

AKUTNI UČINCI PARACETAMOLA NA IZVEDBU U TRENINGU S OTPOROM KOD TJELESNO AKTIVNIH ŽENA

Arelić, Marieta

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:324699>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

Marieta Arelić

**AKUTNI UČINCI PARACETAMOLA NA
IZVEDBU U TRENINGU S OTPOROM KOD
TJELESNO AKTIVNIH ŽENA**

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 Kondicijska priprema sportaša

Vrsta studija: sveučilišni

Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij

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

Znanstveno područje: Društvene znanosti

Znanstveno polje: Kineziologija

Vrsta rada: znanstveno-istraživački rad

Naziv diplomskog rada: je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024. Dana 30. travnja 2024.

Mentor: Prof.dr.sc. Pavle Mikulić

Pomoć pri izradi: Bela Ščapec, univ.mag.cin

Akutni učinci paracetamola na izvedbu u treningu s otporom kod tjelesno aktivnih žena

Marieta Arelić, 0034085510

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

1. prof.dr.sc. *Pavle Mikulić* Predsjednik – mentor
2. dr.sc. *Jere Gulin* član
3. izv.prof.dr.sc. *Saša Vuk* član
4. izv.prof.dr.sc. *Cvita Gregov* zamjenski član

Broj etičkog odobrenja: 27/2023.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Zagreb

Faculty of Kinesiology

Horvacanski zavoj 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 April 30, 2024

Mentor: *Pavle Mikulić*, PhD,prof.

Tehncial support: *Bela Ščapec*, univ.mag.cin

Acute effects of paracetamol on resistance training performance in physically active women

Marieta Arelić, 0034085510

Thesis defence committee:

1. *Pavle Mikulić*, PhD,prof. chairperson – supervisor
2. *Jere Gulin*, PhD,prof. member
3. *Saša Vuk*, PhD, assoc. prof. member
4. *Cvita Gregov*, PhD, assoc. prof. substitute member

Ethics approval number: 27/2023.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Kinesiology,
Horvacanski zavoj 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:

upisati titulu, ime i prezime

Student:

upisati ime i prezime

AKUTNI UČINCI PARACETAMOLA NA IZVEDBU U TRENINGU S OTPOROM KOD TJELESNO AKTIVNIH ŽENA

Sažetak

Cilj ovog randomiziranog, dvostruko slijepog, placebo kontroliranog istraživanja s ukriženim ustrojem bio je utvrditi akutne učinke paracetamola na izvedbu u treningu s otporom kod tjelesno aktivnih žena. Uzorak je činilo 17 aktivnih žena (dob $25,1 \pm 2,7$ godina, visine: $166,6 \pm 4,9$ cm, mase $64,2 \pm 6,5$ kilograma) koje su prvim dolaskom u laboratorij bile upoznate sa samim detaljima istraživanja i testiranjem jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) u testu potisak s ravne klupe. Ispitanice su kroz preostala četiri dolaska u laboratorij dobile jedan od četiri moguća uvjeta testa, koji uključuju konzumaciju kofeina, paracetamola, kofeina + paracetamola te placeba. Nakon konzumacije uslijedilo je test ponavljanja testa potisak s ravne klupe do momentalnog mišićnog otkaza sa 75% 1RM. Rezultati ANOVA-e za ponavljana mjerenja bili su: za broj ponavljanja $F=1,67$, $p=0,19$; za prosječnu snagu $F=1,66$, $p=0,19$; za vršnu snagu $F=1,04$, $p=0,39$; za prosječnu brzinu $F=1,60$, $p=0,20$; za vršnu brzinu $F=1,45$, $p=0,24$. Prema navedenim rezultatima vidljivo je kako je u svim varijablama istraživanja $p>0,05$ što ukazuje da nema statistički značajne razlike niti u jednom od uvjeta istraživanja. Rezultati donekle iznenađuju i naglašavaju potrebu za daljnjim istraživanjima s različitim dozama, populacijama i varijablama ispitivanja kako bi se jasnije razumjeli potencijalni učinci ovih eksperimentalnih uvjeta u kontekstu treninga s otporom. Zaključeno je da paracetamol u konzumaciji 1500 mg nema statistički značajnog učinka u varijablama broja ponavljanja, prosječne i vršne brzine te prosječne i vršne snage u treningu s otporom kod tjelesno aktivnih žena.

Ključne riječi

Paracetamol, smanjenje boli, hormonalne promjene, potisak s ravne klupe, brzina, snaga

ACUTE EFFECTS OF PARACETAMOL ON RESISTANCE TRAINING PERFORMANCE IN PHYSICALLY ACTIVE WOMEN

Abstract

The aim of this randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study was to determine the acute effects of paracetamol on resistance training performance in physically active women. The sample consisted of 17 active women (age 25.1 ± 2.7 years, height: 166.6 ± 4.9 cm, weight: 64.2 ± 6.5 kilograms), who, during their first visit to the laboratory, were informed about the study details and performed a one-repetition maximum (1RM) test on the bench press. During the remaining four visits to the laboratory, participants were given one of four possible test conditions, which included the consumption of caffeine, paracetamol, caffeine + paracetamol, or placebo. The results showed no statistically significant difference between the conditions in relation to any of the study variables. The number of repetitions performed at 75% 1RM was $F=1.67$, $p=0.19$; the mean power during the movement was $F=1.66$, $p=0.19$; and peak power was $F=1.04$, $p=0.39$. Regarding movement speed, the mean speed was $F=1.60$, $p=0.20$, and the peak speed result was $F=1.45$, $p=0.24$. According to these results, it is evident that in all study variables, $p>0.05$, indicating no statistically significant difference in any of the study conditions. The findings highlight the need for further research with different doses, populations, and study variables to better understand the potential effects of these experimental conditions in the context of resistance training. It was concluded that paracetamol consumption at 1500 mg does not have a statistically significant effect on resistance training performance in active women.

Key words: paracetamol, pain reduction, hormonal changes, bench press, speed, strength

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	6
3. METODE ISTRAŽIVANJA.....	7
4. REZULTATI.....	10
5. RASPRAVA	18
6. ZAKLJUČAK.....	21
7. LITERATURA.....	22

1. UVOD

Trening s otporom (engl. resistance training) je oblik tjelesne aktivnosti koji uključuje generiranje mišićne sile s ciljem savladavanja otpora u obliku slobodnih utega, trenažera, elastičnih traka ili pak vlastite tjelesne mase. Jedan od glavnih ciljeva treninga s otporom je potaknuti adaptacije u mišićnom sustavu, uključujući povećanje mišićne mase, jakosti i snage (Fleck i Kraemer, 2014). Nakon intenzivne tjelesne aktivnosti, posebice one koja uključuje ekscentrične akcije mišića dolazi do „upale mišića“ tj. odgođene mišićne boli (engl. delayed onset muscle soreness - DOMS). To je dio procesa prilagodbe mišića na stres izazvan vježbanjem. DOMS obično počinje 12 do 24 sata nakon vježbanja, dostiže vrhunac između 24 i 72 sata, a zatim postupno nestaje. Ovo stanje karakterizira bol, ukočenost, smanjena snaga i otežana pokretljivost mišića (Connolly i suradnici, 2003). Iako točan mehanizam nastanka DOMS-a nije u potpunosti razjašnjen, vjeruje se da je rezultat mikrotrauma mišićnih vlakana i vezivnog tkiva, što dovodi do upalne reakcije (Cheung i suradnici, 2003).

Paracetamol (acetaminofen) je analgetik i antipiretik koji se često koristi bez recepta za kojega se pokazalo da može poboljšati izvedbu vježbanja kroz smanjenje uočene boli. Obzirom na to da se akutna mišićna bol događa tijekom treninga s otporom sposobnost sportaša da tolerira bol može biti važan čimbenik u njegovoj izvedbi. Dokazano je da NSAID (eng. nonsteroidal anti-inflammatory drugs), nesteroidni protuupalni lijekovi i paracetamol inhibiraju aktivnost ciklooksigenaze (COX), čime se smanjuje sinteza prostaglandina (tvari odgovorne za prijenos signala boli), što bi moglo objasniti smanjeni anabolički odgovor na akutni stres tjelovježbe (Graham, 2013).

