pogreške od  $\pm 0,5$  kg.

### *Test vršnog izlaza snage na veslačkom ergometru*

Za procjenu snage mišića cijelog tijela (eng. whole-body power) korišten je test na veslačkom ergometru (Model D, Concept II, Inc., Morrisville, VT, USA). Za ovaj je test brojčanik za kontrolu otpora ergometra postavljen na najviši podesivi otpor.

Sudionici su prije početka testa dobili 5 minuta za zagrijavanje tijekom kojih su veslali vlastitim tempom. Tijekom testiranja nisu davane upute o ispravku potencijalno neispravne tehnike veslanja. Nakon početnog veslanja, uslijedilo je razdoblje dvominutnog odmora. Po isteku 2 minute, sudionici su izveli šest "uvodnih" zaveslaja, nakon kojih su slijedili šest zaveslaja s maksimalnim ulaganjem sile i brzine (tzv. "all-out" zaveslaji). Za tih šest zaveslaja sudionici su dobili uputu da veslaju što jače i što brže mogu. Ishod testa bio je vršna izlazna snaga, definirana kao najveći izlaz snage koja je proizvedena tijekom šest "all-out" zaveslaja (izraženo u Wattima), kao što je prikazano na monitoru ergometra Concept II. Ovaj test ima visoku pouzdanost ponovnog testiranja, a bio je i ranije validiran na skupini tjelesno aktivnih pojedinaca (Metikoš i sur. 2015).

Ishod testa je bio i prosječan izlaz snage, definiran aritmetičkom sredinom svih šest "all-out" zaveslaja. Vrijednosti su također bile prikazane na monitoru ergometra Concept II.

### *3.4 Metode obrade podataka*

Prilikom statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica 13.5, a za potrebe pisanja ovog rada korišteni su Microsoft Word i Excel koji su sadržajni dio paketa Microsoft Office-a. U Statistici se radila obrada podataka i izračunavanje traženih parametara pomoću deskriptivne statistike kojom je utvrđena aritmetička sredina, standardna devijacija, minimum i maksimum za pokazatelje vršne i prosječne snage u uvjetima uzimanja placebo i uvjetima uzimanja kofeina. Za utvrđivanje statističke značajnosti razlika u pokazateljima između dva eksperimentalna uvjeta, korišten je t-test za zavisne uzorke. Granica statističke značajnosti je postavljena na  $p < 0,05$ .

## 4. Rezultati

Utvrđena je statistički značajna razlika u uvjetima konzumacije kofeina naspram konzumacije placebo u varijabli vršni izlaz snage ( $p < 0,05$ ) u korist uvjeta kofeina. U varijabli prosječni izlaz snage nije utvrđena statistička značajnost razlika ( $p = 0,19$ ), ali je vidljivo da se i tu u prosjeku postižu bolji rezultati. Navedeni rezultati t-test analize za zavisne uzorke i deskriptivni pokazatelji za navedene varijable, prikazani su u Tablici 2.

