

Učinci kofeina u obliku kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu sportaša

Kozina, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:690725>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam**

Martina Kozina
0058217019

**UČINCI KOFEINA U OBLIKU KOFEINSKIH
ŽVAKAČIH GUMA NA IZVEDBU SPORTAŠA**
ZAVRŠNI RAD

Predmet: Sportska prehrana

Mentor: prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić

Zagreb, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Sveučilišni prijediplomski studij Nutricionizam

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda
Laboratorij za znanost o prehrani

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Nutricionizam

Učinci kofeina u obliku kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu sportaša

Martina Kozina, 0058217019

Sažetak: Kofein je široko korišteno ergogeno sredstvo u raznim oblicima, poput kofeinskih tableta ili kapsula, gelova, barova, energetske pića i žvakaćih guma. Osim pozitivnih učinaka kofeina na izvedbu sportaša, moguća je pojava neželjenih učinaka poput gastrointestinalnih problema, glavobolje, tahikardije i nesanicice. Cilj ovog rada bio je opisati prednosti i nedostatke alternativnog izvora kofeina, točnije, kofeinskih žvakaćih guma, na izvedbu sportaša. U rad je uključen opis slučaja, sportaša kojem je zbog nesanicice kao nuspojave uzimanja kofeina u obliku tablete dana preporuka za alternativnim izvorima s ciljem ostvarivanja usporedivih učinaka. Sportaš je profesionalni rukometni golman dobi 23 godine, koji trenira u prosjeku 13 sati/tjedan. Kod ispitanika su zabilježeni ergogeni učinci kofeinske žvakaće gume poput poboljšanja kognitivnih funkcija, smanjenja umora i percipiranog napora te se kofeinska žvakaća guma pokazala adekvatnim alternativnim izvorom kofeina bez zabilježenih nuspojava.

Ključne riječi: kofein, kofeinska žvakaća guma, sportska izvedba

Rad sadrži: 27 stranica, 3 slike, 4 tablice, 37 literaturnih navoda, 0 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić

Datum obrane: 14. srpnja 2023.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Undergraduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition

Department of Food Quality Control
Laboratory for Nutrition Science

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

Effects of caffeine from caffeinated chewing gum on the athletes' performance

Martina Kozina, 0058217019

Abstract: Caffeine is a widely used ergogenic aid in various forms, such as caffeine tablets or capsules, gels, bars, energy drinks and chewing gum. In addition to the positive effects of caffeine on the performance of athletes, side effects such as gastrointestinal problems, headaches, tachycardia and insomnia are possible. The aim of this thesis was to describe advantages and disadvantages of an alternative form of caffeine, caffeinated chewing gum, on the performance of athletes. The thesis includes a case study of an athlete who, due to insomnia as a side effect of taking caffeine tablets, received recommendation for alternative sources with the aim of achieving comparable effects. The athlete is a professional handball goalkeeper (23 years old), who trains around 13 hours a week. The recorded ergogenic effects of caffeinated chewing gum include improved cognitive function, reduced fatigue and perceived exertion, thus proving caffeine chewing gum to be an adequate alternative source of caffeine without noted side effects.

Keywords: caffeine, caffeinated chewing gum, sports performance

Thesis contains: 27 pages, 3 figures, 4 tables, 37 references, 0 supplements

Original in: Croatian

Thesis is deposited in printed and electronic form in the Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: Zvonimir Štalić, Full Professor

Thesis defended: July 14th, 2023

Sadržaj

1.UVOD	1
2.TEORIJSKI DIO.....	2
2.1..KOFEIN	2
2.1.1. METABOLIZAM KOFEINA	2
2.1.2. UČINCI KOFEINA NA STANIČNOJ RAZINI	3
2.1.3. UČINCI KOFEINA KAO ERGOGENOG SREDSTVA	4
2.2..NUSPOJAVE KOFEINA	5
2.3..ALTERNATIVNI OBLICI KOFEINA.....	7
2.3.1. KOFEINSKE ŽVAKAĆE GUME	9
3.EKSPERIMENTALNI DIO.....	10
3.1..SUSTAVNI PREGLED LITERATURE O UTJECAJU KOFEINSKIH ŽVAKAĆIH GUMA NA IZVEDBU SPORTAŠA.....	10
3.1.1. METODE.....	10
3.2..UTJECAJ KOFEINSKIH ŽVAKAĆIH GUMA I TEHNIKE ISPIRANJA USTA SLATKOM OTOPIKOM NA IZVEDBU RUKOMETAŠA.....	11
3.2.1. METODE.....	12
4.REZULTATI I RASPRAVA	12
4.1..SUSTAVNI PREGLED LITERATURE O UTJECAJU KOFEINSKIH ŽVAKAĆIH GUMA NA IZVEDBU SPORTAŠA.....	12
4.2..UTJECAJ KOFEINSKIH ŽVAKAĆIH GUMA I TEHNIKE ISPIRANJA USTA SLATKOM OTOPIKOM NA IZVEDBU RUKOMETAŠA	18
5.ZAKLJUČCI.....	21
6.POPIS LITERATURE	23

1. UVOD

Kofein je popularan dodatak prehrani, široko korišten i od strane sportaša i nesportaša s ciljem poboljšanja izvedbe. Već više od 100 godina unazad, zanimljiva je tema za proučavanje te je danas jedno od najpopularnijih ergogenih sredstava (Pickering i Grgić, 2019). Postoje razni oblici primjene kofeina u sportu. Najčešće korišten oblik kofeina su tablete i kapsule primijenjene uz vodu ili ispijanje kave prije velikih natjecanja. Osim toga, kofein je dostupan i u sportskim napitcima, gelovima, barovima i žvakaćim gumama (Wickham Spriet, 2018). Karami i suradnici (2023) dokazali su da se ergogena svojstva kofeina mogu iskoristiti i ispiranjem usta kofeinom kako bi poboljšali izvedbe igrača futsala. Ono što kofein pruža je poboljšanje kognitivne funkcije na način da povećava pažnju i budnost, odgađa umor, povećava mišićnu izdržljivost (osobito kod aerobnog vježbanja), mišićnu snagu, brzinu kretanja te poboljšava razne druge slične sportske izvedbe. Kako bi kofein učinkovito djelovao s maksimalnim dobrobitima potrebno ga je konzumirati u dozi od 3 do 6 mg/kg tjelesne mase. Visoke doze, poput 9 mg/kg tjelesne mase, mogu dovesti do niza nuspojava (Guest i sur., 2021). Može doći do pojave glavobolje, gastrointestinalnih tegoba, tahikardije, nervoze, tremora i nesаницe, a posebice kod pojedinaca koji nisu naviknuti na kofein. Ponekad se ovi simptomi mogu pojaviti i nakon uzimanja niskih doza (≤ 3 mg/kg tjelesne mase), ali bez većih rizika. Svi ovi negativni učinci posljedično djeluju i na izvedbu sportaša, ali i njihov oporavak (de Souza i sur., 2022).

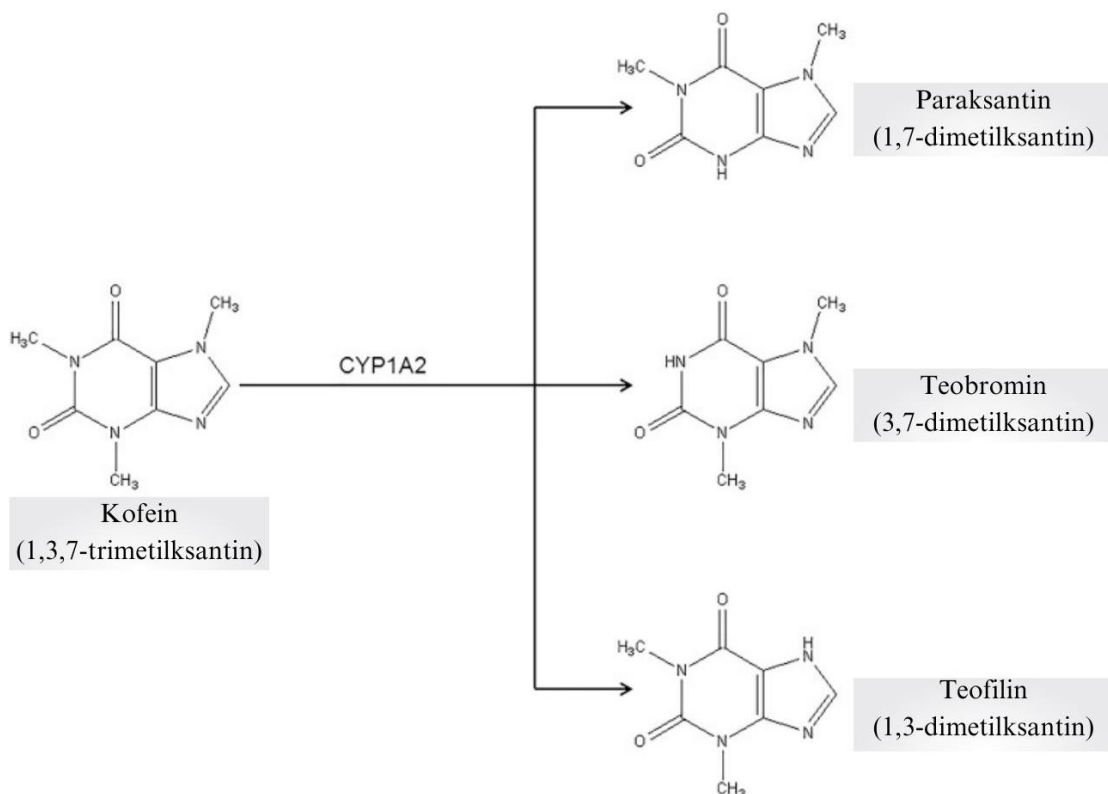
Cilj ovog rada je opisati učinke djelovanja kofeina na organizam s osvrtom na negativne posljedice i izbjegavanje istih ispitivanjem djelovanja alternativnog izvora kofeina, žvakaćih guma. Razne studije ispitivale su ergogene učinke žvakaćih guma, a neke od njih, zajedno s njihovim rezultatima, biti će prikazane u ovom radu.