Pregledom literature pojavljuju se dokazi da bi paracetamol mogao poboljšati važne parametre izdržljivosti, ali vrlo je malo onih istraživanja koja su dokazala da paracetamol može poboljšati i aspekte neuromuskularne izvedbe. Prema istraživanju Morgana i suradnika (2019), akutni unos paracetamola nema značajan utjecaj na kontralateralni umor tijekom intenzivnog treninga jedne noge. Rezultati istraživanja upućuju da, iako paracetamol može pomoći u smanjenju percepcije boli tijekom vježbanja, njegovi učinci na neuromuskularnu izvedbu i kontralateralni umor su ograničeni. Prema novijem radu BenSalem i suradnika (2024), dokazan je utjecaj paracetamola i na kognitivne performanse. Cilj istraživanja bio je utvrditi može li paracetamol poboljšati fizičke i kognitivne sposobnosti u uvjetima visokog napora. Rezultati dobiveni istraživanjem sugeriraju da paracetamol može biti koristan dodatak u kontekstu sportskih

performansi, posebno u situacijama koje zahtijevaju visoku razinu koncentracije i ponavljajuće maksimalne napore.

Analgetski lijekovi vrlo su rasprostranjeni u sportskoj populaciji pa time dolazi do povećanog broja pitanja u vezi s učincima ovih lijekova na akutne učinke vježbanja i utjecaj na kronične prilagodbe treninga koji su ključni za dugoročni sportski razvoj. Dodatci prehrani mogu biti korisni za poboljšanje sportskih performansi, ali njihova učinkovitost ovisi o brojnim faktorima, uključujući interakcije s drugim dodacima, učinke ponovljene uporabe i individualne razlike među sportašima (Burke, 2017). Paracetamol u sportu, a posebno u treningu s otporom, je vrlo slabo istraživana tema te posljedično tome nema puno dokaza. Grgić (2022) je proveo meta-analizu vezanu uz nalaze o djelovanju paracetamola prema kojoj studije ukazuju na to da paracetamol može imati ergogene učinke na izdržljivost kada se uzima 45 do 60 minuta prije vježbanja u dozi od 1500mg. Grgić i Mikulić (2021) su proveli meta-analizu od ukupno deset randomiziranih, dvostruko slijepih istraživanja u kojoj dolaze do zaključaka da nema značajne razlike između učinaka placeba i paracetamola na izvedbu izdržljivosti. Istraživanjem Grgića i Mikulića (2021) je pronađen ergogeni učinak kada su u obzir uzete studije koje su paracetamol davale 45-60 minuta prije početka vježbanja. Isto tako nije bilo značajne razlike između placeba i paracetamola u analizi podskupina koje su bile usmjerene na vremenske testove. Rezultati meta-analize Grgića i Mikulića (2021) doveli su do zaključka kako uzimanje paracetamola poboljšava izvedbu u testovima izdržljivosti na način da odgađa vrijeme početka iscrpljenosti.

Kada je riječ o sportovima izdržljivosti i brzine Garcin i suradnici (2005) proveli su istraživanje o primjeni paracetamola na mlade sportaše. U istraživanju je sudjelovalo sto četrdeset i jedan mladi sportaš, od kojega su osamdeset i šest činili muškarci te pedeset i pet žene. Sportaši su predstavljali sportove izdržljivosti (trčanje i biciklizam), brzine (sprinteri), te kombinacije tih sposobnosti (rukomet). Trenirali su tri do pet puta tjedno barem osam godina. Kontrolna grupa sadržavala je osamdeset i devet mladih adolescenata (četrdeset i dva muškarca i četrdeset i sedam žena) koji su se bavili tjelesnom aktivnošću samo na satu tjelesne i zdravstvene kulture koja je trajala manje od 4 sata tjedno. Studija je trajala tri mjeseca (siječanj - ožujak). Od ukupno dvjesto dvadeset ispitanika, dvjesto dvanaest pristalo je na kraju dati uzorak urina. Uočeno je kako paracetamol više koriste mladi sportaši od kontrolne skupine, sa izraženijim razlikama kod sprintera i biciklista. Jedan od razloga za korištenje paracetamola je da se smanji bol uzrokovana prijašnjim treningom, a drugi se odnosi na prevenciju boli koja bi mogla uslijediti nakon sljedećeg intenzivnog treninga.

Studiju koja je za cilj istraživanja nastojala utvrditi može li paracetamol poboljšati izvedbu smanjenjem percepcije boli tijekom anaerobnih vježbi, proveli su Foster i suradnici (2014). U istraživanju sudjelovalo je dvanaest muškaraca koji su prije provođenja testova biciklističkih sprintova uzimali paracetamol ili placebo. Rezultati su pokazali pozitivan učinak paracetamola u ukupnoj izvedbi sprintova uz smanjenu percepciju boli u usporedbi s placebom. Prema tome, iz istraživanja Foresta i suradnika (2014) može se zaključiti kako paracetamol može biti učinkovit u poboljšanju kratkotrajnih, visoko intenzivnih sportskih disciplina.

Kada se nameće pitanje smanjenja percepcije boli kao jedne od glavnih karakteristika paracetamola, Mauger je sa suradnicima (2010) proveo istraživanje o utjecaju paracetamola na performanse tijekom biciklističkog testa izdržljivosti. U istraživanju je sudjelovalo trinaest muškaraca koji su prije izvođenja desetokilometarskog biciklističkog vremenskog testa (eng. time trial) nasumično konzumirali paracetamol ili placebo. Ispitanici koji su dobili paracetamol prijavili su nižu razinu percepcije boli u odnosu na ispitanike koji su dobili placebo, te su značajno poboljšali vrijeme potrebno za završetak testa. Prema tome, može se zaključiti kako upravo smanjena percepcija boli uvelike može doprinijeti poboljšanju sportske izvedbe.

Trappe, T. A., i suradnici (2002) proveli su istraživanje o učinku ibuprofena i paracetamola na sintezu mišićnih proteina i bol nakon ekscentričnih vježbi s otporom. U istraživanju sudjelovalo je dvadeset i četiri muškarca prosječne dobi dvadeset i pet godina koji su podijeljeni u tri grupe. Jedna grupa konzumirala je ibuprofen 1200mg dnevno, druga grupa koristila je paracetamol 4000mg dnevno, dok je treća grupa dobila placebo. Lijek su popili nakon deset do četrnaest serija od deset ekscentričnih ponavljanja na 120% koncentričnog 1RM ekstenzora koljena. Niti jedan lijek nije imao nikakav utjecaj na razgradnju proteina u cijelom tijelu, mjereno brzinom djelovanja fenilalanina na kreatin kinazu u serumu ili na procjenu bolnosti mišića u usporedbi s placebom.

Akutno uzimanje paracetamola produljuje vrijeme do iscrpljenosti tijekom vježbanja za vrijeme visokih temperatura okoline je hipoteza koji su postavili Mauger i suradnici (2014). U ovom randomiziranom, dvostruko slijepom istraživanju jedanaest rekreativno aktivnih osoba završilo je dva eksperimentalna ispitivanja vremena do iscrpljenosti na biciklergometru u vrućim uvjetima (30°C, 50% relativne vlažnosti) nakon uzimanja placeba ili oralne doze acetaminofena. Rezultati pokazuju kako je akutna doza paracetamola omogućila sudionicima da čak u prosjeku četiri minute duže voze bicikl (+17%). Ova otkrića sugeriraju da paracetamol može smanjiti toplinski izazov vježbanja u uvjetima visoke temperature.

Nadalje, Tallent i suradnici (2012) proveli su istraživanje o učincima kofeina i paracetamola na neuromuskularnu funkciju. Cilj ovog istraživanja bila je usporedba dva vrlo česta suplementa koja se koriste u području sporta za poboljšanje sportskih performansi. U istraživanju je sudjelovalo dvadeset aktivnih muških ispitanika, koji su prije provođenja testova koji uključuju maksimalnu voljnu kontrakciju i ponavljajuću stimulaciju mišića, nasumično konzumirali kofein, paracetamol ili placebo. Nalazi istraživanja pokazali su da kofein značajno povećava mišićnu snagu i smanjuje osjećaj umora, dok je paracetamol pokazao učinak na smanjenje percepcije boli. Međutim, u usporedbi s placebom, paracetamol nije značajno utjecao na samu neuromuskularnu funkciju. Istraživanje Tallenta i suradnika (2012) svakako pruža uvid u koristi, ali i ograničenja korištenja ovih sredstava u sportu.