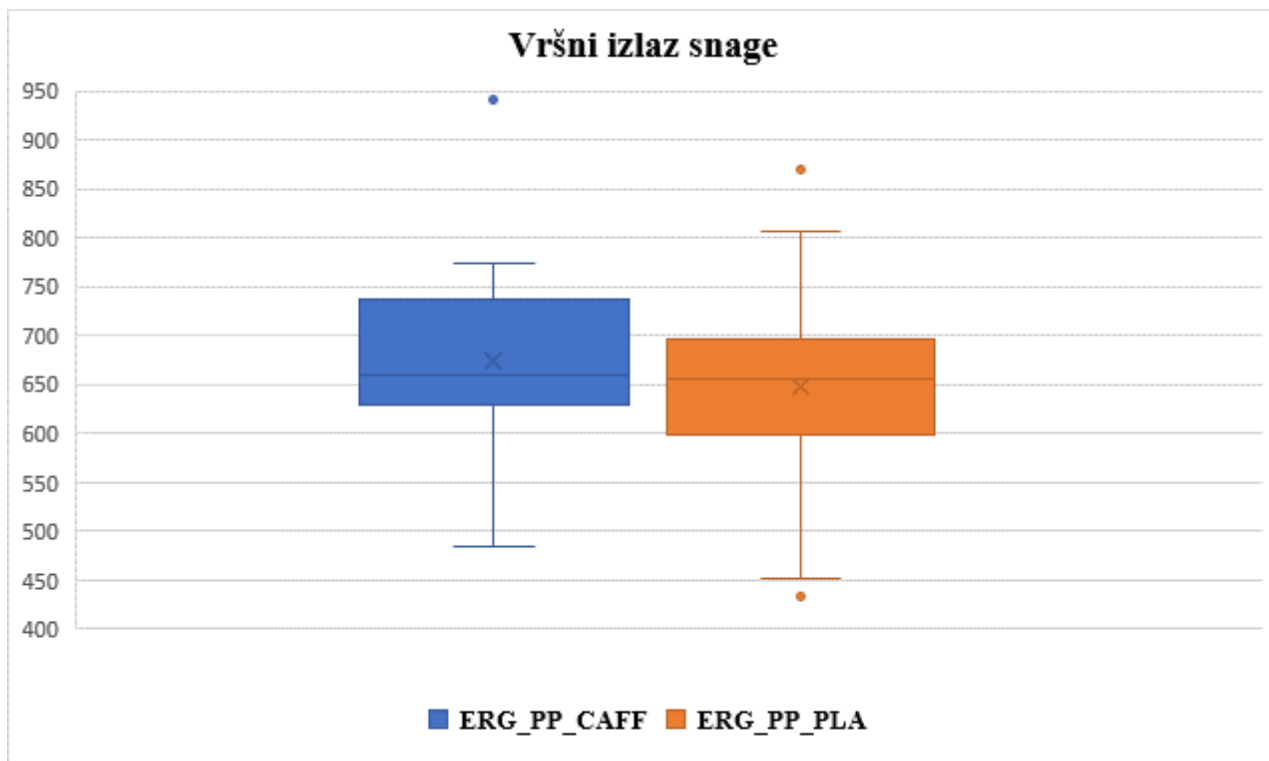
**Tablica 2.** Deskriptivni pokazatelji i rezultati statističke obrade podataka pri izvedbi testa na veslačkom ergometru.

Varijable	Konzumacija kofeina*	Konzumacija placebo*	p-vrijednost
Vršni izlaz snage (Watt)	668 ± 111	644 ± 111	0,02
Prosječni izlaz snage (Watt)	623 ± 99	609 ± 99	0,19

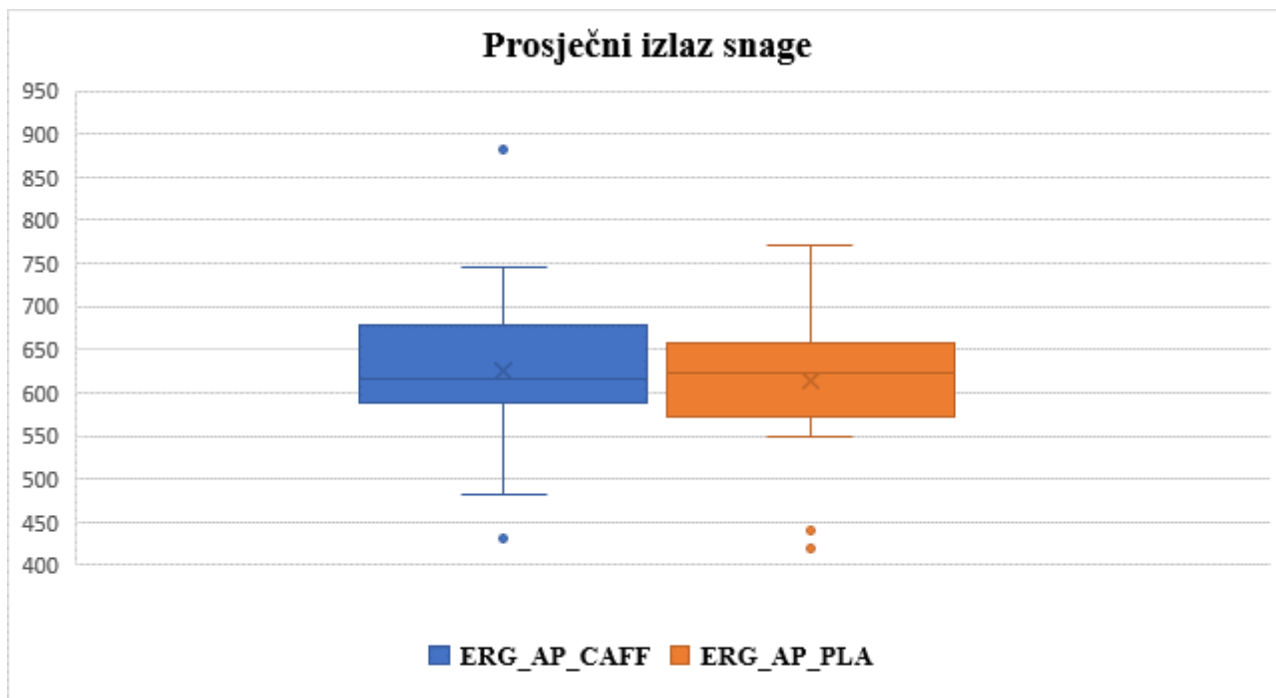
\*Rezultati su prikazani kao aritmetička sredina ± Standardna devijacija