Dodatno, prikazan je opis slučaja sportaša, rukometnog golmana, koji je tražio zamjenu za kofeinske tablete zbog pojave nedostatka sna nakon konzumacije, ali s ciljem nastavka dobivanja ergogenih učinaka.

2. TEORIJSKI DIO

2.1.KOFEIN

Kofein ili 1,3,7-trimetilksantin, bijeli je prah, topiv u vodi i lipidima, gorkog okusa te bez karakterističnog mirisa (slika 1). Prisutan je u više od 60 biljaka te ga pronalazimo u raznim prirodnim oblicima poput kave, čaja, kaka, guarane i kola oraha, ali i u namirnicama kao što su maslac od kikirikija i slatkiši (Cappelletti i sur, 2015; Guest i sur, 2021). Smatra se da je najpopularnije psihoaktivno sredstvo u svijetu koje izravno djeluje na središnji živčani sustav čovjeka (Barcelos, 2020).



Slika 1. Kemijska struktura kofeina i njegovih metabolita (prema Costa i sur., 2016)

2.1.1. Metabolizam kofeina

Nakon konzumacije, apsorbira se gotovo u potpunosti za 30 do 60 minuta, dok maksimalnu koncentraciju u plazmi doseže između 15 i 120 minuta, ovisno o pojedincu (Cappelletti i sur, 2015). Zahvaljujući njegovoj lipofilnosti, brzo se apsorbira iz gastrointestinalnog sustava te

učinkovito prolazi kroz većinu, ako ne i sve biološke membrane organizma, uključujući i barijeru krv – mozak, krv – placenta i krv – testis. Poluvijek kofeina izravno je povezan s primijenjenom dozom: doze niže od 10 mg rezultirale su poluvijekom koji se kreće od 2,5 do 10 sati, dok su veće doze rezultirale duljim poluvijekom. Prosječni poluvijek kofeina iznosi od 4 do 6 sati (Guest S. N. i sur, 2021; Barcelos R. P., 2020). Metabolizam kofeina odvija se u jetri uz pomoć mikrosomskih enzima, posebno citokroma P450 1A2 (CYP1A2), zaslužnog za oko 95 % procesa. Kofein je podvrgnut demetilaciji, pri čemu se kao produkti oslobađaju paraksantin (84 %), teobromin (12 %) i teofilin (4 %). Kemijska struktura ovih metabolita jako je slična strukturi kofeina (slika 1) te se oni nadalje transformiraju u jetri demetilacijom i oksidacijom. Pretežito se izlučuju bubrezima, dok se oko 0,5 % do 2 % konzumiranog kofeina izlučuje kao takav u urinu. Na širok raspon poluvijeka kofeina i njegovih metabolita utječe nekoliko vanjskih čimbenika, poput pušenja, konzumacije hrane, brzine pražnjenja želuca, trudnoće, bolesti jetre ili kardiovaskularnog sustava, virusne infekcije i upotrebe lijekova. Pušenje utječe tako da ubrzava metabolizam gotovo dvostruko, na način da mikrosomalni oksidativni enzimi jetre uzrokuju bržu demetilaciju kofeina. S druge strane, trudnoća usporava izlučivanje kofeina i uzrokuje akumulaciju metabolita, poput teofilina, u tijelu (Cappelletti S. i sur, 2015).

2.1.2. Učinci kofeina na staničnoj razini

Kada bismo promatrali učinke kofeina na staničnoj razini, mogli bismo ga objasniti mehanizmom antagonizma adenoznih receptora. Kofein djeluje na način da blokira adenozninske receptore zbog sličnosti u kemijskim strukturama. Receptori se nalaze u mnogim tkivima, kao na primjer, u srcu, koronarnim arterijama, bubrezima i mozgu. Vežanje kofeina na adenozninske receptore u srcu i u bubrezima uzrokuje stimulaciju, to jest, povećanje otkucaja srca, odnosno ubrzanje glomerularne filtracije. Inhibiranjem djelovanja adenozninskih receptora u mozgu produljuje budnost i odgađa umor (Osz i sur., 2022).

Graham i suradnici (2000) su na temelju provedene studije s 10 mladića, koji su vježbali 60 minuta i konzumirali kofein u dozi od 6 mg/kg tjelesne mase, došli do zaključka da se koncentracija adrenalina povećala. Tauler i suradnici (2013) su također proveli studiju s 33 ispitanika. Ispitanici su konzumirali 6 mg/kg tjelesne mase kofeina te im je mjerena

koncentracija adrenalina u krvi odmah nakon tjelesne aktivnosti. Usporedbom u odnosu na sastav krvne plazme prije aktivnosti, također su došli do zaključka da je kofein djelovao na koncentraciju adrenalina te ju povećao. Kofein, navodno, djeluje na koncentraciju adrenalina u mirovanju ili tijekom tjelesne aktivnosti jer ometa procese u organizmu zaslužne za zaustavljanje otpuštanja adrenalina (Burke, 2013).

2.1.3. Učinci kofeina kao ergogenog sredstva

Kofein je, bez sumnje, dokazano djelotvorno ergogeno sredstvo, ali mehanizmi kojima izaziva ergogene učinke nisu u potpunosti poznati. Teorije su da potiče oksidaciju masti i inhibira oksidaciju ugljikohidrata. Na taj način štedi zalihe glikogena u mišićima i rezultira većom izdržljivošću (Graham i sur., 2008). Spriet i suradnici (1992) su na temelju uzimanja visokih doza kofeina 1 sat prije aktivnosti došli do zaključka da se smanjila potrošnja mišićnog glikogena za 55 % u prvih 15 minuta vježbanja. To su objasnili povećanim lučenjem katecholamina i potaknutom oksidacijom masti te posljedično inhibicijom glikolize visokom koncentracijom acetyl-CoA. Acheson Kevin i suradnici (2004) također su utvrdili da kofein utječe na oksidaciju lipida, ali i da potiče potrošnju energije u stanju mirovanja. Međutim, Laurent i suradnici (2000) su nekoliko godina kasnije odlučili provesti sličnu studiju sa sportašima. Oni su, naime, došli do zaključka da se unosom kofeina 90 minuta prije tjelovježbe ne postiže ušteda mišićnog glikogena. S obzirom na to da je nakon brojnih istraživanja s istom tematikom došlo do različitih zaključaka, Conger i suradnici (2022) prikupili su 94 studije te na temelju njihovih rezultata donijeli zaključak o metabolizmu masti nakon konzumacije kofeina u uvjetima mirovanja i tjelovježbe. Primijećen je mali učinak, ali značajan za povećanje metabolizma masti. No, u svakom slučaju, potrebno je provesti još istraživanja na temu djelovanja kofeina na oksidaciju lipida i uštede zaliha mišićnog glikogena kako bismo dobili dosljedan odgovor.