Mauger i Hopker (2013) proveli su istraživanje čiji je cilj bio razumjeti kako paracetamol djeluje na percepciju boli, posebice one izazvane stimulacijom mozga, te kako to može utjecati na izvedbu u sportu. U istraživanju je sudjelovalo deset aktivnih muških ispitanika koji su slučajnim odabirom primali paracetamol ili placebo prije provođenja testova stimulacije. Ispitivanje je otkrilo da paracetamol značajno smanjuje percepciju mišićne boli izazvane kortikalnom stimulacijom u odnosu na placebo. Ispitanici koji su prijavili nižu razinu boli, bili su oni koji su dobili paracetamol, što upućuje na to da paracetamol može utjecati na središnji živčani sustav i smanjiti osjet boli koja potječe iz mišića.

Za razliku od paracetamola u sportu, kofein, suplement uklonjen s liste zabranjenih suplemenata 2004. godine od strane IOC-a (International Olympic Committee), dobro je istražena tema. Njegova popularnost među sportašima i rekreativcima proizlazi iz dokazanih sposobnosti povećanja budnosti, smanjenja osjećaja umora te poboljšanja fizičkih performansi, uključujući snagu, izdržljivost i eksplozivnost (Grgić, 2018). Kako bi sportaši prilagodili unos kofeina prema svojim potrebama i afinitetima, mogu birati unos istog kroz nekoliko različitih oblika. Najdostupniji oblik kofeina dolazi iz kave i energetskih napitaka, iako je količina kofeina u njima često varijabilna. Za precizniji unos, sportaši se često oslanjaju na kofeinske tablete, koje omogućuju točno doziranje bez unosa dodatnih kalorija i šećera. Kofeinske tablete obično počinju djelovati unutar 30 do 60 minuta nakon unosa kako bi se postigli optimalni ergogeni učinci. Kada je potrebna brza apsorpcija kofeina tijekom natjecanja ili treninga, sportaši u sportovima izdržljivosti preferiraju kofeinske gelove i žvakaće gume zbog njihove praktičnosti i učinkovitosti. Kofeinski gelovi, zbog svoje tekuće forme, obično počinju djelovati nešto brže od kofeinskih tableta. Učinci kofeina iz gelova obično se osjete unutar 10

do 20 minuta nakon unosa, a vrhunac koncentracije kofeina u krvi obično se postiže unutar 30 do 45 minuta.

Kofein djeluje prvenstveno kao antagonist adenozijskih receptora. Adenozin je neurotransmiter koji se veže na svoje receptore i potiče osjećaj umora i pospanosti. Blokiranjem ovih receptora, kofein smanjuje osjećaj umora i povećava budnost (Fredholm et al., 1999). Osim toga, kofein povećava otpuštanje neurotransmitera poput dopamina i noradrenalina, što dodatno poboljšava raspoloženje, koncentraciju i energiju (Nehlig, 2016). Na fiziološkoj razini, kofein može povećati mobilizaciju masnih kiselina iz masnog tkiva, čime tijelo može koristiti masnoće kao izvor energije što može biti posebno korisno tijekom dugotrajnih treninga s otporom gdje je cilj povećanje izdržljivosti i snage (Ramírez-Maldonado i suradnici, 2021).

Zbog svojih različitih mehanizama djelovanja, kofein i paracetamol nude komplementarne prednosti u sportu. Kofein poboljšava izvedbu povećanjem energije, dok paracetamol pomaže u ublažavanju boli, čime omogućuje sportašima održavanje intenziteta treninga bez ometanja boli. Zajedno, ovi spojevi predstavljaju zanimljiv potencijal za optimizaciju sportskih rezultata. Utjecaj paracetamola u području sporta generalno je slabo istraživana tema. Posebno se ta konstatacija odnosi na pitanje postoje li učinci na poboljšanje izvedbe u treningu s otporom te postoje li interakcijski učinci s drugim često korištenim suplementima u sportu (npr. kofein).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Kako, za razliku od kofeina, postoji vrlo malo dokaza o učincima paracetamola na izvedbu treninga s otporom, u ovom radu glavni je cilj ispitati akutne učinke paracetamola u treningu s otporom kod tjelesno aktivnih žena. Također, sekundarni cilj je ispitati učinak kombinacije kofeina i paracetamola kao i samostalnog kofeina na izvedbu u treningu s otporom. Trening s otporom bit će reprezentiran vježbom potisak s ravne klupe.

Hipoteze istraživanja su slijedeće:

H1: Paracetamol će akutno poboljšati izvedbu (pod vidom broja ponavljanja, vršne i prosječne brzine te vršne i prosječne snage) u vježbi potisak s ravne klupe

H2: Kofein će akutno poboljšati izvedbu (pod vidom broja ponavljanja, vršne i prosječne brzine te vršne i prosječne snage) u vježbi potisak s ravne klupe

H3: Paracetamol i kofein će akutno poboljšati izvedbu (pod vidom broja ponavljanja, vršne i prosječne brzine te vršne i prosječne snage) u vježbi potisak s ravne klupe

3. METODE ISTRAŽIVANJA

Opis protokola istraživanja

Istraživanje je retrospektivno napravljeno na podacima prethodno prikupljenim za potrebe izrade doktorskog rada doktorandice Bele Ščapec pod naslovom *Učinci izolirane i kombinirane konzumacije kofeina i paracetamola na mišićnu jakost i snagu, mišićnu i anaerobnu izdržljivost te na izvedbu skoka*. Kroz randomizirani, dvostruko slijepi, placebo kontrolirani eksperimentalni nacrt s ukriženim ustrojem (eng. crossover), ispitanice su posjetile Laboratorij za motoričku kontrolu i izvedbu pri Kineziološkom fakultetu u Zagrebu ukupno pet puta. Tijekom prvog posjeta upoznate su s detaljima istraživanja i testirane testom jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) u vježbi potisak s ravne klupe. Potom, ispitanice su nasumičnim redoslijedom testirane kroz četiri eksperimentalna uvjeta: (1) konzumacija kofeina, (2) konzumacija paracetamola, (3) konzumacija kofeina + paracetamola te (4) konzumacija placeba. Svako od 5 testiranja je provedeno u jutarnjim satima između 7 i 9 sati. Od ispitanica je zatraženo da 24 sata prije posjeta laboratoriju ne izvode nikakav naporan trening. Ispitanice su upućene da od hrane konzumiraju samo jednu bananu prije dolaska u laboratorij. Od tekućine dopuštena je bila konzumacija vode u količinama prema izboru ispitanica. Kofein, paracetamol i placebo (maltodextrin) prah izvagan je korištenjem visoko precizne vage i stavljen u želatinske kapsule jednakog izgleda za provedbu dvostruko slijepog dizajna. U kapsulama su nalazio kofein (3 mg/kg), paracetamol (1500 mg) ili placebo (1000 mg maltodextrin). Prilikom svakog dolaska u laboratorij, ispitanice su popile kapsulu 45 minuta prije početka testiranja.

Uzorak ispitanika

Kako bi ispitanice mogle sudjelovati u ovom istraživanju morale su ispuniti uvjete: a) zdrave žene starosti 18-45 godina, b) minimalno godina dana iskustva u treningu s otporom, c) sposobnost podizanja 60% svoje tjelesne mase u vježbi potisak s ravne klupe. Također su postojali kriteriji za isključenje iz eksperimenta poput bilo kakvih zdravstvenih ograničenja, kontraindikacije za unos kofeina i/ili paracetamola te ako su koristili anaboličke steroide. U istraživanju je sudjelovalo 17 aktivnih žena čije su karakteristike prikazane u Tablici 1.