Za bolju preglednost rezultati će biti prikazani u grafičkom obliku kroz Sliku.1 (vršni izlaz snage) i Sliku 2. (prosječni izlaz snage).





**Slika 1.** Grafički prikaz rezultata u testu vršnog izlaza snage (izlaz snage najjačeg pojedinačnog zaveslaja) s unosom kofeina (ERG\_PP\_CAFF) i unosom placeba (ERG\_PP\_PLA). Box&Whisker grafikon prikazuje medijan (označen sa x), granice donjeg i gornjeg kvartila (ispuna) koji označava raspon podataka u vrijednosti od 50% (uklonjena ¼ ekstremno visokih vrijednosti kao i ¼ ekstremno niskih vrijednosti skupa podataka), te minimalnu i maksimalnu vrijednosti (označene na najmanjim i najvišim vrijednostima po x-osi). Na y-osi je prikazana vrijednost snage (izražene u Watt-ima). Potvrđena je statistička značajnost razlika ( $p= 0,02$ ).



**Slika 2** . Grafički prikaz rezultata u testu prosječnog izlaza snage (prosječni izlaz snage u svih šest zaveslaja) s unosom kofeina (ERG\_AP\_CAFF) i unosom placeba (ERG\_AP\_PLA). Box&Whisker grafikon prikazuje medijan (označen sa x), granice donjeg i gornjeg kvartila (ispuna) koji označava raspon podataka u vrijednosti od 50% (uklonjena ¼ ekstremno visokih vrijednosti kao i ¼ ekstremno niskih vrijednosti skupa podataka), te minimalnu i maksimalnu vrijednosti (označene na najmanjim i najvišim vrijednostima po x-osi). Na y-osi je prikazana vrijednost snage (izražene u Watt-ima). Nije utvrđena statistička značajnost razlika ( $p= 0,19$ ).

## 5. Rasprava

U ovom radu istražen je akutni utjecaj kofeina na vršni i prosječni izlaz snage u kratkom, maksimalnom testu na veslačkom ergometru. U dva načina testiranja, ispitanici iskusni u treningu s otporom, konzumirali su 6 mg/kg kofeina ili placebo (6 mg/kg dekstroze). Rezultati pokazuju da ispitanici uslijed konzumacije kofeina postižu statistički značajno bolje rezultate u vršnom izlazu snage u kratkom testu na veslačkom ergometru, dok za prosječni izlaz snage značajnost razlika nije utvrđena. Ipak, uvidom u rezultate vidljivo je da se i tu postižu bolji rezultati, iako ne na razini statističke značajnosti.

Za analizu izvedbe na testu na veslačkom ergometru korištene su dvije varijable, vršni izlaz snage čija je visoka pouzdanost navedena u radu Metikoša i sur. (2015), dok je za potrebe ovog diplomskog rada korištena i varijabla prosječni izlaz snage. Prosječni izlaz snage u ovom testu na veslačkom ergometru utvrđuje se iz svih 6 maksimalnih zaveslaja, dok se u varijabli vršni izlaz snage u analizu uzima samo najveći pojedinačni izlaz snage tijekom 6 maksimalnih zaveslaja. Navedene varijable su korištene za procjenu snage cijelog tijela (eng. whole-body power). Razliku u statističkoj značajnosti između navedenih varijabli možemo pripisati ulaznim podacima u pojedinoj varijabli, konkretno za vršni izlaz snage imali smo samo jedan podatak (zaveslaj s najvećim izlazom snage) dok je za prosječni izlaz snage postojao veći broj podataka (izlaz snage kroz svih pojedinačnih 6 zaveslaja) koji su zatim svedeni na prosječnu vrijednost. Znajući da za računanje prosječne vrijednosti ulaze svi rezultati napravljeni u testu (izlaz snage iz svih 6 zaveslaja) realno je za očekivati da će takav rezultat biti srednja vrijednost što umanjuje utvrđivanje statističke značajnosti naspram varijable vršnog izlaza snage u kojemu se egzaktno gleda samo najveći izlaz snage te na njega ne utječu druge vrijednosti kao što je slučaj u prethodnom.

