

# UTJECAJ SUPLEMENTACIJE NITRATIMA NA SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U EKIPNIM SPORTOVIMA

---

Čulina, Ante

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:580513>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-04**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

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

**Ante Čulina**

**UTJECAJ SUPLEMENTACIJE NITRATIMA NA  
SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U EKIPNIM  
SPORTOVIMA**

(diplomski rad)

**Mentor:**  
**doc. dr. sc. Daniel Bok**

Zagreb, svibanj 2021.

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:

---

doc. dr. sc. Daniel Bok

Student:

---

Ante Čulina

## UTJECAJ SUPLEMENTACIJE NITRATIMA NA SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U EKIPNIM SPORTOVIMA

### **Sažetak:**

U okruženju velike konkurencije sportaši često konzumiraju dodatke prehrani kako bi dodatno unaprijedili sposobnosti postignute treningom i poboljšali svoju izvedbu. Ta poboljšanja u sportskoj izvedbi mogu značiti razliku između pobjede i poraza. Nedavna istraživanja upotrebe prehrambenih nitrata i njihove uloge u vaskularnoj funkciji dovela su do toga da postaju progresivno popularnija među sportašima koji pokušavaju poboljšati radnu sposobnost. Tijekom aktivnosti u ekipnim sportovima u kojima se javljaju kratkotrajne visoko-intenzivne aktivnosti isprepletene s kratkim razdobljima oporavka, dokazano je da suplementacija sokom od cikle, bogatom nitratima, može poboljšati fiziološke procese mišićnih vlakana tipa II, čija je regrutacija značajno zastupljena u takvim uvjetima. Suplementacija nitratima dovesti će do brojnih povoljnih učinaka, prvenstveno dušikovog oksida, naročito pri aktivnostima visokog intenziteta i smanjene raspoloživosti kisika.

**Ključne riječi:** sok od cikle, dušikov oksid, mišićna vlakna tipa II, visoko-intenzivna aktivnost

## THE EFFECT OF NITRATE SUPPLEMENTATION ON SPECIFIC ENDURANCE IN TEAM SPORTS

### **Abstract:**

In an environment of high competition athletes often consume dietary supplements to enhance the abilities achieved by training, and improve performance. These improvements in performance, could make the difference between winning and losing. Recent research on the use of dietary nitrates and their role in vascular function has led to their increasing popularity among athletes in search for performance improvement. In team sports, with short-term high-intensity activities intertwined with short recovery periods, it has been shown that beetroot juice supplementation can improve the physiological processes of type II muscle fibres,

predominantly recruited in such activities. Nitrate supplementation will lead to several benefits within the body, primarily through the many functions of nitric oxide, during high intensity activities when the availability of oxygen is reduced and the action of nitrate supplements is enhanced.

**Key words:** beetroot juice, nitric oxide, type II muscle fibres, high-intensity activity

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. MEHANIZAM DJELOVANJA NITRATA NA ORGANIZAM .....	3
2.1. NITRATI I NITRITI U PRIRODI I MOGUĆI ZDRAVSTVENI RIZICI .....	4
3. EKIPNI SPORTOVI .....	6
3.1. KONDICIJSKA PRIPREMLJENOST .....	6
3.2. IZDRŽLJIVOST .....	6
3.3. BRZINA/SPOSOBNOST PONAVLJANJA SPINTOVA .....	7
4. ODABIR I ZNAČAJKE STUDIJA .....	9
5. UTJECAJ NITRAT SUPLEMENTACIJE NA SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U EKIPNIM SPORTOVIMA .....	10
5.1. UTJECAJ NITRAT SUPLEMENTACIJE NA SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U NOGOMETU .....	10
5.2. UTJECAJ NITRAT SUPLEMENTACIJE NA BRZINU/SPOSOBNOST PONAVLJANIH SPINTOVA U EKIPNIM SPORTOVIMA .....	12
6. ZAKLJUČAK .....	20
7. LITERATURA .....	22

## 1. UVOD

Dobro osmišljena prehrana koja sadrži dovoljnu energiju i unos hranjivih sastojaka uključujući pravilan raspored obroka, temelj je na kojemu se može razviti optimalan trening i izvedba. Ipak, postoji mišljenje da zajedno s dobro osmišljenim treningom, odgovarajuće uzimanje nekih dodataka prehrani može poboljšati izvedbu u ekipnom sportu. Navedeno je iznjedrilo multimilijunsku industriju koja agresivno plasira svoje proizvode u ekipne sportove garantirajući poboljšanje izvedbe. Međutim, većina izjava o potencijalnim učincima suplementacije na sportske izvedbe ili zdravlje koja se pojavljuju na oznakama mnogih proizvoda nisu potkrijepljena jasnim znanstvenim dokazima (Dominguez i sur., 2018).