Još jedan istraživani mehanizam je mobilizacija unutarstaničnog kalcija. Ovaj mehanizam odvija se pri visokim koncentracijama kofeina, a ono što se događa jest oslobađanje kalcija iz sarkoplazmatskog retikuluma i sprječavanje njegove ponovne pohrane (Cappelletti i sur., 2015). Primijećeno je da konzumacija kofeina rezultira smanjenom koncentracijom kalija u plazmi tijekom vježbanja (Graham, 2001). Teorija da je to učinak kofeina, a ne adrenalina,

potkrijepljena je istraživanjem na tetraplegičarima. Konzumirali su 6 mg/kg tjelesne mase kofeina te je zabilježeno manje povećanje kalija bez promijenjenih koncentracija adrenalina (van Soeren i sur., 1998).

Sljedeći mehanizam djelovanja kofeina je inhibicija fosfodiesteraze. Rezultat toga je nakupljanje cikličkog adenozin monofosfata (cAMP) koji potiče lipolizu i igra bitnu ulogu u adrenalinskoj kaskadi. Ovaj mehanizam, također, zahtjeva visoke koncentracije kofeina (zbog niskog afiniteta fosfodiesteraze za kofein) za koje je malo vjerojatno da će biti prisutne u prehrani pojedinca (Cappelletti i sur., 2015).

Graham i suradnici (2000) su, između ostalog, dokazali da kofein ima različite učinke na cijeli organizam te da često prisutni ergogeni učinci kofeina najvjerojatnije nisu posljedica promjene u metabolizmu aktivnog mišića.

Na posljetku, od strane Nehling i suradnika (1992) utvrđeno je da su ergogeni učinci kofeina na tjelesnu aktivnost uvelike oslabljeni kod pojedinaca koji redovito konzumiraju kofein, bilo u obliku kave, čaja ili tableta. Stoga, u slučaju da sportaš želi postići bolje učinke kofeina, potrebno je suzdržati ga se barem 4 dana prije natjecanja.

2.2. NUSPOJAVE KOFEINA

Nakon što sportaši konzumiraju kofein, očekuju bolju izvedbu, izdržljivost te manji umor. Brojna istraživanja potkrijepila su ove učinke. Polito i suradnici (2016) prikupili su 64 rada s temom istraživanja pozitivnih utjecaja kofeina kod vježbi snage te utvrdili bolju mišićnu izdržljivost. Doherty i Smith (2005) su na temelju 21 studije došli do zaključka da smanjuje i percipirani napor tijekom tjelesne aktivnosti. No, ne smijemo zanemariti i moguće nuspojave koje mogu biti posljedica konzumacije kofeina. Mnogi sportaši iskusili su ih osobno, za vrijeme vlastitih natjecanja, a iznimka nisu ni hrvatski sportaši (tablica 1).

Tablica 1. Izjave sportaša o nuspojavama kofeina (*prema* Burke, 2013, *prema* Šatalić, 2016)

Redni broj	Sportaš	Izjava
1.	Triatlonac, dvostruki olimpijac, pobjednik pet Ironman - a	„Nastojim rasporediti unos kofeina tijekom natjecanja jer ne volim osjećaj koji mi daje kada ga konzumiram odjednom. Tada počnem drhtati i ne mogu se koncentrirati.“
2.	Igrač ragbija	Sportski nutricionist: „Igrač je odigrao najgoru utakmicu u karijeri kada je prvi put uzeo visoku dozu kofeina (>500 mg), u obliku tablete bez recepta. Igrač je primijetio drhtanje ruku te osjećaj tjeskobe. Najviše zabrinjavajući učinak bio je lupanje srca, zbog kojih se igrač bojao srčanog udara.“
3.	Plivač Olimpijskih igara	Plivač (80 kg) je na Olimpijskim igrama konzumirao 600 mg kofeina prije utrke – dvostruku dozu u odnosu na uobičajenu prije treninga. Kada ga je sportski nutricionist pitao zašto i objasnio mu negativne učinke visokih doza, odgovorio je: „Da, ali ako možeš kontrolirati učinke, plivat ćeš sjajno.“ Plivač je nakon toga plivao dobro, ali ispod optimuma, sve do pola utrke nakon čega više nije mogao. Očito plivač uspio kontrolirati učinke.
4.	Gordan Kožulj, hrvatski plivač	„Malo je nedostajalo, žao mi je što nisam u polufinalu. Ali lošije sam spavao. Prije utrke na 200 metara popio sam dosta kave, koju inače ne pijem, kako bi organizam održao budnim. Svjesno sam to napravio i sad je došao račun na naplatu u ovoj disciplini.“

Gomes de Souza i suradnici (2022) su iz objedinjenih rezultata 25 studija, s ukupno 421 ispitanikom, ispitali prisutnost nuspojava u slučaju konzumiranja niskih (≤ 3 mg/kg tjelesne mase), umjerenih (3,1 – 6,0 mg/kg tjelesne mase) i visokih ($\geq 6,1$ mg/kg tjelesne mase) doza kofeina. Najčešće primijećene nuspojave bile su tahikardija, pojačano lupanje srca, glavobolja, nervoza, povećana proizvodnja urina, gastrointestinalni problemi, nesаница te bol u mišićima. Ovisno o dozi, pojava nuspojava bila je češća ili rjeđa. Što je doza bila veća, češće su prijavljivane nuspojave. Osim toga, 24 sata nakon tjelesne aktivnosti, neke od nuspojava su još uvijek bile izražene (gastrointestinalni problemi, povećana proizvodnja urina i glavobolja). Što se tiče nuspojava bolova u mišićima i nesаница, češće su prijavljivani u manjim dozama kofeina u odnosu na umjerenе i visoke. U slučaju viših koncentracija, kofein je djelovao na ublažavanje boli, a na simptom nesаница utjecali su različiti termini konzumacije u danu. No, svakako možemo zaključiti da čak i konzumiranje niskih koncentracija kofeina u popodnevnim satima može prouzročiti nesаница. Miller i suradnici (2014) su istraživanjem sa 6 muških triatlonaca, nakon popodnevnog treninga te dviju doza od 3 mg/kg tjelesne mase do 5 sati prije spavanja, utvrdili da je produljeno vrijeme početka spavanja i smanjeno ukupno vrijeme spavanja. Zaključili su da bi ove posljedice mogle biti štetne za oporavak sportaša, posebice za one koji imaju natjecanja nekoliko uzastopnih dana. U ekstremnim slučajevima, predoziranje s kofeinom razlikuje se ovisno o pojedincu, a može dovesti do ozbiljnih intoksikacija, stvarajući rizik za zdravlje sportaša (Willson, 2018).

2.3. ALTERNATIVNI OBLICI KOFEINA

Većina ljudi upoznata je s kofeinom iz kave ili kofeinskih tableta i kapsula, no kofein može biti apsorbiran u raznim drugim oblicima povrх spomenutih. Kao što već znamo, kofein se proguta i apsorbira iz crijeva u krv, no neka manja količina se apsorbira već u bukalnoj sluznici. S ciljem ubrzanja apsorpcije, a time i ergogenog učinka kofeina, proučavani su razni drugi oblici kofeina. Kofein je dostupan u obliku gelova, barova, energetskih pića i žvakaćih guma (Wickham i Spriet, 2018). Učinke kofeina u raznim izvorima iskusili su brojni sportaši, a osvrti nekih od njih prikazani su u tablici 2. Da Silva i suradnici (2021) su prikupili učinke o još jednom alternativnom obliku, ispiranjem usta kofeinom. Zaključili su da poboljšava kognitivne funkcije, što također može iznimno pomoći sportašu, naročito u donošenju brzih odluka na utakmici. Wickham i Spriet (2018) spominju i kofein u obliku spreja, no niti jedno istraživanje

nije ispitalo taj alternativni oblik. Svaki oblik sadrži različitu količinu kofeina prikazane u tablici 3.