Glavni nalaz ovog istraživanja je da kofein ima akutni ergogeni učinak na izlaz snage u kratkotrajnom kompleksnom motoričkom zadatku maksimalnog intenziteta.

Potporu ovim rezultatima daju rezultati istraživanja koja su provedena s kofeinskim žvakama (300 mg apsolutna doza kofeina). U identičnom testu na veslačkom ergometru, Venier i sur. (2019a) su utvrdili statistički značajno poboljšanje rezultata u testu vršnog izlaza snage što

su nalazi slični nalazima ovog istraživanja. Isti autori (Venier i sur., 2019b) proveli su slično istraživanje, samo je doza kofeina (300 mg apsolutna doza) bila isporučena u obliku gela. Također su i u ovom istraživanju utvrđeni vrlo slični rezultati kao u istraživanju za potrebe diplomskog rada, tj. utvrđeno je statistički značajno poboljšanje rezultata u vršnom izlazu snage na veslačkom ergometru u uvjetima uzimanja kofeina naspram uvjeta uzimanja placeba.

Kada razmatramo mehanizme povoljnog utjecaja kofeina na tjelesnu izvedbu, Davis i Green (2009) su postavili hipotezu da kofein stimulira središnji živčani sustav. Kofein djeluje antagonistički na adenozične receptore, čime inhibira negativne učinke koje adenzin izaziva na neurotransmisiju, uzbuđenje i percepciju boli. Učinci kofeina također su rezultirali prigušenom percepcijom boli, te smanjenom percepcijom napora tijekom vježbanja. Ipak, točni mehanizmi djelovanja kofeina tek trebaju biti razjašnjeni.

Smanjenje percepcije boli i napora Grgić i sur. (2018) navode kao ključne mehanizme djelovanja kofeina kod primjene vanjskog opterećenja. Trenutno, najviše nedoumica u sportskoj znanosti postoji vezano uz možebitno smanjenu osjetljivost kofeina kod osoba koje su percipirane u literaturi kao osobe visoke habitualne konzumacije, te za taj podatak još nema kvalitetnih dokaza. Potrebno je osvrnuti se i na varijabilnost utjecaja kofeina kod različitih ispitanika. Prilikom istraživanja, razni parametri mogu utjecati na razliku u efikasnosti doze kofeina: antropometrijske karakteristike (dob, spol, masa tijela), relativna doza kofeina, oblik konzumacije kofeina (prah, gel, žvaka itd.), habitualna konzumacija kofeina. Efikasnost konzumacije kofeina ovisi o djelovanju organizma i cijelog niza kemijskih reakcija koje se odvijaju u njemu.

Osvrćući se na prethodnu hipotezu Wilk i sur. (2020) potvrdili su akutni utjecaj kofeina kod sportaša visoke habitualne konzumacije. Smatraju kako bi se veći učinak postigao kod osoba koje su percipirane kao osobe niske habitualne konzumacije kofeina. Ovo istraživanje je provedeno na muškim ispitanicima, te jako malo dokaza u literaturi postoji za ženski spol.

Doza kofeina korištena u najvećem broju istraživanja je 6 mg/kg ali još uvijek nema jednoznačnog odgovora u vidu optimalne doze kofeina (Grgić i sur., 2020). Sukladno rečenom, Spriet (2014) se u vlastitom radu dotaknuo malog broja istraživanja s malim dozama kofeina, odnosno tvrdi da male doze (<3 mg/kg), također imaju ergogeni učinak uz bitan aspekt

smanjenih nuspojava konzumacije kofeina. Problematiku prethodnog rada su obuhvatili Grgić i sur. (2019) te su utvrdili da s praktičnog stajališta čak i niska doza kofeina (2 mg/kg) za osobu od 80 kg može proizvesti značajna poboljšanja u izdržljivosti mišića donjeg dijela tijela slično kao i upotrebom većih doza.