Maughan i suradnici (2018) navode da određeni dodaci prehrani potvrđeni s visokom razinom dokaza poboljšavaju rad u određenim modalitetima, ukoliko se uzimaju u odgovarajućim količinama. Navedena skupina uključuje:  $\beta$ -alanin, natrijev bikarbonat, kofein, kreatin i sok od cikla.

Ergogeni učinak omogućiti će sportašima brži oporavak i odgodu pojave umora uslijed treninga i natjecanja, stoga određena sredstva pobuđuju interes cijelokupne sportske populacije. Gledajući ekipne sportove najviše je istražen kreatin čije ergogeno djelovanje odgovara profilu aktivnosti ekipnih sportova (pozitivno utječe na oporavak kreatin-fosfata). Kofein također daje pozitivne rezultate djelovanjem na sudionike ekipnih sportova, poboljšavajući brzinu, snagu, izvedbu sprinta i skoka. Za brži oporavak sportaša, kako bi prvi sljedeći trening ili natjecanje dočekaao spreman, osim raznih suplemenata koriste se energetska pića i gelovi (Mujika i Burke, 2010). U okruženju velike konkurencije sportaši često konzumiraju dodatke prehrani kako bi poboljšali svoju izvedbu, dodatno unaprijedili sposobnosti postignute treningom koje mogu biti razlika između pobjede ili poraza, istraživanja i procjene učinkovitosti prehranbenih ergogenih sredstava predstavljaju vrijedan postupak. Nedavna istraživanja upotrebe prehranbenih nitrata i njihove uloge u vaskularnoj funkciji dovela su do toga da postaju progresivno popularnija među sportašima koji pokušavaju poboljšati radnu sposobnost (McMahon, Leveritt i Pavey, 2017). Tijekom aktivnosti u ekipnim sportovima, poput nogometa, hokeja ili ragbija, u kojima se javljaju kratkotrajne visoko-intenzivne aktivnosti isprepletene s kratkim razdobljima oporavka, dokazano je da nitrat suplementacija može poboljšati fiziološke procese mišićnih vlakana tipa II, čija je regrutacija značajno zastupljena u takvim uvjetima. Slijedom

navedenog, dolazi se do zaključka da postoji potencijal za poboljšanje intervalne visoko-intenzivne aktivnosti specifične za ekipni sport (Thompson i sur., 2016) zbog čega nitrat suplementacija u posljednje vrijeme i bilježi rast u popularnosti kao sredstvo sportske suplementacije.

Suplementacija nitratima pokazala se vrlo učinkovitom u poboljšanju natjecateljske aktivnosti u sportovima izdržljivosti. Budući da se ekipni sportovi sastoje od različitih aktivnosti u kojima se stalno izmjenjuje intenzitet izvedbe te se one odvijaju kroz duže vremenske periode, specifična izdržljivost predstavlja važnu kondicijsku sposobnost koja utječe i na ukupnu natjecateljsku izvedbu u ekipnim sportovima. Potrebno je stoga utvrditi da li suplementacija nitratima utječe na povećanje specifične izdržljivosti kod sportaša iz ekipnih sportova.