Tablica 2. Izjave sportaša o učincima alternativnih oblika kofeina (*prema* Burke, 2013)

Redni broj	Sportaš (godina)	Izjava
1.	Rob Bryan i Mike Bryan, američki profesionalni tenisači (2013)	„Bilo je oko 2:30 ujutro kada smo osvojili treći set. Mike je pio Coca-colu tijekom utakmice i, u principu, šećer i kofein drže te u formi. Drže te napetim satima da je nemoguće zaspati.“
2.	Olimpijski sportaš izdržljivosti	„Koristim sportske gelove samo zbog kofeina. Mrzim ih. Dođe mi da napravim grimasu kada ih koristim, ali znam da će mi kofein pomoći. To je nužno zlo. Samo ih koristim tijekom natjecanja.“
3.	Shane Crawford, bivši kapetan momčadi Australijske nogometne lige	„Uzimao sam kofeinske tablete prije utakmica kako bih bio koncentriraniji na loptu. Neki igrači su ih uzimali na poluvremenu. Malo poboljša vrijeme reakcije i osjećate se budnijima. No, potrebno je pronaći pravu dozu za svakog igrača. Klupski liječnici su nam pomagali u tome kako igrači ne bi imali negativne učinke.“

Tablica 3. Količina kofeina u različitim pripravcima (*prema* Burke i sur., 2013)

IZVOR KOFEINA	KOLIČINA KOFEINA
Kofeinski gel	25 – 80 mg/50 g
Energetsko piće	6 – 200 mg/60 g
Tableta	65 – 200 mg/komad
Kofeinska žvakaća guma	33 – 100 mg/komad
Prah	100 mg/porcija

2.3.1. Kofeinske žvakaće gume

Prednost kofeinske žvakaće gume nad ostalim izvorima kofeina je brzina apsorpcije u krv. Naime, Kamimori i suradnici (2002) proveli su istraživanje s ciljem procjene brzine apsorpcije i relativne bioraspoloživosti kofeina iz žvakaćih guma. Ono što su rezultati pokazali jest da je apsorpcija kofeina iz žvakaćih guma putem bukalne sluznice u krv znatno brža u odnosu na kofein u tabletama te da je bioraspoloživost, nakon što je otpušteno 85 % kofeina (nakon 5 minuta žvakanja), iznosila 75, 87 i 90 %, ovisno o konzumiranoj dozi (50, 100 i 200 mg).

Istraživanja s kofeinom u većini slučajeva koriste umjerene do visoke doze (5-13 mg/kg tjelesne mase), ali niske doze (< 3 mg/kg tjelesne mase) također mogu imati ergogen učinak. Korištenjem manjih doza ergogeni učinci se zadržavaju, a nuspojave smanjuju (Spriet, 2014).

Sustavnim pregledom 14 studija s ukupno 200 sudionika, ispitivanjem učinka kofeinske žvakaće gume doze kofeina od 1,27 do 4,26 mg / kg tjelesne mase (do 120 minuta prije aktivnosti), pokazalo se da je kofeinska žvakaća guma djelotvorna za poboljšanje izvedbe vježbi izdržljivosti i snage. Zaključeno je da konzumacijom do 15 minuta prije početka aktivnosti, u dozi > 3 mg / kg tjelesne mase, sportaši imaju koristi od kofeinske žvakaće gume kao ergogenog sredstva (Barreto, 2023).

Pozitivne učinke kofeinske žvakaće gume prepoznali su i vojnici zbog čega su ih počeli koristiti za budnost, koncentraciju i bolju fizičku izdržljivost. Vojno osoblje se na taj način borilo protiv nedostatka sna i umora (Burke, 2013).

U daljnjim poglavljima rada biti će ispitani učinci kofeinskih žvakaćih guma, to jest kofeina u manjim dozama na izvedbu različitih vrsta aktivnosti.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Eksperimentalni dio sastoji od dva dijela. U prvom dijelu prikazan je literaturni pregled istraživanja na temu utjecaja kofeinskih žvakaćih guma na sportsku izvedbu u različitim aktivnostima, dok je u drugom dijelu opisan individualni slučaj sportaša i njegova upotreba kofeinskih žvakaćih guma.

3.1. SUSTAVNI PREGLED LITERATURE O UTJECAJU KOFEINSKIH ŽVAKAĆIH GUMA NA IZVEDBU SPORTAŠA

3.1.1. Metode

Sustavno je pretražena elektronička baza podataka PubMed koristeći sljedeće pojmove: („caffeine“) i („gum“ ili „chewing gum“) i („sports“ ili „sports performance“ ili „athletic performance“). Kako bi bili prikupljeni što vjerodostojniji podaci, pretraga nije bila filtrirana po jeziku članka, spolu i dobi. S obzirom na to da su bila potrebna samo klinička istraživanja i randomizirana kontrolirana istraživanja, prema tome je i filtrirano. Nakon toga, rezultati su suženi na 7 studija objavljenih u posljednjih 6 godina. Kriteriji uključivanja studije bili su: 1) studije koje uključuju zdrave osobe koje se bave sportom (bez kroničnih medicinskih stanja); 2) intervencijska sesija koja je uključivala konzumaciju kofeinskih žvakaćih guma u bilo kojoj dozi; 3) prisutna kontrolna skupina s placebo efektom; 4) rezultati promjene sportske izvedbe nakon konzumacije kofeinske žvakaće gume. U sljedećoj fazi, članci su pregledani na temelju naslova i sažetka te zatim pročitani u cijelosti za procjenu na temelju prethodno nabrojanih kriterija. Na posljatku, podaci potrebni za analizu bili su izdvojeni. Navedeni su u tablici 4. te sadržavaju: 1) prvog autora i godinu izdanja; 2) ispitivani uzorak sportaša (spol, vrsta sporta); 3) protokol intervencije (doza, vrijeme konzumacije i vrijeme žvakanja); 4) vrsta tjelesne aktivnosti; 5) rezultati o promjeni u sportskoj izvedbi. Podaci su izdvojeni prema dostupnosti.

3.2. UTJECAJ KOFEINSKIH ŽVAKAČIH GUMA I TEHNIKE ISPIRANJA USTA SLATKOM OTOPINOM NA IZVEDBU RUKOMETAŠA

Kofeinske žvakaće gume prva su od istraživanih metoda. Kofeinska žvakaća guma korištena u ovom slučaju je „Mind the gum“ energetska žvakaća guma na bazi kofeina (40 mg) s ukupno 15 aktivnih sastojaka. Proizvođači tvrde da doprinosi boljoj koncentraciji te smanjenu umora i iscrpljenosti. Dostupna je na svim prodajnim mjestima Tisak i Tisak media te u nekim Hrvatskim ljekarnama, a može se kupiti u pakiranjima po 3, 12 i 21 komad. Nogometaš Zlatan Ibrahimović suvlasnik je ovog brenda te svako pakiranje nosi njegovu fotografiju. U Hrvatskoj su dostupne i druge marke kofeinskih žvakaćih guma. Jedna od njih je „Grizz Energy Gum“ s 80 mg kofeina po komadu. Osim kofeina, kao aktivne sastojke sadrži i taurin (20 mg) i guaranu (20 mg). Dostupna je u pakiranju od 7 komada te se može nabaviti uživo u poslovnici GAZ Nutrition-a u Zagrebu ili naručiti putem web stranice.

Alternativna metoda za korištenje ugljikohidrata tijekom tjelesnih aktivnosti je tehnika ispiranja usta otopinom ugljikohidrata. Mehanizmi ove tehnike pripisuju se štednji zaliha glikogena i djelovanju na središnji živčani sustav (De Salles Painelli i sur., 2010). De Salles Painelli i suradnici (2010) su, s ciljem procjene poboljšanja izvedbe tehnikom ispiranja usta slatkim otopinom, prikupili dostupnu literaturu te došli do zaključka da ova tehnika može poboljšati izvedbu kod vježbi izdržljivosti. Ova alternativna tehnika bila je druga po redu od istraživanih metoda.

Ispitanik je rukometni golman, dobi od 23 godine, tjelesne mase 97 kg i tjelesne visine od 197 cm (ITM: 24,99 kg/m²). Rukometom se bavi profesionalno te igra u premijer ligi (najvišem rangu hrvatskog ligaškog natjecanja pod organizacijom Hrvatskog rukometnog saveza) nešto više od 9 godina te trenira 5 do 8 puta tjedno, 2 sata na dan. Treninzi mu se sastoje od vježbi snage, brzine i koordinacije. Što se tiče prehrane ispitanika, trudi se pridržavati principa pravilne prehrane, uz što koristi i suplemente s ciljem bolje izvedbe na terenu. Redovito koristi proteine sirutke i kreatin monohidrat. Jedan od suplemenata koje koristi pred poneki trening i poprilično svaku utakmicu jest kofein. Rijetko kada pije kavu, ali zato ponekad popije Coca Colu. Kofein konzumira u obliku kofeinskih tableti (Leovital – Caffeine boost) netom prije izlaska na teren u dozi od 200 mg (1 tableta). Kofeinska tableta djeluje poželjno tijekom utakmice, koja je uvijek u kasnim popodnevnim satima (oko 19:00), no ispitaniku iznimno smeta negativan učinak tablete nakon utakmice – nesаница.