Tablica 1. Deskriptivni pokazatelji ispitanica ($n=17$)

Varijabla	Aritmetička sredina \pm standardna devijacija
Dob (godine)	25,1 \pm 2,7
Visina (cm)	166,6 \pm 4,9
Masa (kg)	64,2 \pm 6,5

Prije početka testiranja svaka od ispitanica je potpisala obrazac za pristanak na uvjete istraživanja. Istraživanje za potrebe ovog rada je prihvaćeno od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024. dana 30. travnja 2024. Etičko odobrenje temelji se na ranijoj suglasnosti Povjerenstva za znanstveni rad i etiku za provedbu istraživanja doktorandice Bele Ščapec (datum suglasnosti 03. travnja 2023., broj dokumenta 27/2023).

Opis testa potisak s ravne klupe

Prije samog testiranja ispitanicama je savjetovano da se 10 minuta zagriju vježbama koje smatraju da im najviše odgovaraju. Također je savjetovano da prije svakog testiranja koriste isti način zagrijavanja kako bi uvjeti testiranja uvijek bili isti. Specifično zagrijavanje za testiranje potiska s ravne klupe izvodilo se koristeći praznu olimpijsku šipku težine dvadeset kilograma. Vježba je provedena u ležećem položaju na ravnoj klupi s pet točaka oslonca (glava, lopatice i gluteusi u kontaktu s klupom, te obje noge u kontaktu s tlom) tijekom cijele izvedbe pokreta. U ekscentričnom dijelu pokreta olimpijska šipka se trebala nalaziti na srednjem ili donjem dijelu prsnog mišića (lat. pectoralis). Završna faza pokreta ostvarena je kada bi ispitanice podignule olimpijsku šipku do potpune ekstenzije laktova. Ispitanicama je dana uputa da koncentričnu fazu pokreta izvode maksimalnim naporom i brzinom, dok ekscentričnu fazu pokreta izvode u trajanju 1-2 sekunde (bez pauze u najnižoj točki kretanja šipke). Vježba potisak s ravne klupe se izvodila na 75% od 1RM do trenutnog mišićnog otkaza, a varijable od interesa (broj ponavljanja, prosječna i vršna brzina te prosječna i vršna snaga pokreta) procijenjene su *Gymaware PowerTool* uređajem za mjerenje brzine izvedbe pokreta.

Opis testa jednog maksimalnog ponavljanja (1RM)

Test jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) je zlatni standard za procjenu maksimalne jakosti u treningu s otporom. Radi se o utvrđivanju individualnog maksimuma, odnosno 1 RM (lat. *repetitio maximum*), koji podrazumijeva onu masu utega koju sportaš može podići, tj. svladati kroz koncentrični dio pokreta samo jedanput (Milanović, 2013). Prilikom prvog dolaska u laboratorij, provedeno je testiranje jednog maksimalnog ponavljanja (1RM). Protokol je započeo na način da su se sudionice zagrijale deset minuta vježbama po vlastitom odabiru, nakon čega su upućene u određenu rutinu zagrijavanja sve do vlastitog 1 RM-a. Prvi dio zagrijavanja sadržavao je osam do deset ponavljanja s opterećenjem od dvadeset kilograma (prazna olimpijska šipka). Sljedeća tri serije zagrijavanja činilo je: (1) osam do deset ponavljanja s 50% procijenjenog 1 RM-a, (2) tri do šest ponavljanja sa 75% procijenjenog 1 RM-a, (3) jedno ponavljanje sa 95% procijenjenog 1 RM-a. Između svakog seta zagrijavanja, ispitanice su imale pauzu u trajanju od tri minute. Neuspješni pokušaj postizanja 1 RM-a smatrao se kada sudionica nije mogla dovršiti koncentrični dio ponavljanja. Sve vrijednosti jednog maksimalnog ponavljanja utvrđene su unutar 5 pokušaja.

Metoda obrade podataka

Po završetku mjerenja su svi prikupljeni podaci uneseni u Microsoft Excel tablicu te obrađeni u računalnom programu *Statistica*. Metoda izbora za statističku obradu podataka bila je ANOVA za ponavljana mjerenja. U ovom istraživanju ANOVU za ponavljana mjerenja koristili smo kako bi ispitali promjene u promatranim varijablama kod jedne (iste) skupine ispitanika u više vremenskih točaka, tj. kroz više eksperimentalnih uvjeta. Prag statističke značajnosti za sve analize postavljen je na razini $p < 0,05$.

4. REZULTATI

U prvom koraku izračunate su aritmetičke sredine i standardne devijacije za broj ponavljanja za izvedbu vježbe potisak s ravne klupe u sva četiri eksperimentalna uvjeta (konzumacija kofeina, konzumacija paracetamola, konzumacija kofeina i paracetamola te konzumacija placeba). Rezultati su prikazani u Tablici 2.

Tablica 2. Rezultati deskriptivne statistike broja ponavljanja u vježbi potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalne uvjete

VARIJABLE	BROJ ISPITANIKA	ARITMETIČKA SREDINA	MINIMUM	MAKSIMUM	RASPON	STANDARDNA DEVIJACIJA
CAF1	17	14,24	10,00	20,00	10,00	3,09
PAR1	17	13,29	8,00	19,00	11,00	2,80
C+P1	17	13,53	7,00	22,00	15,00	3,48
PLA1	17	12,94	8,00	19,00	11,00	3,13

CAF1 – kofein (1 serija), PAR1 – paracetamol (1 serija), C+P1 – kombinacija kofeina i paracetamola (1 serija),
PLA1 – placebo (1 serija)

Nadalje, primijenjena je ANOVA za ponavljana mjerenja čiji su rezultati prikazani u Tablici 3.

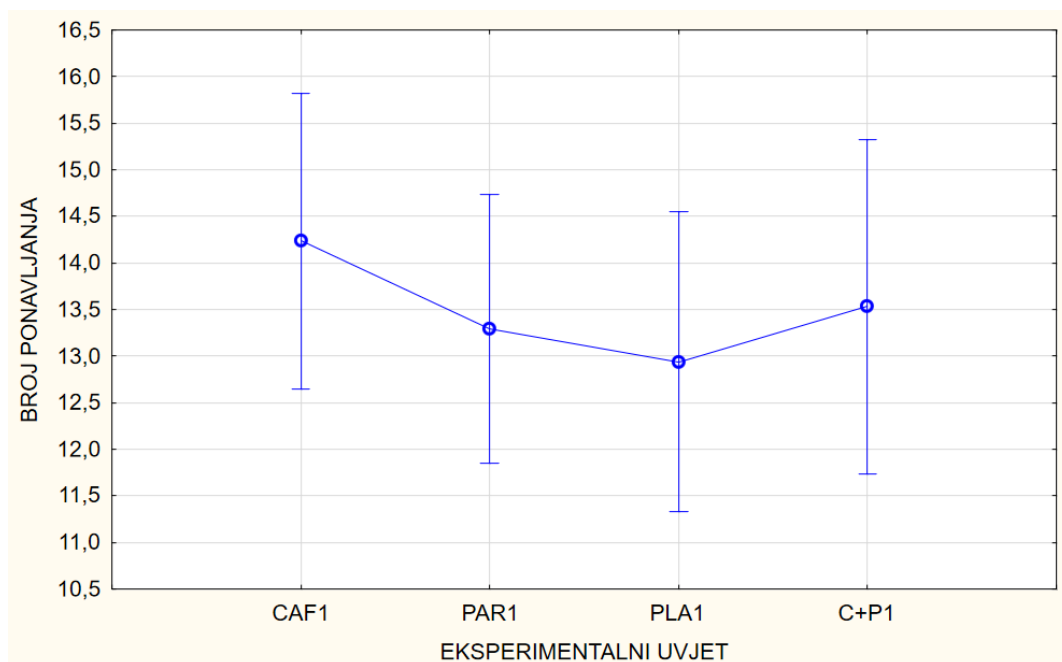
Tablica 3. Rezultati metode ANOVA za ponavljana mjerenja u usporedbi broja ponavljanja u vježbi potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet

	F	p
SUPLEMENT	1,67	0,19

p-statistička značajnost rezultata ($p < 0,05$)

Prilikom obrade podataka dobivena je vrijednost $p=0,19$ čime se zaključuje da nema statistički značajne razlike u broju ponavljanja s obzirom na eksperimentalni uvjet, tj. konzumirani suplement.