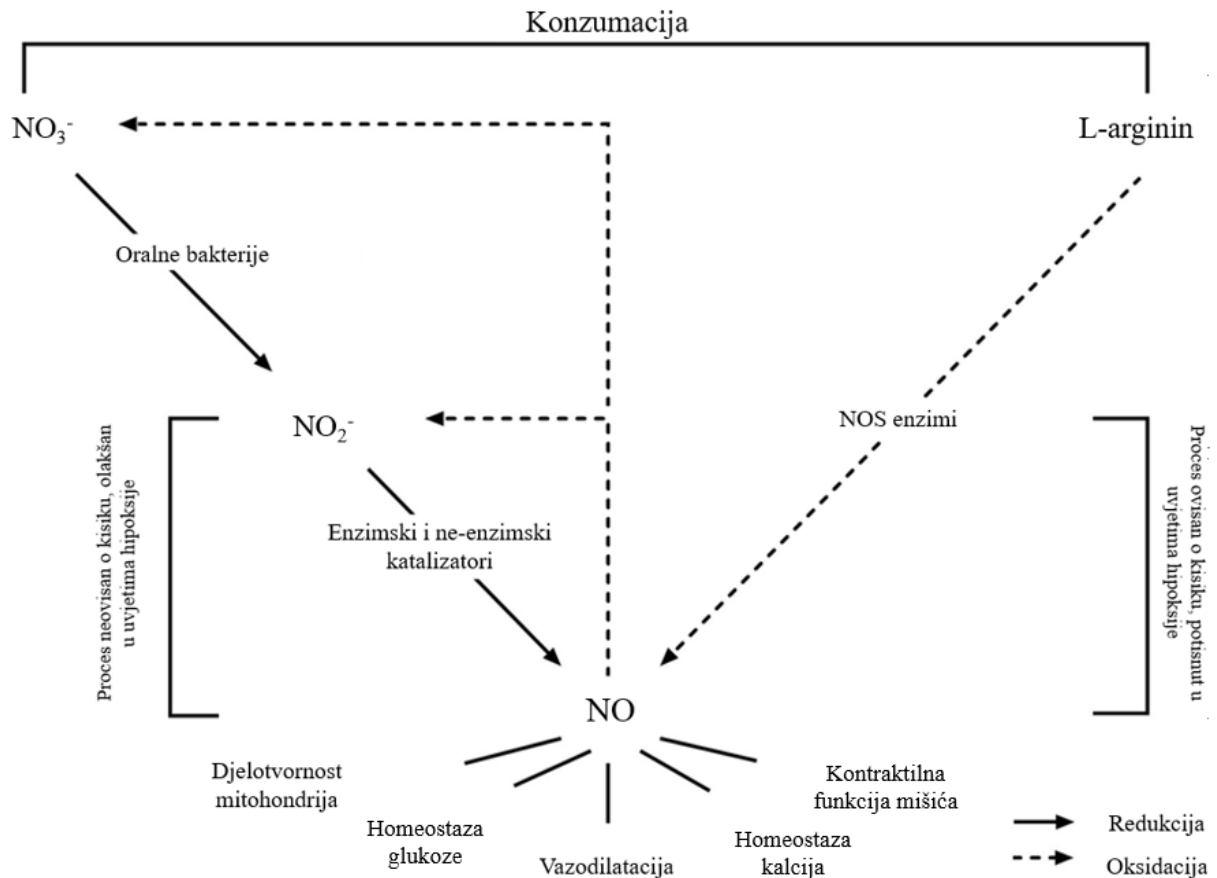
Cilj ovoga rada je pregled znanstvene literature i sistematizacija znanstvenih spoznaja o utjecaju suplementacije nitratima na specifičnu izdržljivost sportaša iz ekipnih sportova. Pregled literature uključivati će akutne i kronične učinke soka od cikla koji se odnose na brzinu, izdržljivost i sposobnost ponavljanih sprintova.