3.2.1. Metode

Istraživanje je trajalo tri tjedna. 1. tjedan bio je kontrola, dok su u 2. i 3. tjednu ispitivani učinci energetske žvakaće gume s kofeinom, odnosno tehnike ispiranja usta slatkom otopinom. Kako rezultati ne bi bili samo temeljeni na osvrtu ispitanika, u svakom tjednu procjenjivana je percepcija napora prema Borgovoj skali (slika 3). Ispitanik je nakon golmanskog treninga i utakmice procijenio napor te im pridonio vrijednosti skale. Ono što mu je na golmanskom treningu potrebno su brzina, eksplozivnost i koordinacija, dok su mu na utakmici, uz sve navedene karakteristike, potrebne budnost i koncentracija.

1. tjedan proveden je jedan golmanski trening i utakmica bez konzumacije ikakvog oblika kofeina ili nekog drugog ergogenog sredstva (povrh onih koje konzumira redovito). Na temelju procijenjenog percipiranog napora, pridonio im je vrijednosti na Borgovoj skali.

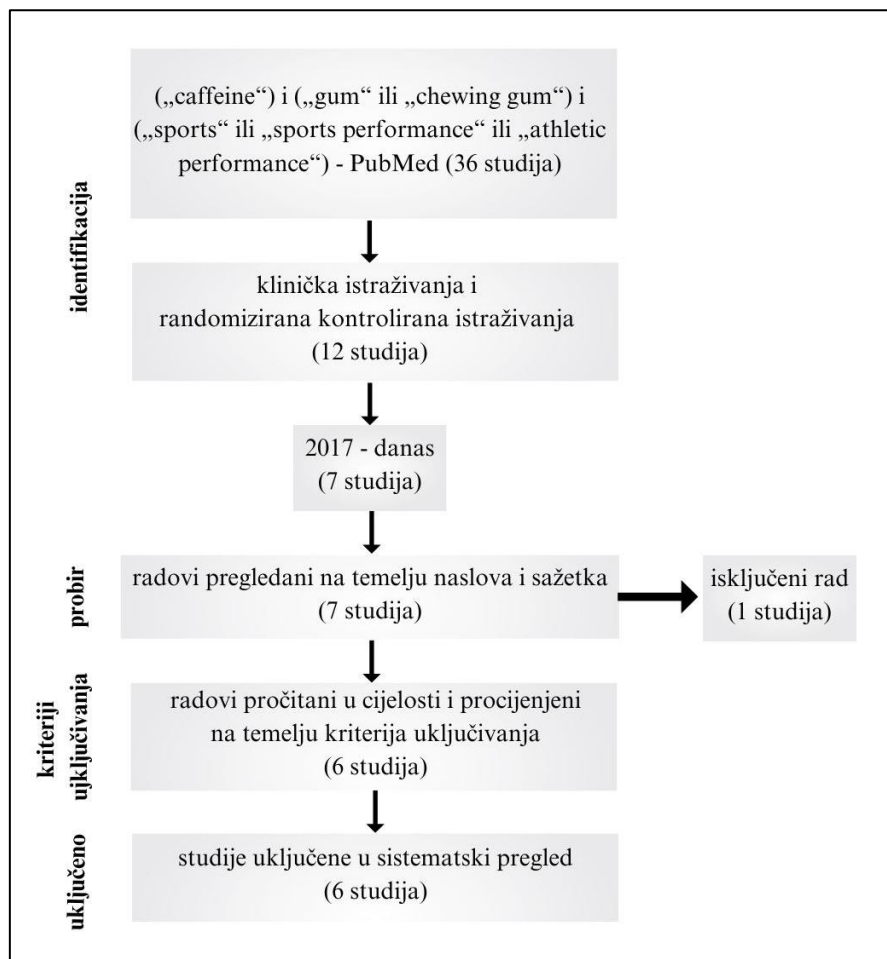
2. tjedan ispitanik je konzumirao jednu energetsku žvakaću gumu „Mind the gum“ s 15 aktivnih sastojaka od kojih su neki: kofein (40 mg), vitamin B₁₂, folna kiselina, biotin, koenzim Q10, antioksidansi. Doza kofeina koju je unio jednom žvakaćom gumom iznosi 0,41 mg/kg tjelesne mase. Konzumirao ju je 20 minuta nakon početka golmanskog treninga te tijekom poluvremena na utakmici (nakon 30 minuta). Žvakao ju je 15 minuta. Nakon toga, pridonio je vrijednosti percipiranog napora na Borgovoj skali.

3. tjedan ispitivana je tehnika ispiranja usta slatkom otopinom. Ispitanik je otopinu napravio kod kuće na način da je pomiješao bijeli šećer s vodom, sve do zasićenja. Tehnika je provedena na način da je ispitanik tijekom golmanskog treninga od 120 minuta, 2 puta u razmaku od 45 minuta promućkao usta pripremljenom otopinom pa ju ispljunuo. Ista procedura provedena je tijekom utakmice, no samo jednom na poluvremenu. Ispitanik je koristio slatku otopinu 2 puta na golmanskom treningu u odnosu na utakmicu iz razloga što tijekom utakmice nije imao uvjete za ispiranje usta više puta.

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Sustavni pregled literature o utjecaju kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu sportaša

Dijagram toka pretraživanja literature i odabira studija prikazan je na slici 2. Pretraživanjem elektroničke baze podataka PubMed, najprije je pronađeno 32 istraživanja, a nakon filtriranja po kliničkim ispitivanjima i kontroliranim randomiziranim ispitivanjima smanjeno na 12 istraživanja. Na kraju, filtracijom na 6 godina, pronađeno je 7 ključnih istraživanja, od kojih su svi zadovoljili kriterije uključivanja u ovu studiju, osim jednog koji se nije bavio procjenom poboljšanja izvedbe. Ovim putem je za sustavni pregled odabrano 6 studija.



Slika 2. Dijagram tijeka odabira literature

U sustavni pregled je uključeno 6 studija s ukupno 80 ispitanika (tablica 4). Samo jedna studija uključivala je ženske osobe (3/12) te je za oba spola pristupano na način da prime približno jednako mg kofeina/kg tjelesne mase (Kaszuba i sur., 2023). Doza kofeina u kofeinskim žvakaćim gumama kretala se od 2,3 do 5,4 mg/kg tjelesne mase. Vrijeme konzumiranja kofeinske žvakaće gume bilo je između 15 i 5 minuta prije zagrijavanja ili tjelesne aktivnosti, a vrijeme žvakanja je kod 5/6 studija bilo 5 minuta. Evans i suradnici (2018) su svojim

ispitanicima kofeinsku žvakaću gumu dali 10 minuta. Samo 2/6 studija su koristile > 3 mg kofeina/kg tjelesne mase.

Tablica 4. Istraživanja utjecaja kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu sportaša

Prvi autor, godina	Broj ispitanika (M/Ž)	Sport	Doza kofeina (mg/kg tjelesne mase)	Vrijeme konzumacije u odnosu na aktivnosti; vrijeme žvakanja	Tjelesna aktivnosti	Rezultati
Evans, 2018.	18/0	Sportaši timskih sportova	2.5 ± 0.2	5 min prije zagrijavanja; 10 min	10 x 40 m sprint	Smanjenje sposobnosti sprinta je oslabljeno za 18 % - umjereni konzumenti
Ranchorda, 2018.	10/0	Nogomet	2.7 ± 0.2	5 min nakon početka zagrijavanja; 5 min	20 m sprint	Bez učinka.
					Yo-Yo IR-1 test	+ 2 %
					CMJ (skok u vis)	+ 2,2 %
Ranchorda, 2019.	17/0	Ragbi	$2,3 \pm 0,2$	5 min nakon početka zagrijavanja; 5 min	Illinois test okretnosti	Bez učinka.
					6 x 30 m sprint	Smanjen umor.
					Yo-Yo IR-2 test	+ 14,5 %
					CMJ (skok u vis)	+ 3,6 %

Tablica 4. Istraživanje utjecaja kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu sportaša – *nastavak*

Prvi autor, godina	Broj ispitanika (M/Ž)	Sport	Doza kofeina (mg / kg tjelesne mase)	Vrijeme konzumacije u odnosu na aktivnosti; vrijeme žvakanja	Tjelesna aktivnosti	Rezultati
Russell., 2020.	14/0	Ragbi	4.1 ± 0.5	15 min prije zagrijavanja; 5 min	6 x 40 m sprint	Bez učinka.
Filip-Stacknik, 2021.	9/0	Judo	2 placebo žvakaće gume	15 min prije; 5 min	2 judo testa kondicije	Bez učinka.
			1 placebo + 1 žvakaća guma s kofeinom (~2,7)			
			2 žvakaće gume s kofeinom (~5,4)			
Kaszuba, 2023.	9/3	Odbojka	Muškarci: 3,3 ± 0,3 Žene: 2,8 ± 0,1	15 min prije zagrijavanja; 5 min	Test okretnosti, 5 i 10 m sprint	Bez učinka.
					Brzina lopte tijekom napada i servisa	Bez učinka.
					Točnost napada i posluživanja	Poboljšava se broj bodova u testu.
					Procjena uspješnosti skakanja	Bez učinka.