Za bolju preglednost, rezultati su prikazani u grafičkom obliku (Slika 1.), vrijednosti lijevo, broj ponavljanja, dok oznake dolje upućuju na suplement koji se primjenjivao. Rezultati pokazuju da je izvedba prilikom placebo najslabija, dok je uz neki od suplemenata vidljivo poboljšanje performansi. Iako postoji pozitivan trend u korist preostala tri eksperimentalna uvjeta u odnosu na placebo (konzumacije kofeina, konzumacije paracetamola, te konzumacije kofeina i paracetamola), rezultati ne dostižu prag statističke značajnosti.



Slika 1. Grafički prikaz broja ponavljanja vježbe potisak s ravne klupe s unosom eksperimentalnog uvjeta (X – OS – eksperimentalni uvjeti, Y – OS – broj ponavljanja)

Nadalje je testirana prosječna brzina (eng. mean velocity) izvođenja vježbe potisak s ravne klupe pri opterećenju 75% 1RM. Također je prije metode ANOVA za ponavljana mjerenja napravljena deskriptivna statistika rezultata prikazana u Tablici 4.

Tablica 4. Rezultati deskriptivne statistike srednje brzine (u m/s) u odnosu na eksperimentalni uvjet

VARIJABLE	BROJ ISPITANIKA	ARITMETIČKA SREDINA	MINIMUM	MAKSIMUM	RASPON	STANDARDNA DEVIJACIJA
CAF1_MV	17	0,36	0,24	0,52	0,28	0,07
PAR1_MV	17	0,33	0,26	0,42	0,16	0,05
PLA1_MV	17	0,35	0,25	0,54	0,29	0,06
C+P1_MV	17	0,35	0,22	0,48	0,26	0,06

CAF1_MV (kofein (1 serija) prosječna brzina), PAR1_MV (paracetamol (1 serija) prosječna brzina), PLA1_MV (placebo (1 serija) prosječna brzina), C+P1_MV (kofein + paracetamol (1 serija) prosječna brzina)

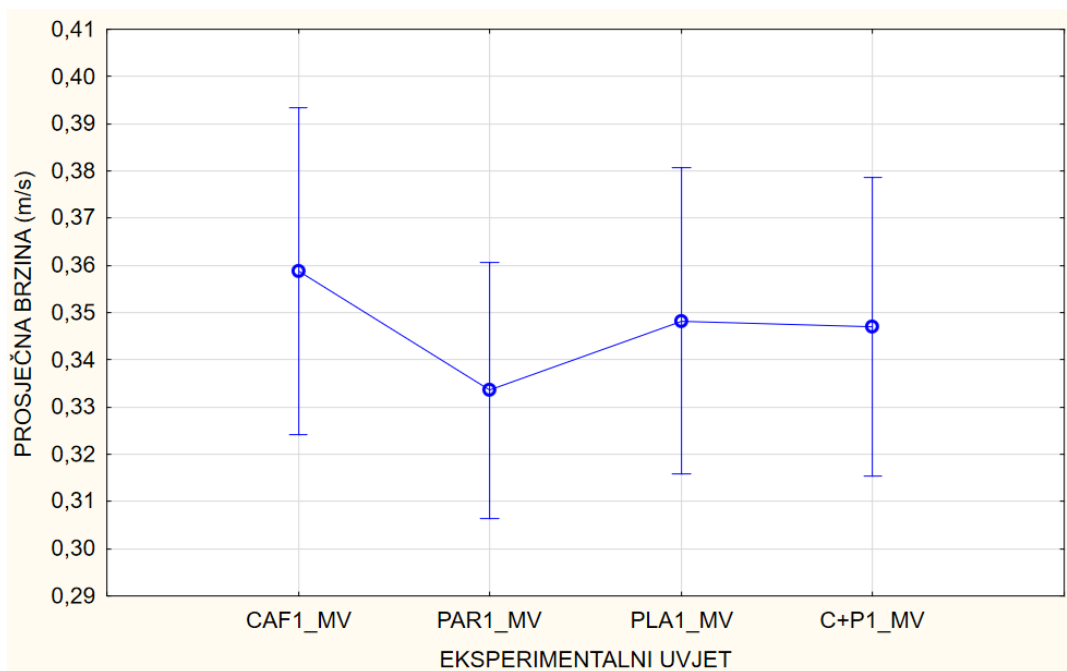
Rezultat aritmetičke sredine upućuje da nema statistički značajne razlike između eksperimentalnih uvjeta u vrijednostima prosječne brzine (m/s) šipke prilikom izvođenja vježbe potisak s ravne klupe, odnosno svaki od eksperimentalnih uvjeta slično je utjecao na zavisnu varijablu (prosječna brzina).

Tablica 5. Rezultati metode ANOVA za ponavljana mjerenja prosječne brzine u odnosu na eksperimentalni uvjet

	F	p
MV (prosječna brzina)	1,66	0,19

p – statistička značajnost rezultata ($p < 0,05$)

Slika 2. prikazuje srednje vrijednosti brzine izvođenja vježbe potisak s ravne klupe za različite eksperimentalne uvjete: kofein (CAF1_MV), paracetamol (PAR1_MV), placebo (PLA1_MV) i kombinacija kofeina i placeba (C+P1_MV). Na y-osi se nalazi prosječna brzina izvođenja vježbe, dok su na x-osi različiti eksperimentalni uvjeti. Iz Slike 2. vidljivo je kako je najveća prosječna brzina izvođenja pod utjecajem kofeina, ali budući da p-vrijednost nije statistički značajna, razlike između eksperimentalnih uvjeta nisu dovoljno izražene da bi se mogle smatrati značajnim.



Slika 2. Grafički prikaz prosječne brzine izvođenja vježbe potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet (X – OS – eksperimentalni uvjeti, Y – OS – prosječna brzina)

Nadalje je testirana vršna brzina (eng. peak velocity, u m/s) prilikom izvođenja vježbe potisak s ravne klupe u odnosu na uvjet istraživanja. U Tablici 6 prikazani su deskriptivni parametri koji su vrlo slični za sve eksperimentalne uvjete istraživanja.

Tablica 6. Rezultati deskriptivne statistike vršne brzine (u m/s) vježbe potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet.

VARIJABLE	BROJ ISPITANIKA	ARITMETIČKA SREDINA	MINIMUM	MAKSIMUM	RASPON	STANDARDNA DEVIJACIJA
CAF1_PV	17	0,53	0,35	0,74	0,39	0,10
PAR1_PV	17	0,51	0,35	0,72	0,37	0,09
PLA1_PV	17	0,53	0,38	0,72	0,34	0,09
C+P1_PV	17	0,53	0,33	0,67	0,34	0,10

CAF1_MV (kofein (1 serija) vršna brzina), PAR1_MV (paracetamol (1 serija) vršna brzina), PLA1_MV (placebo (1 serija) vršna brzina), C+P1_MV (kofein + paracetamol (1 serija) vršna brzina)

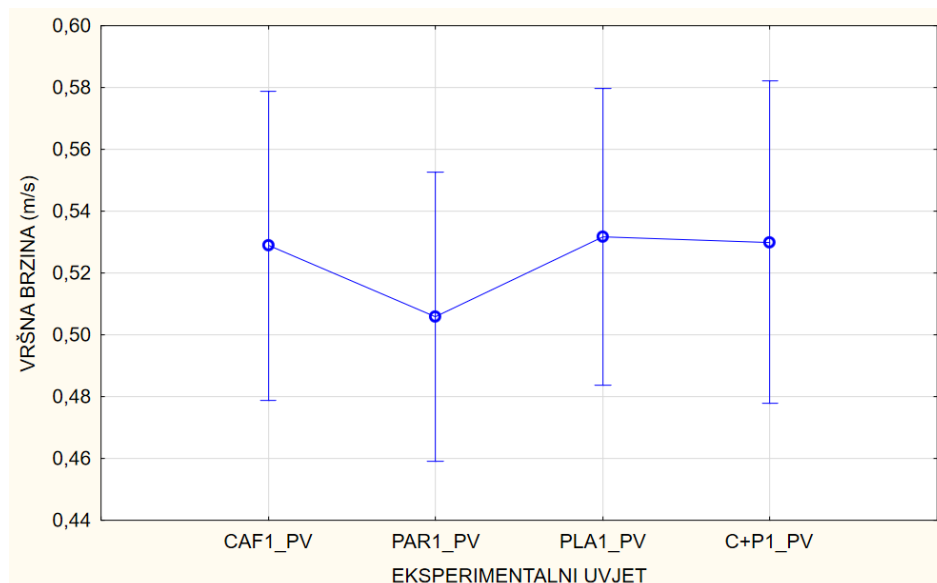
Metodom ANOVA za ponavljana mjerenja dobivene su vrijednosti $F=1,04$, $p=0,39$ (Tablica 7) čiji rezultat upućuje da ni u ovoj varijabli nema statistički značajne razlike između eksperimentalnih uvjeta prilikom mjerenja vršne brzine pokreta (m/s).