Najčešći korišten oblik kofeina u istraživanju je u kapsulama, odnosno u prahu kao što je bio slučaj i u istraživanju za potrebe izrade ovog diplomskog rada. Također postoje i inačice u okviru kofeinskih gelova i žvaka što je obuhvaćeno u istraživanjima Veniera i sur. (2019a, 2019b). Istraživanje provedeno uz korištenje žvaka kao načina isporuke kofeina je hvale vrijedno zbog ekonomičnosti vremena, točnije kofeinu iz žvaka je potrebno kraće vremena za apsorpciju i istovremeno ima brži učinak. U konkretnom istraživanju je nakon 10-minutnog perioda po konzumaciji kofeinske žvake provedeno testiranje gdje su dokazani akutni pozitivni učinci kofeina na rezultate u nizu testova, uključujući i kratki test na veslačkom ergometru (Venier i sur., 2019a).

Ograničenja ovog istraživanja odnose se na slijedeće. Istraživanje je provedeno na muškim ispitanicima, pa je nemoguće generalizirati rezultate na ženski spol. Također se u ovom istraživanju radilo o treniranim pojedincima mlađe životne dobi što dovodi u pitanje mogućnost zaključivanja na populaciju srednje i starije životne dobi kao i, posebice, populaciju vrhunskih sportaša. Uz sva navedena ograničenja, javlja se i ograničenje po pitanju sprave na kojoj je proveden test. Veslanje na veslačkom ergometru zahtjeva određenu tehniku izvedbe, te je moguće da rezultati mogu u većoj mjeri nego u ostalim testovima ovisiti o adaptaciji i snalažljivosti ispitanika na izvedbu testa. Problematika koja se također javlja očituje se u vidu doze kofeina koja, iako prilagođena i ujednačena u odnosu na tjelesnu masu ispitanika, nije individualizirano napravljena sukladno njihovoj habitualnoj konzumaciji.

Prednosti istraživanja očituju se u mogućoj primjenjivosti u istraživanoj populaciji. Konkretno, populaciji osoba mlađe životne dobi iskusnih u treningu s otporom istraživanje može biti korisno jer sada imaju konkretan podatak: 60 min prije treninga konzumiranje kofeina (300 mg apsolutna doza) može imati akutni pozitivni učinak na izlaz snage u kratkotrajnom kompleksnom motoričkom zadatku.

Praktične preporuke koje se mogu dati na temelju ovog istraživanja su konzumacija kofeina 6 mg/kg u razmaku od 60 min prije početka treninga za akutno povećanje snage cijelog tijela, kada je u pitanju kompleksan motorički zadatak u kojemu je potrebno sinkronizirano manifestirati snagu gornjeg i donjeg dijela tijela kao i snagu trupa. Bitno je utvrditi optimalnu dozu za svakog pojedinca, oblik konzumiranog kofeina i potrebno vrijeme konzumacije prije treninga/odnosno natjecanja.

## 6. Zaključak

Konzumacijom kofeina (6 mg/kg) moguće je ostvariti akutan učinak poboljšanja snage u kratkotrajnom kompleksnom motoričkom zadatku maksimalnog intenziteta. Poboljšanje u vidu vršnog izlaza snage je značajno dok u prosječnom izlazu snage nije, ali je utvrđeno da se i tu u prosjeku postižu bolji rezultati (iako ne na razini statističke značajnosti). Osobe mlađe životne dobi iskusne u treningu s otporom mogu razmotriti uzimanje kofeina prije treninga, odnosno natjecanja u svrhu povećanja izlaza snage u kompleksnim motoričkim zadacima.

## 7. Literatura

- Bazzucchi, I., Sbriccoli, P., Nicolò, A., Passerini, A., Quinzi, F., Felici, F., i Sacchetti, M. (2013). Cardio-respiratory and electromyographic responses to ergometer and on-water rowing in elite rowers. *European journal of applied physiology*, 113(5), 1271-1277. doi: 10.1007/s00421-012-2550-2
- Boyett, J. C., Giersch, G. E., Womack, C. J., Saunders, M. J., Hughey, C. A., Daley, H. M., i Luden, N. D. (2016). Time of day and training status both impact the efficacy of caffeine for short duration cycling performance. *Nutrients*, 8(10), 639. doi: 10.3390/nu8100639
- Bühler, E., Lachenmeier, D. W., Schlegel, K., i Winkler, G. (2014). Development of a tool to assess the caffeine intake among teenagers and young adults. *Ernahrungs Umschau*, 61(4), 58-63. doi: 10.4455/eu.2014.011
- Carr, A., Dawson, B., Schneiker, K., Goodman, C., i Lay, B. (2008). Effect of caffeine supplementation on repeated sprint running performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 48(4), 472. Dostupno na <https://www.proquest.com/scholarly-journals/effect-caffeine-supplementation-on-repeated/docview/202677079/se-2?accountid=168605>
- Christensen, P. M., Petersen, M. H., Friis, S. N., i Bangsbo, J. (2014). Caffeine, but not bicarbonate, improves 6 min maximal performance in elite rowers. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1058-1063. doi: 10.1139/apnm-2013-0577
- Davis, J. K., i Green, J. M. (2009). Caffeine and anaerobic performance. *Sports Medicine*, 39(10), 813-832. doi: 10.2165/11317770-000000000-00000
- Del Coso, J., Muñoz, G., i Muñoz-Guerra, J. (2011). Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned



substances. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 36(4), 555-561. doi: 10.1139/h11-052

Graham, T. E. (2001). Caffeine and exercise. *Sports medicine*, 31(11), 785-807. doi: 10.2165/00007256-200131110-00002

Grgic, J., Grgic, I., Pickering, C., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., i Pedisic, Z. (2020). Wake up and smell the coffee: caffeine supplementation and exercise performance—an umbrella review of 21 published meta-analyses. *British journal of sports medicine*, 54(11), 681-688. doi: 10.1136/bjsports-2018-100278

Grgic, J., Mikulic, P., Schoenfeld, B. J., Bishop, D. J., i Pedisic, Z. (2019). The influence of caffeine supplementation on resistance exercise: a review. *Sports Medicine*, 49(1), 17-30. doi: 10.1007/s40279-018-0997-y

Grgic, J., Sabol, F., Venier, S., Mikulic, I., Bratkovic, N., Schoenfeld, B. J., ... i 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*, 15(4), 470-477. doi: 10.1123/ijsp.2019-0433

Grgic, J., Trexler, E. T., Lazineca, B., i Pedisic, Z. (2018). Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0216-0>

Lamb, D. H. (1989). A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *The American journal of sports medicine*, 17(3), 367-373. doi: 10.1177/036354658901700310

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., ... i Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British journal of sports medicine*, 52(7), 439–455. doi: 10.1136/bjsports-2018-099027

- Metikos, B., Mikulic, P., Sarabon, N., i Markovic, G. (2015). Peak power output test on a rowing ergometer: a methodological study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2919-2925. doi: 10.1519/JSC.0000000000000944
- Mielgo-Ayuso, J., Marques-Jiménez, D., Refoyo, I., Del Coso, J., León-Guereño, P., i Calleja-González, J. (2019). Effect of caffeine supplementation on sports performance based on differences between sexes: a systematic review. *Nutrients*, 11(10), 2313. doi: 10.3390/nu11102313
- Mitchell, D. C., Knight, C. A., Hockenberry, J., Teplansky, R., i Hartman, T. J. (2014). Beverage caffeine intakes in the US. *Food and Chemical Toxicology*, 63, 136-142. doi: 10.1016/j.fct.2013.10.042
- Mraković, M., Findak, V., Metikoš, D., i Neljak, B. (1996). Razvoj antropometrijskih obilježja učenika osnovnih i srednjih škola. *Napredak: časopis za pedagogijsku teoriju i praksu*, 137(1), 28-34. Dostupno na [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=371808](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=371808)
- Scott, A. T., O'Leary, T., Walker, S., i Owen, R. (2015). Improvement of 2000-m rowing performance with caffeinated carbohydrate-gel ingestion. *International journal of sports physiology and performance*, 10(4), 464-468. doi: 10.1123/ijsp.2014-0210
- Spriet, L. L. (2014). Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports medicine*, 44(2), 175-184. doi: 10.1007/s40279-014-0257-8
- Venier, S., Grgic, J., i 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. doi: 10.1123/ijsp.2019-0098
- Venier, S., Grgic, J., i Mikulic, P. (2019b). Caffeinated Gel Ingestion Enhances Jump Performance, Muscle Strength, and Power in Trained Men. *Nutrients*; 11(4), p. 937. doi: 10.3390/nu11040937
- Wickham, K. A., i Spriet, L. L. (2018). Administration of caffeine in alternate forms. *Sports Medicine*, 48(1), 79-91. doi: 10.1007/s40279-017-0848-2

Wilk, M., Filip, A., Krzysztofik, M., Gepfert, M., Zajac, A., i 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*, 12(2), 406. doi: 10.3390/nu12020406