Svi sudionici istraživanja bili su zdravi, bez ikakvih kroničnih oboljenja i ozljeda. Svako istraživanje imalo je placebo kontrolnu skupinu za koje autori tvrde da je oblikom, bojom,

teksturom i okusom nalik na kofeinsku žvakaću gumu. Sve studije tvrdile su da nije došlo do prepoznavanja kofeinske i nekofeinske žvakaće gume.

Evans i suradnici (2018) proveli su studiju sa 18 mladih muških sportaša timskog sporta. Sudionike je upućeno na izbjegavanje konzumacije alkohola 24 h prije testiranja, napornih tjelesnih aktivnosti i kofeina na dan testa. Dano im je $2,5 \pm 0,2$ mg/kg tjelesne mase kofeina 5 minuta prije zagrijavanja i 5 minuta za vrijeme zagrijavanja. Doza nije imala učinka kada se promatraju ispitanici u cjelini, no bila je dovoljna za poboljšanje izvedbe sprinta 10 x 40 m kod sportaša s niskom uobičajenom konzumacijom kofeina (<40 mg/dan, 10 ispitanika).

Ranchordas i suradnici (2018) su s ciljem ispitivanja učinka djelovanja kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu nogometaša, uključili 10 mladih igrača. 48 sati prije nisu provodili nikakve naporne vježbe, niti konzumirali alkohol. Na dan ispitivanja konzumirali su $2,7 \pm 0,2$ mg/kg tjelesne mase kofeina u obliku kofeinske žvakaće gume 5 minuta nakon zagrijavanja, što je bilo 5 minuta prije izvođenja vježbi. Iako nisu primijećeni nikakvi učinci na izvedbu sprinta od 20 m, kofeinska žvakaća guma poboljšala je izvedbu Yo-Yo IR1 (2 x 20 m uz postupno povećavanje brzine) za 2 % i visinu skoka u vis za 2,2 %.

Ranchordas i suradnici (2019) sljedeće su godine objavili slično istraživanje, no na 17 muških igrača ragbija. Ispitanici su zamoljeni da ne konzumiraju kofein 48 sati prije provedbe ispitivanja. Žvakaću gumu s $2,3 \pm 0,2$ mg/kg tjelesne mase kofeina žvakali su 5 minuta nakon zagrijavanja te su proveli sljedeće testove. Illinoisov test okretnosti (sposobnost brze promjene smjera) proveden je prvi no bez značajnog poboljšanja izvedbe. Kofeinska žvakaća guma djelovala je na način da je povećala otpornost na umor tijekom sprint testa 6 x 30 m te je poboljšala izvedbu Yo-Yo IR2 testa (2 x 20 m uz postupno povećanje brzine) za 14,5%. Osim toga, izvedba CMJ (skok u vis) poboljšala se za 3,6 %. Početak djelovanja bio je brz te je praktičan za ispitivanu vrstu sporta. Primijećene su razlike u rezultatima Yo-Yo IR1 i Yo-Yo IR2 testa u posljednja dva ispitivanja nakon slične količine kofeina u žvakaćim gumama.

Russel i suradnici (2020) ispitivali su učinak kofeinske žvakaće gume na 14 muških ragbi igrača. Davanjem $4,1 \pm 0,5$ mg/kg tjelesne mase kofeina 15 minuta prije zagrijavanja od 20 minuta nije poboljšalo izvedbu sprinta od 40 m. Izostanak ergogenog sredstva autori opravdavaju preranim vremenom konzumacije kofeinske žvakaće gume.

Filip-Stachnik i suradnici (2021) ispitivali su učinkovitost žvakaćih guma s kofeinom na nekoliko aspekata judo izvedbi zajedno s 9 profesionalnih sportaša. Ispitanici su umjereni potrošači

kofeina (~230 mg/dan) te su bili suzdržani od konzumacije kofeina i alkohola, kao i izvršavanja napornih aktivnosti 24 sata prije. Svaki ispitanik proveo je tri identična testa s različitim količinama unesenog kofeina: 1) dvije placebo žvakaće gume; 2) jedna placebo žvakaća guma + žvakaća guma s kofeinom (~2,7 mg/kg tjelesne mase); 3) dvije žvakaće gume s kofeinom (~5,4 mg/kg tjelesne mase). Svaka žvakaća guma konzumirana je 15 minuta prije izvedbe dva judo testa kondicije te ni jedna doza nije pokazala pozitivan učinak. Nedostatak učinka autori opravdavaju statusom svojih ispitanika te dozom kofeina. Naime, za profesionalne sportaše postoji manje prostora za poboljšanje u odnosu na sportaše rekreativce, jer su blizu gornjih granica sposobnosti izvedbe vježbi. Teoriju potvrđuju time da su svi ispitanici imali izvrsne rezultate u svakom testu. Osim toga, ne bi trebalo biti zanemareno da su sudionici umjereni konzumenti kofeina te da je i to jedan od mogućih razloga zašto ispitivana doza nije imala učinka.

Zadnje i najnovije istraživanje od strane Kaszuba i suradnika (2023) provedeno je s 12 odbojkaša od kojih je 9 bilo muškaraca, a 3 žene. Sve žene bile su u istoj fazi menstrualnog ciklusa zbog mogućih hormonalnih promjena koje utječu na sportsku izvedbu. Ispitanici su zamoljeni da se suzdrže od kofeina i alkohola, kao i izvođenja napornih aktivnosti 24 sata prije testova. Kofeinska žvakaća guma konzumirana je 15 minuta prije zagrijavanja te je sadržavala $3,3 \pm 0,3$ mg/kg tjelesne mase kofeina za muškarce, a $2,8 \pm 0,1$ mg/kg tjelesne mase kofeina za žene. Ispitanici su izvršavali specifične testove kao što je procjena uspješnosti skakanja, t-test okretnosti, sprint od 5 i 10 m, test brzine napada i servisa te test točnosti napada i posluživanja. Od nabrojanih testova, samo je tijekom ispitivanja točnosti napada došlo do značajne pozitivne razlike. Autori rezultate opravdavaju primijenjenom dozom kofeinske žvakaće gume na umjerene konzumente kofeina na dan (232 ± 170 mg kofeina dnevno). Cilj ovog istraživanja je, između ostalog, bio i potvrditi postoje li nuspojave upotrebe kofeina iz žvakaćih guma. Nijedan ispitanik nije prijavio nuspojave te je stoga potvrđeno da upotreba kofeinskih žvakaćih guma smanjuje rizik od pojave nuspojava u usporedbi s drugim oblicima kofeina. Ova tvrdnja može biti opravdana i već razvijenom tolerancijom na kofein jer su ispitanici bili umjereni dnevni konzumenti.

4.2. Utjecaj kofeinskih žvakaćih guma i tehnike ispiranja usta slatkom otopinom na izvedbu rukometaša

KONTROLNA BORGGOVA SKALA		ENERGETSKA ŽVAKA (MIND THE GUM)		TEHNIKA ISPIRANJA USTA SLATKOM OTOPINOM	
VRIJEDNOST	PERCEPCIJA NAPORA	VRIJEDNOST	PERCEPCIJA NAPORA	VRIJEDNOST	PERCEPCIJA NAPORA
6	BEZ NAPORA	6	BEZ NAPORA	6	BEZ NAPORA
7	EKSTREMNO LAGANO	7	EKSTREMNO LAGANO	7	EKSTREMNO LAGANO
8		8		8	
9	VRLO LAGANO	9	VRLO LAGANO	9	VRLO LAGANO
10		10		10	
11	LAGANO	11	LAGANO	11	LAGANO
12		12		12	
13	POMALO TEŠKO	13	POMALO TEŠKO	13	POMALO TEŠKO
14		14		14	
15	TEŠKO	15	TEŠKO	15	TEŠKO
16		16		16	
17	JAKO TEŠKO	17	JAKO TEŠKO	17	JAKO TEŠKO
18		18		18	
19	EKSTREMNO TEŠKO	19	EKSTREMNO TEŠKO	19	EKSTREMNO TEŠKO
20	MAKSIMALNI NAPOR	20	MAKSIMALNI NAPOR	20	MAKSIMALNI NAPOR

Slika 3. Rezultati percepcije napora prikazani Borgovom skalom: golmanski trening – plava / utakmica – crvena

Konzumacijom energetske žvakaće gume, percepcija napora se i za golmanski trening i za utakmicu smanjila za jedan stupanj. Provođenjem tehnike ispiranja usta slatkom otopinom percepcija napora golmanskog treninga smanjila se za dva stupnja, a utakmice za jedan.