Tablica 7. Rezultati metode ANOVA za ponavljana mjerenja vršne brzine pokreta u vježbi potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet

EFEKTI	F	p
PV (vršna brzina)	1,04	0,39

p – statistička značajnost rezultata ($p < 0,05$)

Rezultati varijable vršne brzine (m/s) u odnosu na uvjet prikazane su grafičkim prikazom (Slika 3) iz kojega je vidljiva najveća vrijednost prilikom konzumacije placeba, međutim ona je zanemariva.



Slika 3. Grafički prikaz vrijednosti vršne brzine u odnosu na eksperimentalne uvjete istraživanja (X – OS – eksperimentalni uvjeti, Y – OS – vrijednosti vršne brzine)

U ovom istraživanju također je ispitivano kako pojedini eksperimentalni uvjet djeluje na izlaz snage pri izvođenju pokreta, pa su tako ispitanice testirane u varijablama prosječne i vršne

snage (W) u vježbi potisak s ravne klupe. U Tablici 8 prikazani su rezultati deskriptivne statistike varijable prosječne snage (eng. mean power, u W) u odnosu na eksperimentalne uvjete istraživanja.

Tablica 8. Rezultati deskriptivne statistike prosječne snage (u W) izvođenja vježbe potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet

VARIJABLE	BROJ ISPITANIKA	ARITMETIČKA SREDINA	MINIMUM	MAKSIMUM	RASPON	STANDARDNA DEVIJACIJA
CAF1_MP	17	131,81	86,58	207,40	120,82	33,35
PAR1_MP	17	122,98	81,08	174,54	93,46	27,68
PLA1_MP	17	127,75	91,76	184,11	92,35	29,47
C+P1_MP	17	128,26	64,94	214,02	149,08	34,00

CAF1_MP (kofein (1 serija) prosječna snaga), PAR1_MP (paracetamol (1 serija) prosječna snaga), PLA1_MP (placebo (1 serija) prosječna snaga), C+P1_MP (kofein + paracetamol (1 serija) prosječna snaga)

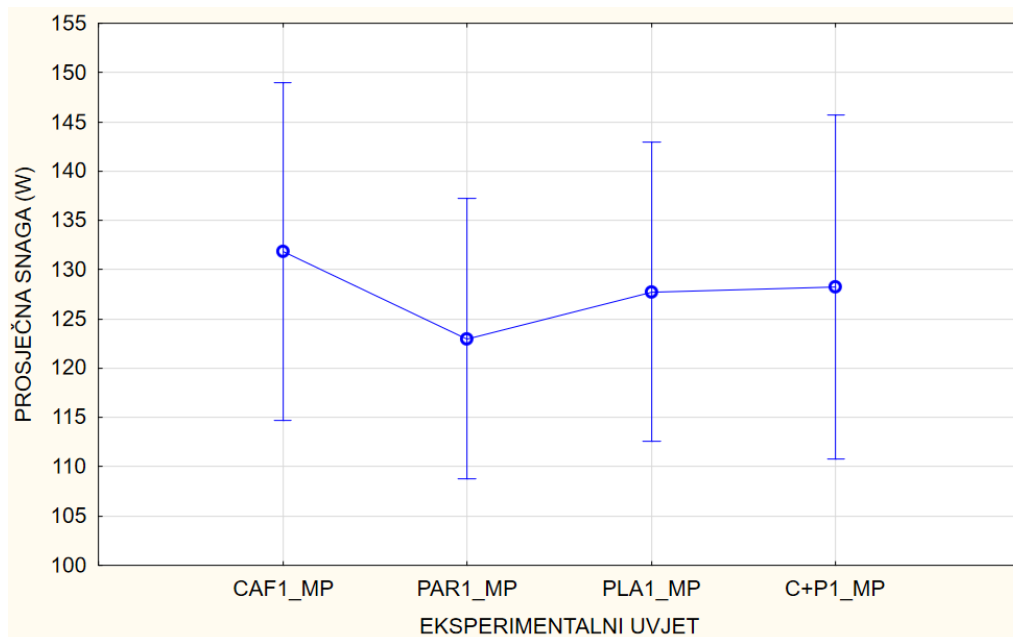
Tablica 9. Rezultati metode ANOVA za ponavljana mjerenja za prosječnu snagu pokreta u vježbi potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet

EFEKTI	F	p
MP (srednja snaga)	1,60	0,20

p – statistička značajnost rezultata ($p < 0,05$)

Vrijednosti metode ANOVA ponavljanih mjerenja su $F=1,60$, $p=0,20$ i upućuju da ni u ovoj varijabli nema statistički značajne razlike među uvjetima istraživanja.

Iz Slike 4 jasno je vidljiva najveća vrijednost prilikom konzumacije kofeina, međutim, ne dostiže prag statističke značajnosti.



Slika 4. Grafički prikaz prosječne snage u izvođenju vježbe potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet istraživanja (X – OS – eksperimentalni uvjet, Y – OS – prosječna snaga)

Kao posljednja varijabla u istraživanju ispitivana je vršna snaga (eng. peak power, u W) koja je također prvo analizirana kroz deskriptivnu statistiku vidljivu u Tablici 10.

Tablica 10. Rezultati deskriptivne statistike vršne snage (u W) u vježbi potisak s ravne klupe u odnosu na eksperimentalni uvjet istraživanja

VARIJABLE	BROJ ISPITANIKA	ARITMETIČKA SREDINA	MINIMUM	MAKSIMUM	RASPON	STANDARDNA DEVIJACIJA
CAF1_PP	17	215,32	122,52	411,12	288,60	69,82
PAR1_PP	17	204,71	124,73	401,31	276,32	69,53
PLA1_PP	17	219,50	135,52	410,84	275,32	75,12
C+P1_PP	17	218,96	98,90	450,41	351,51	79,56

CAF1_MP (kofein (1 serija) vršna snaga), PAR1_MP (paracetamol (1 serija) vršna snaga), PLA1_MP (placebo (1 serija) vršna snaga), C+P1_MP (kofein + paracetamol (1 serija) vršna snaga)

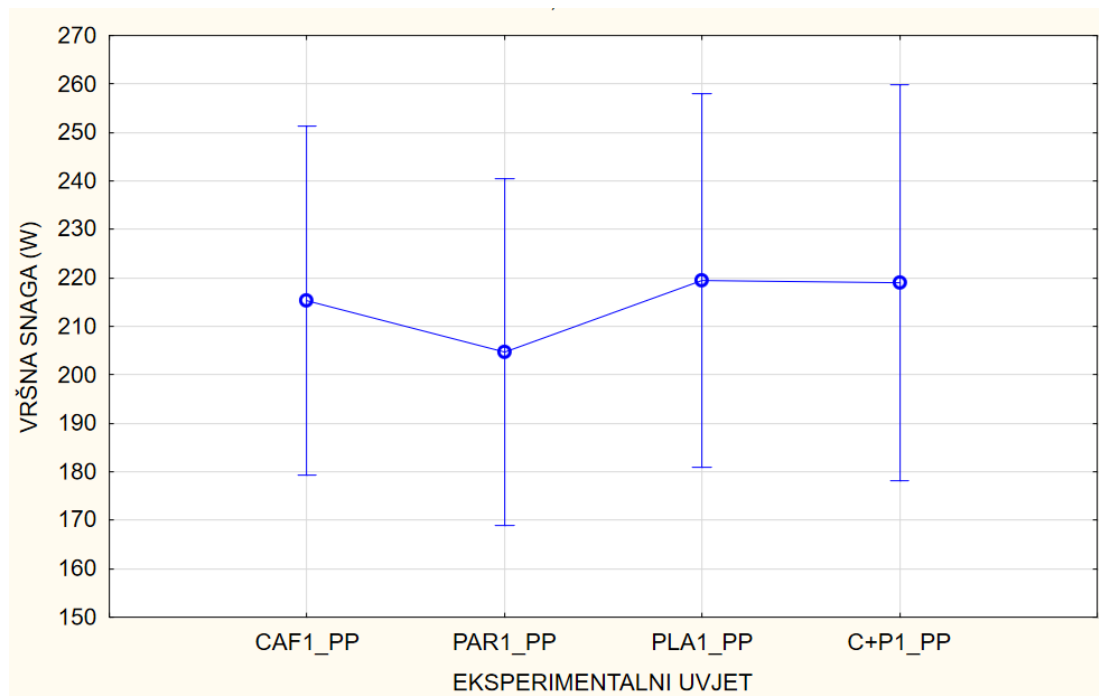
Dobiveni rezultati deskriptivne statistike nadalje su analizirani kroz metodu ANOVA za ponavljana mjerenja gdje su vrijednosti $F=1,45$ i $p=0,24$ (Tablica 11) iz kojih se zaključuje da ni u ovoj varijabli nema statistički značajne razlike između uvjeta istraživanja.