## 2. MEHANIZAM DJELOVANJA NITRATA NA ORGANIZAM

Zeleno lisnato povrće bogati je izvor nitrata ( $\text{NO}_3^-$ ). Namirnice s visokom koncentracijom nitrata ( $>250$  mg/100 g) uključuju špinat, rukolu, kelj, celer, zelenu salatu, rotkvicu, blitvu i ciklu (McMahon i sur., 2017). Nitrati konzumirani hranom imaju 100% bioraspoloživosti, dok količina do 25% ulazi u enterosalivarno kruženje koncentrirana u slini te biva reducirana do nitrita ( $\text{NO}_2^-$ ) putem anaerobnih bakterija *Staphylococcus sciuri* i *S.intermedius*. Potom se dio konvertira u dušikov oksid (NO) u kiselom mediju želuca, a dio se apsorbira što rezultira povećanjem nitrita u krvi. Oni nitriti koji putem krvi dopiju do mišića bivaju reducirani u NO. Redukcija koja uključuje smanjenu raspoloživost kisikom i acidozu povezana je s uvjetima intenzivne tjelesne aktivnosti. Dušikov oksid (NO) kao signalna molekula ima snažan utjecaj na imunološki sustav, krvni tlak, opskrbu tkiva krvlju, homeostazu kalcija i glukoze, stanično disanje. Osim navedenih, NO ima povoljan učinak na kontrakciju mišića, djelotvornost mitohondrija i opskrbu krvlju mišićnih vlakana, osobito tipa II (Štalić, Sorić i Mišigoj-Duraković, 2015). Poluživot stvorenog NO traje manje od 5 sekundi, jer brzo oksidira u nitrit i dalje u nitrat. Zato djeluje brzo pri čemu iz endotelne stanice prelazi u stanice glatkih mišića i tu izaziva vazodilataciju. Potom se oksidira u  $\text{NO}_2^-$ , ulazi u krvnu plazmu i potom u eritrocite. U eritrocitima  $\text{NO}_2^-$  oksidira u  $\text{NO}_3^-$ , prelazi natrag u plazmu i izlučuje se putem bubrega u mokraći. U venskoj se krvi NO u eritrocitima veže s reduciranim hemoglobinom i u plućima oksidira u  $\text{NO}_3^-$ . U tragovima je prisutan i u izdahnutom zraku (Štraus, 1996). Prilikom konzumacije, razina nitrata u krvi doseže maksimalnu vrijednost nakon 1-2 sata, a nitrita 2-3 sata, nakon čega dolazi do postupnog snižavanja i povratka na početnu razinu za otprilike 24 sata. Zanimljivo je da suplementacija nitratima također smanjuje utrošak kisika pri submaksimalnom vježbanju te u nekim slučajevima produljuje razinu vježbanja (Jones, 2014). Osim unosom hrane, NO može nastati oksidacijom semi-esencijalne aminokiseline L-arginin. U ovoj reakciji potreban je kisik kao ko-supstrat kako bi došlo do kataliziranja enzima NO sinteze (NOS). Također, stanje hipoksije, pri čemu je smanjena raspoloživost kisika rezultira potiskivanjem mogućnosti nastajanja NO. Dok nastajanje NO putem L-arginina ovisi o kisiku, konzumacija nitratima poboljšava generiranje NO u uvjetima hipoksije. Konkretno, dušikov oksid nastaje od gvanidinske skupine L-arginina u prisutnosti kisika, a kao nusproizvod nastaje L-citrulin (Shannon i sur., 2017). Upravo zbog toga što nitrat suplementacija omogućuje redukciju  $\text{NO}_2^-$  u NO u uvjetima smanjenje raspoloživosti kisika, što odgovara uvjetima izvođenja tjelesne aktivnosti visokog

intenziteta, izaziva sve veće zanimanje u proučavanju njenih učinaka uzimajući u obzir benefite djelovanja signalne molekule NO na cjelokupni organizam.



Slika 1. Mehanizam djelovanja nitrata na organizam (Shannon i sur., 2017)

## 2.1. NITRATI I NITRITI U PRIRODI I MOGUĆI ZDRAVSTVENI RIZICI

Nitrati i nitriti nalaze se u okolišu kao dio prirodnog ciklusa kruženja dušika i dušikovih spojeva u prirodi. Pronalaze se u hrani (povrće), tlu, zraku i vodi te se prirodno sintetiziraju u ljudskom organizmu. Nerijetko se koriste kao aditivi u hrani. Ljudi su često izloženi nitratima prilikom konzumacije povrća i mesnih prerađevina, a u manjoj mjeri putem vode.

Voda s većom koncentracijom nitrata prilikom konzumacije može akutnim djelovanjem na organizam izazvati methemoglobiniju gdje će se nitrati reducirati u nitrite u probavnom sustavu, oksidirati željezo u hemoglobinu crvenih krvnih stanica tvoreći methemoglobin, bez sposobnosti da se kisik prenese do stanica pri čemu koža i krvne žile poplave. Kronično može doći do povećanog rizika razvoja karcinoma zbog olakšanog stvaranja nitrozamina u želučanom lumenu (Nujić, Habuda-Stanić, 2017).

Štetni kancerogeni spojevi N-nitrozamini nastaju kao produkt reakcije nitrozacije prilikom procesiranja mesa ili mesnih prerađevina u reakciji između dodanih nitrata s proteinima mesa. Nitrati nemaju direktan utjecaj na meso i mesne prerađevine, imaju manju reaktivnost kada se dodaju kao konzervansi. Za crvenu boju mesa, okus i antibakterijska svojstva prerađenih mesnih proizvoda zaslužni su nitriti (Pavlinić Prokurica i sur., 2010).

### 3. EKIPNI SPORTOVI

Popularnost ekipnih sportova očituje se milijunima pratitelja širom svijeta. O uspješnosti pojedine momčadi odlučuju postignuti golovi ili bodovi, manje brzina, snaga ili izdržljivost pojedinih igrača. Ipak, moguće je definirati neke tjelesne osobine važne za uspjeh u pojedinom ekipnom sportu.