Nakon 2. i 3. tjedna ispitanik je dao svoj osvrt na poboljšanje izvedbe uz konzumaciju energetske žvakaće gume, odnosno provođenje tehnike ispiranja usta slatkom otopinom.

Po završetku 2. tjedna i konzumacije kofeinske žvakaće gume „Mind the Gum“ na dvama vrstama treninga, ispitanik je dao svoj osvrt na poboljšanje izvedbe: „I na treningu i na utakmici sam dobio dojam da mi se smanjio umor i bio sam koncentriraniji. Jedini minus koji bih istaknuo jest žvakanje za vrijeme treninga jer ne mogu napraviti pauzu od 15 minuta.“

Isto tako, nakon 3. tjedna i provođenja tehnike ispiranja usta slatkom otopinom na dvama vrstama treninga, ispitanik je prokomentirao moguće poboljšanje izvedbe: "Osjetio sam osvježenje, a onda malo poboljšanje koncentracije i smanjenje umora, ali u kratkoročnom smislu (20-ak minuta)."

Osim samog osvrta na poboljšanje izvedbe, bilo je potrebno ispitati prisustvo nuspojava

(osobito nesanice), usporediti učinke dviju metoda te ispitati zadovoljstvo ispitanika ovim istraživanjem i pronađenim potencijalnim zamjenama za kofeinske tablete. Iz tog razloga proveden je kratki intervju od pet pitanja:

1. Je li se pojavio problem nesanice, ili neka druga nelagoda, nakon korištenja „Mind the gum“ žvakaće gume ili tehnike ispiranja usta slatkom otopinom? Ne.
2. Kako bi usporedio djelovanje ovih dviju metoda na svoju izvedbu? Što se tiče slatke otopine, sviđa mi se jer je prirodno i jednostavno te brzo djeluje na tijelo u smislu trenutnog smanjenja umora, ali je kod mene to bilo kratkoročno. S druge strane, učinci žvakaće gume trajali su dulje, no trebalo joj je duže vremena da počne djelovati.
3. Kada bi morao birati bolju varijantu za sebe i svoju vrstu treninga, što bi od istraživanog izabrao i zašto? Radije bih izabrao žvakaću gumu jer se na utakmici lakše koristi i ima duže djelovanje. No, kada bih imao uvjete za češće ispiranje usta, koristio bi slatku otopinu jer bolje i brže djeluje na mene.
4. Hoćeš li i dalje nastaviti konzumirati kofein nakon ovog testa? Kofein u obliku tableta je imao izraženiji učinak od sada isprobanih metoda, ali za sada želim ove rezultate osjetiti u dugoročnom smislu pa tek onda, ne budu li djelovali, vratiti se na kofeinske tablete.
5. Bi li preporučio nešto od korištenog svom timu? Naravno. Drago mi je da sam saznao za ove nove i zdravije načine ostvarivanja bolje izvedbe. Iznenadio sam se da nešto jednostavno, kao otopina šećera i vode, može imati utjecaj na moj rezultat.

Drake i suradnici (2013) proveli su istraživanje s ciljem istraživanja učinaka kofeina na san ovisno o dobu dana. Ono što su zaključili jest da konzumacijom 400 mg kofeina 0,3 ili čak 6 sati prije spavanja značajno djeluje na kvalitetu sna. Rezultati njihove studije sugeriraju izbjegavanje kofeina nakon 17:00, što se nije dogodilo kod našeg ispitanika. Doza od 200 mg kofeina (1 tableta Leovital Caffeine Boost-a) za ispitanika iznosi 2,06 mg/kg tjelesne mase kofeina. Ispitanik ju je konzumirao u prosjeku 4 sata prije spavanja (oko 19:00), ovisno o točnom terminu utakmice. Bez obzira što je doza kofeina mala, utjecala je na kvalitetu sna.

Glavni rezultat ovog istraživanja bio je taj da su i energetska žvakaća guma s kofeinom „Mind the gum“ i tehnika ispiranja usta slatkom otopinom učinkovito poboljšale sportsku izvedbu bez pojave nuspojava, poput nesanice. Energetska žvakaća guma „Mind the gum“ smanjila je umor

ispitanika te mu poboljšala koncentraciju, a tehnika ispiranja usta slatkom otopinom pružila mu je osvježenje tijekom teškog treninga te također smanjila umor i poboljšala koncentraciju. Energetska žvakaća guma „Mind the gum“ na ispitanika je imala sporiji učinak, no dulje djelovanje, u odnosu na tehniku ispiranja usta slatkom otopinom.

Moguće je da je placebo učinak bio makar djelomično zaslužan za dobivene rezultate. Uz to treba naglasiti da se radi o iskusnom sportašu koji je s pozitivnim očekivanjima pristupio ovoj intervenciji. Isto tako, na rezultate je moglo utjecati i kratko vrijeme ispitivanja. Međutim, ono što je bio cilj, na kraju je i ostvareno. Rukometni golman pronašao je alternative za kofeinske tablete koje nemaju utjecaj na njegov san. Osim toga, ispitanik je stekao pozitivan utisak ovih dviju metoda te naveo kako će ih definitivno nastaviti koristiti umjesto kofeinskih tableta.

5. ZAKLJUČCI

Na temelju ovog završnog rada može se zaključiti sljedeće:

1. Najčešće nuspojave kofeina su tahikardija, pojačano lupanje srca, glavobolja, nervoza, povećana proizvodnja urina, gastrointestinalni problemi, nesаница te bol u mišićima. Ovisno o dozi, pojava nuspojava je vjerojatnija. Što se tiče nuspojava bolova u mišićima i nesанице, češće su prijavljivani u manjim dozama kofeina u odnosu na umjerene i visoke. U slučaju viših koncentracija, kofein djeluje na ublažavanje boli, a na simptom nesанице utječu različiti termini konzumacije u danu.

2. Apsorpcija kofeina iz žvakaćih guma putem bukalne sluznice u usnoj šupljini u krv znatno je brža u odnosu na kofein apsorbiran iz drugih izvora želučanim putem te je zbog toga dobar odabir za sportove koji zahtijevaju brz početak djelovanja.

3. Žvakaća kofeinska guma pokazuje ergogene učinke za vježbe izdržljivosti i snage.

Sukladno rezultatima sustavnog pregleda literature o utjecaju kofeinskih žvakaćih guma na izvedbu sportaša zaključuje se:

4. Trenutni dokazi potvrđuju da kofeinska žvakaća guma ima potencijalne ergogene učinke na sportaše: bolje kognitivne funkcije, smanjenje umora i percipiranog napora.

5. Spomenuta istraživanja upućuju na to da je kofeinska žvakaća guma učinkovita u dozama kofeina od oko 3 mg/kg tjelesne mase, kada se konzumira 15 minuta prije aktivnosti. Međutim, potrebno je provesti dodatna istraživanja kako bi se potvrdilo preporučeno vrijeme i doza.

6. Sportaši, kojima je habitualni unos kofeina <40 mg/dan, mogu očekivati veći učinak doze kofeina od 2,5 mg/kg tjelesne mase u odnosu na sportaše, kojima je habitualni unos kofeina ~230 mg/dan.

Na temelju provedenog istraživanja o utjecaju kofeinskih žvakaćih guma i tehnike ispiranja usta slatkom otopinom na izvedbu rukometaša dobiveni su sljedeći zaključci:

7. Konzumacija kofeina oko 4 sata prije spavanja u dozi od 2 mg/kg tjelesne mase od strane sportaša s niskim dnevnim unosom kofeina, može značajno narušiti kvalitetu sna, no potrebno je još istraživanja na temu nuspojava kofeina konzumacijom < 3 mg/kg tjelesne mase.

8. Kofeinska žvakaća guma „Mind the gum“ od 0,41 mg kofeina/kg tjelesne mase i tehnika ispiranja usta slatkom otopinom pokazale su se učinkovitima za rukometnog golmana s niskim habitualnim unosom kofeina (<40 mg/kg tjelesne mase). Obje metode smanjile su percipirani napor tijekom utakmice i golmanskog treninga.

9. Upotreba kofeinskih žvakaćih guma ili tehnike ispiranja usta slatkom otopinom smanjuje rizik od pojave nuspojava u usporedbi s drugim oblicima kofeina, poput kofeinskih tableta.