Tablica 11. Rezultati metode ANOVA za ponavljana mjerenja između vršne snage u vježbi potisak s ravne klupe i uvjeta istraživanja

EFEKTI	F	p
PP (vršna snaga)	1,45	0,24

p – statistička značajnost rezultata ($p < 0,05$)

Rezultati su također prikazani i kroz grafički prikaz (Slika 5) iz kojega je vidljivo da su vrijednosti skoro izjednačene između placebo i kombinacije kofeina i paracetamola u varijabli vršne snage prilikom izvođenja vježbe potisak s ravne kupe.



Slika 5. Grafički prikaz vršne snage u izvedbi vježbe potisak s ravne klupe u odnosu na uvjete istraživanja (X – OS – eksperimentalni uvjeti, Y – OS – vršna snaga)

5. RASPRAVA

U ovom istraživanju testiran je akutni utjecaj paracetamola na izvedbu u vježbi potisak s ravne klupe pri opterećenju 75% 1RM u tjelesno aktivnih žena iskusnih u treningu s otporom. U četiri uvjeta testiranja ispitanice iskusne u treningu s otporom konzumirale su kofein (3 mg/kg), paracetamol (1500 mg), placebo (1000 mg maltodextrin) ili kombinaciju kofeina i paracetamola. Varijable koje su se testirale u ovom istraživanju u vježbi potisak s ravne klupe sa 75% 1RM jesu broj ponavljanja, prosječna i vršna brzina, te prosječna i vršna snaga izvođenja pokreta. Protivno očekivanjima i dijelu prijašnjih istraživanja u kojima je dobiven ergogeni učinak kofeina i paracetamola, niti jedan od eksperimentalnih uvjeta (konzumacija kofeina, konzumacija paracetamola, te konzumacija kofeina i paracetamola) nije pokazao statistički značajan utjecaj niti na jednu od varijabli istraživanja (broj ponavljanja, prosječnu i vršnu brzinu, te prosječnu i vršnu snagu izvođenja pokreta). Sukladno tome, sve hipoteze istraživanja se odbacuju.

Pregledom dosadašnjih istraživanja vezanih uz temu utjecaja paracetamola na performanse u treningu može se utvrditi da postoji ograničen broj takvih istraživanja, a praktički ih nema u području treninga mišićne jakosti, snage i izdržljivosti. Lundberg i Howatson (2018) su u svom preglednom radu na temu zaključili da paracetamol može djelovati na smanjenu percepciju mišićne boli, iako su istraživanja navedena u preglednom radu generalno koristila paracetamol u puno većoj koncentraciji (4000 mg), u odnosu na ovo istraživanje (1500 mg). Konzumacija paracetamola u vrijednosti 4000 mg predstavlja gornju granicu dnevne preporučene doze za odrasle te može dovesti do neželjenih nuspojava. Kontinuirano uzimanje takvih doza može biti povezano s rizicima za zdravlje, uključujući oštećenje i zatajenje jetre (Morgan, 2013). Također istraživanje Maugera i suradnika (2014) u kojem su rezultati paracetamola bili pozitivni jest na treningu u uvjetima visoke temperature. Konzumacija paracetamola omogućila je sudionicima da u prosjeku četiri minute duže mogu trenirati, odnosno paracetamol je djelovao tako da je odgodio vrijeme do iscrpljenosti.

Paracetamol je analgetik i antipiretik što znači da djeluje na ublažavanje bolova i snižavanje temperature tako što inhibira proizvodnju prostaglandina u mozgu, ali ne djeluje na upalne procese u mišićima ili poboljšavanje mišićne funkcije (Foster, 2014). Prema tome paracetamol neće pomoći u povećanju snage, brzine kontrakcije mišića ili smanjenju umora tijekom vježbanja (Mauger, 2013). Budući da prostaglandini senzibiliziraju nociceptore, to znači da

acetaminofen ublažava bol podizanjem praga boli, odnosno, zahtijeva veći intenzitet boli prije nego što se ona osjeti (Mauger, 2013). Iako paracetamol može smanjiti osjećaj boli, to može biti kontraproduktivno za trening s otporom. Potiskivanje signala boli može dovesti do pretreniranosti ili ozljeda, što bi dugoročno moglo negativno utjecati na izvedbu. Prema tome, paracetamol nema direktan utjecaj na faktore koji doprinose poboljšanju izvedbe u treningu s otporom.

U teoriji, kofein i paracetamol mogli bi imati sinergijski učinak u sportu, s obzirom na to da kofein povećava energiju i smanjuje percepciju umora, dok paracetamol ublažava bol, omogućujući sportašima da održe visok intenzitet treninga. Međutim, zbog različitih mehanizama djelovanja ovih spojeva, njihovi učinci nisu komplementarni u dovoljnoj mjeri da bi se značajno poboljšale sportske performanse. Iako oba agensa mogu pružiti pojedinačne prednosti, njihova kombinacija ne rezultira sinergijom u kontekstu sportskih performansi, već djeluju u različitim smjerovima s ograničenim međusobnim djelovanjem.

Nedostatak statistički značajnih razlika između eksperimentalnih uvjeta može se možda djelomično objasniti i metodološkim čimbenicima. Naime, u istraživanju je veličina uzorka ipak relativno mala ($n=17$) što je, uz uvjet značajnih varijacija u odgovorima na suplementaciju između ispitanica, moglo utjecati na izostanak statističke značajnosti razlika između eksperimentalnih uvjeta. Veći uzorak mogao bi pružiti pouzdanije rezultate i povećati vjerojatnost otkrivanja učinaka suplementacije, tim više što se u pojedinim varijablama zaista vidi tendencija pozitivnih učinaka kofeina (očekivano), iako ne i paracetamola.

Paracetamol zbog fizioloških i hormonalnih razlika koje utječu na farmakokinetiku (kako tijelo apsorbira, distribuira, metabolizira i izlučuje lijek) drugačije djeluje na žene nego na muškarce. Žene imaju veći postotak tjelesne masti i niži postotak vode u tijelu u odnosu na muškarce i to može dovesti do sporijeg izlučivanja lijeka i viših koncentracija u krvi (Zucker & Prendergast, 2020). Hormonalne razlike vezane uz menstrualni ciklus, trudnoću ili korištenje oralnih kontraceptiva, mogu utjecati na aktivnost enzima koji razgrađuju lijekove, poput citokroma P450. Kod žena može doći do inhibicije ovih enzima zbog estrogena i progesterona, što može usporiti metabolizam paracetamola i povećati rizik od nuspojava (Rhoda Lee, 2009).

U istraživanju nisu ispitivane varijable poput subjektivne procjene opterećenja, razine boli ili hormonalnih odgovora. Kako su u istraživanju sudjelovale samo žene, moglo bi biti od koristi u budućim istraživanjima ispitati i vrijeme menstrualnog ciklusa. Hormonalne promjene za vrijeme različitih faza menstrualnog ciklusa svakako mogu utjecati na performanse u treningu

te percepciju napora. Prema Crnčan (2022), fizičke performanse variraju tijekom menstrualnog ciklusa, te su u lutealnoj fazi performanse nešto slabije zbog povišene razine progesterona, dok su u folikularnoj fazi, zbog povišene razine estrogena snaga i izdržljivost poboljšani. Uključivanje ove varijable u analizu moglo bi pružiti dublji uvid u učinke suplementacije i pomoći u razumijevanju potencijalnih varijacija u izvedbi tijekom različitih faza ciklusa.