#### 3.1. KONDICIJSKA PRIPREMLJENOST

Kondicijska pripremljenost sportaša određuje njegovu ulogu i doprinos u samoj igri. Sposobnost da održava izvedbu visokog intenziteta često je presudna za konačni rezultat. Kvalitetno kondicijski pripremljen sportaš u ključnim trenucima neće gubiti koncentraciju, promašivati dodavanja i udarce, za razliku od nespremnog sportaša koji u takvim situacijama griješi i odmaže svojoj momčadi (Carling, Bloomfield, Nelsen i Reilly, 2008). Razina kondicijske pripremljenosti odrediti će sposobnost igrača da ispuni specifične zahtjeve koje je pred njega nametnula igračka pozicija. Ekipni sportovi od svojih sudionika iziskuju ponavljanje maksimalnih i submaksimalnih kretnji koje uključuju ubrzanje, promjene u tempu i smjeru kretanja, sprintove, skokove i udarce u kombinaciji s kratkim intervalima oporavka, sa ili bez lopte, kroz period od 1-2 sata. Visoki fizički zahtjevi koji su postavljeni pred sportaše zahtijevaju visoku razinu agilnosti, brzine, izdržljivosti, mišićne jakosti i snage. Od sportaša se također traži da izvode kompleksne motoričke zadatke (taktički zadaci u obrani i napadu, razna dodavanja) pod pritiskom i umorom (Rampinini, Impelizzieri, Castagna i Wisloff, 2008).

#### 3.2. IZDRŽLJIVOST

Izdržljivost je sposobnost organizma da trenažno ili natjecateljsko opterećenje, odnosno rad određenog intenziteta održava što dulje bez smanjenja efikasnosti same izvedbe. Uzimajući u obzir da izdržljivost omogućuje dugotrajno obavljanje rada za koji je potrebna energija,

proizlazi da su glavne odrednice izdržljivosti funkcionalne sposobnosti kao čovjekovi energetske kapacitete (Maršić, Dizdar i Šentija, 2008).

Tijekom utakmice sportaši mogu prijeći udaljenost 8-14 kilometara, prosječnim intenzitetom ~85-90% maksimalne frekvencije srca ( $HR_{max}$ ) ili 75-80% maksimalnog primitka kisika ( $VO_{2max}$ ) s određenim razlikama u odnosu na poziciju u momčadi. Ovaj podatak sugerira da je aerobni sustav, odnosno izdržljivost, važna fiziološka odrednica u ekipnim sportovima. Visoka razina laktata koja se javlja tijekom igre upućuje na visoku aktivnost i anaerobnog energetske sustava (Spencer, Bishop i Dawson, 2005). Anaerobne sposobnosti omogućiti će izvedbu maksimalnih i submaksimalnih aktivnosti, čija mogućnost izvedbe ovisi o oporavku od prethodnih radnih zadataka (Balsom, Seger, Sjodin i Ekblom, 1992).

### 3.3. BRZINA/SPOSOBNOST PONAVLJANJA SPINTOVA

Sprint, definiran kao trčanje brzinom čija donja granica iznosi 25 km/h, iznosi 5-10% ukupne prijeđene udaljenosti, odgovarajući ukupnom vremenu 1-3% ragbi i nogometne utakmice (Gabbett, King i Jenkins, 2008). O važnosti sprinta za ekipni sport govori u prilog činjenica da prilikom postizanja pogotka u nogometu, najčešća kretnja igrača koji su sudjelovali u akciji bila je u sprintu, dok prilikom borbe za loptu dva suparnika, igrač koji uspori ~0.8% gubi posjed lopte (Paton, Hopkins i Vollebregt, 2001). Izvedba sprinta određuje se duljinom i frekvencijom koraka. Brzinu je moguće povećati jedino promjenom jednog ili oba navedena parametra. Na duljinu koraka utječe snaga koja opskrbljuje brza mišićna vlakna ATP-om i dinamička fleksibilnost koja omogućuje pomicanje odgovarajućih zglobova kroz veliki raspon kretanja pri velikim brzinama. Frekvencija koraka povezana je s čimbenicima poput intramuskularne koordinacije (Ross, Leveritt i Riek, 2001). Prilikom sprintova energija se dobiva ATP-om, razgradnjom kreatin-fosfata i anaerobnom glikolizom (Gaitanos, Williams, Boobis i Brooks, 1993).

Sportski znanstvenici i treneri slažu se da sposobnost izvođenja ponavljanih sprintova s minimalnim oporavkom predstavlja važan aspekt ekipnog sporta (Spencer, Bishop, Dawson i Goodman, 2005). Prosječna duljina sprinta u nogometu iznosi 10-20 metara, trajanja od 2-3 sekunde (Mohr, Krusturup i Bangsbo, 2003), dok u hokeju sprint traje 1.8-3.1 sekunde (Spencer i sur, 2004).