6. POPIS LITERATURE

Acheson, K. J., Gremaud, G., Meirim, I., Montigon, F., Krebs, Y., Fay, L. B., i sur. (2004) Metabolic effects of caffeine in humans: lipid oxidation or futile cycling?. *The American Journal of Clinical Nutrition* **79**, 40–46. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.1.40>

Barcelos, R. P., Lima, F. D., Carvalho, N. R., Bresciani, G., Royes, L. F. (2020) Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. *Nutrition Research* **80**, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.05.005>

Barreto, G., Loureiro, L. M. R., Reis, C. E. G., & Saunders, B. (2023) Effects of caffeine chewing gum supplementation on exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Sport Science* **23**, 714–725. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2049885>

Burke L, Desbrow B, Spriet L. (2013) Caffeine for Sports Performance. United States of America: Human Kinetics

Cappelletti, S., Piacentino, D., Sani, G., Aromatario, M. (2015) Caffeine: cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug?. *Current Neuropharmacology* **13**, 71–88. <https://doi.org/10.2174/1570159X13666141210215655>

Conger, S. A., Tuthill, L. M., Millard-Stafford, M. L. (2022) Does Caffeine Increase Fat Metabolism? A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **33**, 112–120. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2022-0131>

Costa G., Morelli M., Simola N (2016) Methylxanthines and Drug Dependence and Substance Misuse, Volume 3: General Processes and Mechanisms, Prescription Medications, Caffeine and Areca, Polydrug Misuse, Emerging Addictions and Non-Drug Addictions, Victor R. Preedy, London

De Salles Painelli, V., Nicastro, H., Lancha, A. H., Jr (2010) Carbohydrate mouth rinse: does it improve endurance exercise performance?. *Nutrition Journal* **9**, 33.

<https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-33>

Da Silva, W. F., Lopes-Silva, J. P., Camati Felipe, L. J., Ferreira, G. A., Lima-Silva, A. E., Silva-Cavalcante, M. D. (2021) Is caffeine mouth rinsing an effective strategy to improve physical and cognitive performance? A systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **63**, 438–446. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1949576>

De Souza, J.G., Del Coso, J., Fonseca, F.d. i sur. (2022) Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: a systematic review. *European Journal of Nutrition* **61**, 3823–3834. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02874-3>

Doherty, M., Smith, P. M. (2005) Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* **15**, 69–78. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00445.x>

Drake, C., Roehrs, T., Shambroom, J., Roth, T. (2013) Caffeine effects on sleep taken 0, 3, or 6 hours before going to bed. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* **9**, 1195–1200. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3170>

Evans, M., Tierney, P., Gray, N., Hawe, G., Macken, M., Egan, B (2018). Acute Ingestion of Caffeinated Chewing Gum Improves Repeated Sprint Performance of Team Sport Athletes With Low Habitual Caffeine Consumption. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **28**, 221–227. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0217>

Filip-Stachnik, A., Krawczyk, R., Krzysztofik, M., Rzeszutko-Belzowska, A., Dornowski, M., Zajac, A. i sur. (2021) Effects of acute ingestion of caffeinated chewing gum on performance in elite judo athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **18**, 49. <https://doi.org/10.1186/s12970-021-00448-y>

Graham, T.E. (2001) Caffeine and Exercise. *Sports Medicine* **31**, 785–807. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131110-00002>

Graham, T. E., Battram, D. S., Dela, F., El-Sohemy, A., Thong, F. S. (2008) Does caffeine alter

muscle carbohydrate and fat metabolism during exercise?. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* **33**, 1311–1318. <https://doi.org/10.1139/H08-129>

Graham, T. E., Helge, J. W., MacLean, D. A., Kiens, B., Richter, E. A. (2000) Caffeine ingestion does not alter carbohydrate or fat metabolism in human skeletal muscle during exercise. *The Journal of Physiology* **529**, 837–847. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.00837.x>

Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M. i sur. (2021) International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **18**, 1. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>

Kamimori, G. H., Karyekar, C. S., Otterstetter, R., Cox, D. S., Balkin, T. J., Belenky, G. L. i sur. (2002) The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. *International Journal of Pharmaceutics* **234**, 159–167. [https://doi.org/10.1016/s0378-5173\(01\)00958-9](https://doi.org/10.1016/s0378-5173(01)00958-9)

Kaszuba, M., Klocek, O., Spieszny, M., Filip-Stachnik, A. (2022). The Effect of Caffeinated Chewing Gum on Volleyball-Specific Skills and Physical Performance in Volleyball Players. *Nutrients* **15**, 91. <https://doi.org/10.3390/nu15010091>

Laurent, D., Schneider, K. E., Prusaczyk, W. K., Franklin, C., Vogel, S. M., Krssak, M. i sur. (2000) Effects of caffeine on muscle glycogen utilization and the neuroendocrine axis during exercise. *The Journal of Endocrinology and Metabolism* **85**, 2170–2175. <https://doi.org/10.1210/jcem.85.6.6655>

Miller, B., O'Connor, H., Orr, R. i sur. (2014) Combined caffeine and carbohydrate ingestion: effects on nocturnal sleep and exercise performance in athletes. *European Journal of Applied Physiology* **114**, 2529–2537. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2973-z>

Nehlig, A., Daval, J. L., & Debry, G. (1992) Caffeine and the central- nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research. Brain Research Reviews* **17**, 139–170. [https://doi.org/10.1016/0165-0173\(92\)90012-b](https://doi.org/10.1016/0165-0173(92)90012-b)

Ósz, B. E., Jítcă, G., Ștefănescu, R. E., Pușcaș, A., Tero-Vescan, A., Vari, C. E. (2022) Caffeine and Its Antioxidant Properties-It Is All about Dose and Source. *International Journal of Molecular Sciences* **23**, 13074. <https://doi.org/10.3390/ijms232113074>

Pickering, C., Grgic, J. (2019) Caffeine and Exercise: What Next?. *Sports Medicine* **49**, 1007–1030. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01101-0>

Polito, M. D., Souza, D. B., Casonatto, J., Farinatti, P. (2016). Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis. *Science & Sports* **31**. 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2016.01.006>

Ranchordas, M. K., King, G., Russell, M., Lynn, A., Russell, M. (2018) Effects of Caffeinated Gum on a Battery of Soccer-Specific Tests in Trained University-Standard Male Soccer Players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* **28**, 629–634. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0405>

Ranchordas, M. K., Pratt, H., Parsons, M., Parry, A., Boyd, C., Lynn, A. (2019) Effect of caffeinated gum on a battery of rugby-specific tests in trained university-standard male rugby union players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **16**, 17. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0286-7>

Russell, M., Reynolds, N. A., Crewther, B. T., Cook, C. J., Kilduff, L. P. (2020) Physiological and Performance Effects of Caffeine Gum Consumed During a Simulated Half-Time by Professional Academy Rugby Union Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* **34**, 145–151. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002185>

Spriet L. L. (2014) Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports Medicine* **44**, 175–184. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0257-8>

Spriet, L. L., MacLean, D. A., Dyck, D. J., Hultman, E., Cederblad, G., Graham, T. E. (1992) Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *The American Journal of Physiology* **262**, 891–898. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1992.262.6.E891>

Taheri Karami, G., Hemmatinavar, M., Koushkie Jahromi, M., Nemati, J., Niknam, A. (2023) Repeated mouth rinsing of coffee improves the specific-endurance performance and jump performance of young male futsal players. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* **20**, 2214108. <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2214108>

Tauler, P., Martínez, S., Moreno, C., Monjo, M., Martínez, P., Aguiló, A. (2013) Effects of caffeine on the inflammatory response induced by a 15-km run competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise* **45**, 1269–1276. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182857c8a>

Van Soeren, M., Mohr, T., Kjaer, M., & Graham, T. E. (1996). Acute effects of caffeine ingestion at rest in humans with impaired epinephrine responses. *Journal of Applied Physiology* **80**, 999–1005. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.80.3.999>

Wickham, K. A., Spriet, L. L. (2018) Administration of Caffeine in Alternate Forms. *Sports Medicine* **48**, 79–91. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0848-2>

Willson C. (2018) The clinical toxicology of caffeine: A review and case study. *Toxicology Reports* **5**, 1140–1152. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.11.002>

Z. Šatalić, M. Sorić, M. Mišigoj Duraković (2016) Sportska prehrana. Znanje d.o.o.

Izjava o izvornosti

Ja _____ izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat
mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u
njemu navedeni.

Vlastoručni potpis