Prednosti ovog istraživanja jesu korištenje dvostruko slijepog dizajna koje je uklonilo pristranost u procjeni učinka paracetamola u treningu s otporom. Istraživanje je obuhvatilo različite eksperimentalne uvjete (kofein, paracetamol, placebo) te njihove sinergijske učinke (kofein + paracetamol). Prilikom istraživanja se prije svega osigurala sigurnost ispitanica korištenjem doze eksperimentalnih uvjeta unutar sigurnosnih granica.

Ograničenja ovog istraživanja jesu ta da je istraživanje provedeno na malom uzorku aktivnih žena, što može ograničiti generalizaciju rezultata na širu populaciju. Isto tako ispitivan je samo akutni učinak paracetamola, tako da se ovi rezultati ne mogu primijeniti na sportaše koji svakodnevno konzumiraju paracetamol. Istraživanje je uključilo osnovne varijable kada je riječ o treningu s otporom (broj ponavljanja, snaga i brzina), dok se drugi aspekti (oporavak, hormonalni odgovori, subjektivni osjećaj opterećenja) nisu ispitivali.

Preporuka za buduća istraživanja vezana uz utjecaj paracetamola u treningu je uključivanje većeg broja sudionika, te da sudionici u istraživanju budu različitog spola, ali i različitih dobnih razlika kako bi se uočile veće razlike između uvjeta istraživanja. Isto tako ukoliko će se istraživanje provoditi samo na ženama, svakako bi u obzir trebalo uzeti hormonalne promjene za vrijeme menstrualnog ciklusa.

6. ZAKLJUČAK

Iako se paracetamol često koristi kao analgetik, njegov utjecaj na sportsku izvedbu, posebno u treningu s otporom, nije dovoljno istražen. Ovo istraživanje nastojalo je utvrditi ima li paracetamol ergogeni učinak u kontekstu treninga s otporom kod aktivnih žena. S obzirom na to da su kofein i paracetamol lako dostupni i široko korišteni, rezultati ovog istraživanja mogli bi pružiti vrijedne informacije za trenere i sportaše o tome kako najbolje optimizirati performanse tijekom treninga s otporom. Razumijevanje utjecaja tih sredstava na performanse također je važno za sprječavanje moguće zloupotrebe i minimiziranje rizika od nuspojava, posebno kod dugotrajne upotrebe ovih supstanci u sportskom okruženju.

Rezultati ovog istraživanja sugeriraju da, iako korištenje suplemenata poput kofeina i paracetamola mogu imati potencijalni ergogeni učinak, taj učinak nije dovoljno snažan kako bi se statistički potvrdila učinkovitost istih. Unatoč očekivanjima da bi paracetamol mogao pozitivno djelovati na performanse u treningu s otporom, ovim istraživanjem to nije dokazano. Zanimljivo je da kombinacija suplemenata, kofeina i paracetamola, također nije rezultirala boljim performansama pri izvedbi vježbe potisak s ravne klupe. Takvi nalazi ukazuju da sinergistički učinci ovih spojeva možda nisu dovoljni za poboljšanje snage i brzine izvedbe u treningu s otporom.

7. LITERATURA

- BenSalem, S., Salem, A., Boukhris, O., Taheri, M., Ammar, A., Souissi, N., Glenn, J., Trabelsi, K., Chtourou, H. (2024). Acute ingestion of acetaminophen improves cognitive and repeated high intensity short-term maximal performance in well-trained female athletes: a randomized placebo-controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05534-y>
- Burke, L. M. (2017). Practical issues in evidence-based use of performance supplements: supplement interactions, repeated use and individual responses. *Sports Medicine*, 47, 79-100. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0687-1>
- Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports medicine*, 33, 145-164. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00005>
- Connolly, D. A., Sayers, S. E., & Mchugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 197-208.
- Crnčan, D. (2022). *Sportska izvedba tijekom menstrualnog ciklusa* (diplomski rad). Kineziološki fakultet, Zagreb.
- Esh, C. J., Mauger, A. R., Palfreeman, R. A., Al-Janubi, H., & Taylor, L. (2017). Acetaminophen (paracetamol): use beyond pain management and dose variability. *Frontiers in physiology*, 8, 1092 <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01092>
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing resistance training programs*, 4E. Human Kinetics.
- Foster, J., Taylor, L., Christmas, B. C., Watkins, S. L., & Mauger, A. R. (2014). The influence of acetaminophen on repeated sprint cycling performance. *European journal of applied physiology*, 114,41-48.<https://doi.org/10.1007/s00421-013-2746-0>
- Fredholm, B. B., Bättig, K., Holmén, J., Nehlig, A., & Zvartau, E. E. (1999). Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacological reviews*, 51(1), 83-133.
- Garcin, M., Mille-Hamard, L., Billat, V., Imbenotte, M., Humbert, L., & Lhermitte, Z. (2005). Use of acetaminophen in young subelite athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(4), 604.
- Graham, G.G., Davies, M.J., Day, R.O., Mohamudally, A., & Scott, K.F. (2013). The modern pharmacology of paracetamol: therapeutic actions, mechanism of action, metabolism, toxicity and recent pharmacological findings. *Inflammopharmacology*, 21, 201-232.

- Grgic J. (2022). What is the Effect of Paracetamol (Acetaminophen) Ingestion on Exercise Performance? Current Findings and Future Research Directions. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(3), 431–439. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01633-4>
- Grgic, J., & Mikulic, P. (2021). Effects of paracetamol (acetaminophen) ingestion on endurance performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports*, 9(9), 126.
- Lundberg, T. R., & Howatson, G. (2018). Analgesic and anti-inflammatory drugs in sports: Implications for exercise performance and training adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2252-2262.
- Mauger, A.R., Taylor, L., Harding, C., Wright, B., Foster, J. and Castle, P.C. (2014), Acute acetaminophen (paracetamol) ingestion improves time to exhaustion during exercise in the heat. *Experimental Physiology*, 99: 164-171. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2013.075275>
- Mauger, A. R., Jones, A. M., & Williams, C. A. (2010). Influence of acetaminophen on performance during time trial cycling. *Journal of Applied Physiology*, 108(1), 98-104.
- Mauger, A. R., & Hopker, J. G. (2013). The effect of acetaminophen ingestion on cortically stimulated muscle pain perception. *Journal of Pain*, 14(4), 476-481.
- Milanović, D. (2013). *Teorija treninga*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Morgan, P. T., Bailey, S. J., Banks, R. A., Fulford, J., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2019). Contralateral fatigue during severe-intensity single-leg exercise: influence of acute acetaminophen ingestion. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 317(2), R346-R354.
- Nehlig, A. (2016). Effects of coffee/caffeine on brain health and disease: What should I tell my patients?. *Practical neurology*, 16(2), 89-95.
- Ramírez-Maldonado, M., Jurado-Fasoli, L., Del Coso, J., Ruiz, J., & Amaro-Gahete, F. J. (2021). Caffeine increases maximal fat oxidation during a graded exercise test: is there a diurnal variation?. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18, 1-9.
- Rhoda Lee, C. (2009). Drug interactions and hormonal contraception. *Trends in Urology, Gynaecology & Sexual Health*, 14(3), 23-26.
- Tallent, J., Goodall, S., Hortobágyi, T., St Clair Gibson, A., & Howatson, G. (2012). Effects of caffeine and acetaminophen on neuromuscular function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(7), 1331-1338.
- Trappe, T. A., White, F., Lambert, C. P., Cesar, D., Hellerstein, M., & Evans, W. J. (2002). Effect of ibuprofen and acetaminophen on postexercise muscle protein synthesis. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282(3), E551-E556.

Zucker, I., & Prendergast, B. J. (2020). Sex differences in pharmacokinetics predict adverse drug reactions in women. *Biology of sex differences*, *11*, 1-14.