Broj zabilježenih sprintova u nogometnoj utakmici varira od 10 do 62 s ukupno prijeđenih 670-975 metara u sprintu tijekom utakmice (Mohr, Krustup i Bangsbo, 2003). Ukoliko se sprint od 2 do 3 sekunde izvodi u razmaku od 1-2 minute tijekom utakmice, mala je mogućnost opadanja izvedbe. Prilikom izvedbe kratkih sprintova u trajanju približno 5,5 sekundi izvođenih svake 2 minute također nema smanjenja u izvedbi, čak i kada se izvodi 15 sprintova uzastopno. Kada se trajanje oporavka smanji na 90 sekundi, značajno smanjenje vremena izvedbe bilo je očito tek nakon 11. sprinta (Balsom i sur, 1992).

#### 4. ODABIR I ZNAČAJKE STUDIJA

Svaka studija koja se nalazi u pregledu za sudionike je imala sportaše ekipnih sportova. Priloženi su svi dostupni radovi koji su istraživali učinak suplementacije nitratima na navedene sudionike.

U 9 studija ukupno je sudjelovalo 177 ispitanika, 157 muškaraca i 20 žena. Ukupno 3 studije (Martin, Smee, Thompson i Rattray, 2014., Aucouturier i sur., 2015, Clifford i sur., 2016.) proučavale su utjecaj jedne konzumacije soka od cikle (akutni učinak). Sok od cikle konzumiran je 120 minuta prije testiranja (Martin i sur., 2014), 150 minuta (Clifford i sur., 2016) i 180 minuta (Aucouturier i sur., 2015). Ostalih 6 studija promatrale su utjecaj kronične suplementacije (Wylie i sur, 2013, Wylie i sur., 2015, Buck i sur., 2015, Thomspn i sur., 2015, Thomspn i sur., 2016, Nyakayiru i sur., 2017).

Razdoblje korištenja suplementacije u 2 navrata iznosilo je 5 (Wylie i sur., 2015, Thomspn i sur., 2016), odnosno 6 dana (Buck i sur., 2015, Nyakayiru i sur., 2017), dok je u jednoj studiji promatran učinak suplementacije korištene 7 dana (Thomspn i sur., 2015). Doza  $\text{NO}_3^-$  kretala se u rasponu od 6.4 do 12.9 mmol  $\text{NO}_3^-$ . U jednoj studiji ispitivana je učinkovitost soka od cikle, uzet odvojeno ili u kombinaciji s natrijevim fosfatom (Buck i sur, 2015).

Na bicikl ergometru rađeno je 4 studije, ostalih 5 koristilo je terenske testove za procjenu specifične aerobne izdržljivosti.

Nogomet kao jedan od svjetski najpopularnijih i rasprostranjenijih sportova, karakteriziran je višestrukim izvođenjem sprintova i aktivnosti visokog intenziteta tijekom utakmice u trajanju od 90 minuta, pri čemu je značajan doprinos mišićnih vlakana tipa II (Krustrup i sur., 2006).

## 5. UTJECAJ NITRAT SUPLEMENTACIJE NA SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U EKIPNIM SPORTOVIMA

### 5.1. UTJECAJ NITRAT SUPLEMENTACIJE NA SPECIFIČNU IZDRŽLJIVOST U NOGOMETU

*Tablica 1. Utjecaj nitrata suplementacije na specifičnu izdržljivost u nogometu*

Autori	Ispitanici	Nacrt istraživanja	Doza suplementacije	Test	Rezultat
Wylie i sur (2013)	14 M; ekipni sportovi; amaterska razina	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	2 x 8.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> dan prije testiranja 8.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 2,5 h, 4.2 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 1,5 h prije testiranja	YoYo IR1	Sok od cikla: 4.2% bolji rezultat
Thompson i sur (2016)	36 M; ekipni sportovi: amaterska razina	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	6.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (5 dana)	YoYo IR1	Sok od cikla: 3.9% bolji rezultat
Nyakayiru i sur (2017)	40 M; nogomet; 2. i 3. amaterska liga Nizozemske	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	12.9 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (6 dana)	YoYo IR1	Sok od cikla: 3.4% bolji rezultat



Zbog duljine trajanja igre, nogomet uglavnom ovisi o aerobnom metabolizmu. Tijekom 90-minutne utakmice, prosječni intenzitet rada je blizu anaerobnog praga gledajući postotak maksimalne frekvencije srca. Fiziološki je nemoguće zadržati veći prosječni intenzitet tijekom duljeg vremenskog razdoblja zbog rezultirajuće nakupine laktata u krvi. Stoga igračima trebaju aktivnosti niskog intenziteta tijekom utakmice kako bi uklonili laktate iz aktivnih mišića (Ekblom, 1986).

Yo-Yo IR1 test smatra se valjanim i pouzdanim u ispitivanju specifične izdržljivosti u nogometu (Bangsbo, Iaia, Krstrup, 2008) jer je dizajniran kako bi simulirao specifične trkačke aktivnosti koje će procijeniti sportaševu sposobnost otpora na umor tijekom intervalne aktivnosti pri čemu su zastupljeni aerobni i anaerobni energetske sustavi. Ovaj test je također osjetljiv na promjene u kondicijskom statusu sportaša ekipnih sportova, rezultirane trenažnim i natjecateljskim aktivnostima (Krstrup i sur., 2006).

Pozitivan utjecaj suplementacije nitratima utvrđen je u 3 istraživanja u kojima su ispitanici koji su konzumirali sok od cikle postigli bolji rezultat u YoYo IR1 testu, u rasponu od 3.4-4.2%.

Nyakayiru i suradnici (2017) proveli su istraživanje koje je obuhvaćalo samo skupinu nogometaša, druge i treće amaterske lige u Nizozemskoj. Sok od cikle konzumirao se tijekom 6 dana ( $12.9 \text{ mmol NO}_3^-$ ). Sudionici koji su konzumirali nitrat suplementaciju postigli su bolji rezultat ( $1623 \pm 48$  metara) u odnosu na sudionike koji su uzimali placebo napitak ( $1574 \pm 47$  metara) u iznosu od  $3.4 \pm 1.3\%$ . Rezultat Yo-Yo IR1 testa bio je u prosjeku  $\sim 15\%$  veći u odnosu na istraživanje Thompsona i suradnici (2016), koje je uz nogometaše obuhvatilo i trenirane igrače ragbija i hokeja, ukupno 36 sportaša. Količina suplementacije bila je manja ( $6.4 \text{ mmol NO}_3^-$ ) i kraća za jedan dan. Udaljenost prijeđena na Yo-Yo IR1 testu bila je 3.9% veća kod ispitanika koji su konzumirali sok od cikle u odnosu na placebo. Posljednje istraživanje koje se može povezati s nogometom, proveli su Wylie i suradnici (2013), s najmanjim uzorkom ispitanika, odnosno ukupno 14 ekipnih sportaša. Vrijeme korištenja suplementacije bilo je kraće u odnosu na prethodna istraživanja, 2 dana ( $8.2 \text{ mmol NO}_3^-$ ). Grupa koja je koristila sok od cikle ostvarila je 4.2% bolji rezultat u odnosu na skupinu koja je konzumirala placebo.

## 5.2. UTJECAJ NITRAT SUPLEMENTACIJE NA BRZINU/SPOSOBNOST PONAVLJANIH SPINTOVA U EKIPNIM SPORTOVIMA

Tablica 2. Utjecaj nitrata suplementacije na brzinu/sposobnost ponavljanih sprintova u ekipnim sportovima

Autori	Ispitanici	Nacrt istraživanja	Doza suplementacije	Test	Rezultat
Martin i sur (2014)	9 M, 7 Ž; ekipni sportovi	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	6.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (120 minuta prije testiranja)	SPS Bicikl ergometar: setovi do otkaza od 8 sekundi sprint – odmor 30 sekundi	Sok od cikla: -13% ponavljanja (13 ± 5 vs 15 ± 6), -17% ukupnog rada (49.2 ± 24.2 vs 57.8 ± 34.0 kj)
Wylie i sur (2015)	10 M; ekipni sportovi; rekreativna razina	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	8.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (5 dana)	SPS Bicikl ergometar: 24 x (6 sekundi sprint – odmor 24 sekunde), 7 x (30 sekundi sprint – odmor 4 minute), 6 x (60 sekundi sprint – odmor 60 sekundi)	Sok od cikla: 5% veća prosječno potisnuta snaga u 24 x (6 sekundi sprint – odmor 24 sekundi) 1% manja prosječno potisnuta snaga u 7 x (30 sekundi sprint – odmor 4 minute) Bez razlike u 6 x (60 sekundi sprint – odmor 60 sekundi)
Buck i sur (2015)	13 Ž; ekipni sportovi	Dvostruko slijepo, randomizirano, latinski kvadrat	6.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (6 dana)	SPS Na poluvremenu i nakon simulacije ekipne utakmice: 6 x (20 metara sprint - odmor 25 sekundi)	Sok od cikla: - 0.2 % ukupno vrijeme sprinta po setu (69.8 ± 4.9 vs 69.97 ± 4.2)
Thompson i sur (2015)	16 M; ekipni sportovi, rekreativna razina	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	12.8 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (7 dana)	SPS Bicikl ergometar: 2x [5x(6 sekundi sprint - odmor 14 sekundi)] tijekom simulirajuće	Sok od cikla: 3.5 % više ukupnog rada (123 ± 19 vs 119 ± 17 kj), u prvom dijelu 5% (63 ± 20 vs 60 ± 18)

				ekipne utakmice	kj), u drugom 2% (60 ± 17 vs 59 ± 16 kj)
Aucouturier i sur (2015)	12 M; ekipni sportovi, rekreativna razina	Jednostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	10.9 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (180 minuta prije testiranja)	SPS Bicikl ergometar: setovi do otkaza; 15 sekundi sprint - 30 sekundi oporavak	Sok od cikla: 20% više ponavljanja (26.1 ± 10.7 vs 21.8 ± 8.0) i 18% veći ukupni rad (168.2 ± 60.2 vs 142.0 ± 46.8 kj)
Clifford i sur (2016)	20 M; ekipni sportovi	Dvostruko slijepo, nacrt nezavisnih grupa	11.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (150 minuta prije testiranja)	SPS 2 x (20 x 30 metara sprint - odmor 30 sekundi)	Sok od cikla: -1% prosječno vrijeme sprinta SPS 1, -2% SPS 2, -2% najbrži sprint SPS 1 i -3% SPS 2
Thompson i sur (2016)	36 M; ekipni sportovi: amaterska razina	Dvostruko slijepo, randomizirano, unakrsno	6.4 mmol NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (5 dana)	Brzina: 5 sprintova na 20 metara	Sok od cikla: 1.2% bolje vrijeme na 20 metara, 2.3% na 5 metara i 1.6% na 10 metara

Legenda: SPS - sposobnost ponavljanih sprintova

U ekipnim sportovima isprepliću se periodi izvedbe visokog intenziteta i razdoblje odmora. Nakon visoko-intenzivne aktivnosti od približno 3-4 sekunde slijedi razdoblje aktivnog odmora koje varira (Spencer i sur., 2005). Sposobnost ponavljanja visoko-intenzivne aktivnosti sa kratkim razdobljem oporavka smatra se pokazateljem uspješnosti pojedinog sportaša. To znači da vrhunski sportaši moraju posjedovati sposobnost održavanja izvedbe u uzastopnim intervalima visokog intenziteta tijekom dugog vremenskog perioda (Mujika i Burke, 2010). Naponi pri maksimalnim i submaksimalnim kretnjama zahtijevaju brz i stalan dotok energije koji osigurava ATP (jedina tvar koja u stanici služi kao izvor energije za sve njezine aktivnosti, odnosno jedini je supstrat koji može direktno dati energiju za mišićnu kontrakciju), dobiven razgradnjom kreatin-fosfata i anaerobnom glikolizom (Hirvonen, Rehunen, Rusko i Harkonen, 1987).

Postoje određene indicije da je resinteza kreatin-fosfata važna odrednica sposobnosti oporavka tijekom jednostrukog sprinta i u izvedbi ponavljanih sprintova. Također, određena istraživanja koja upućuju na to da dodatak kreatina koji povećava resintezu kreatin-fosfata, poboljšava izvedbu s više sprintova, osobito kada je oporavak u rasponu od 50-120 sekundi, također i 20 metara sprinta i agilnost sa zadacima tijekom protokola koji simulira žensku nogometnu utakmicu (Cox, Mujika, Tumilty i Burke, 2002)

Kada se sprintovi ponavljaju, mogu se odrediti dva tipa izvedbe. Izvedbu ponavljanih sprintova, kao važnu odrednicu u ekipnim sportovima, predstavljaju kratkotrajni sprintovi u trajanju do 10 sekundi s kratkim odmorom do 60 sekundi. S druge strane, intervalna izvedba sprinta također je istog vremenskog trajanja, ali je vrijeme oporavka (60-300 sekundi) dovoljno dugo za gotovo potpuni oporavak. Razlika je što tijekom intervalne izvedbe nema smanjenja učinka u izvedbi ili je vrlo mali, dok je kod ponavljanja sprintova označen pad učinka u izvedbi (Balsom i sur., 1992).

Thompson i suradnici (2016) prije glavnog dijela testiranja proveli su ispitivanje utjecaja soka od cikla mjereći brzinu sprinta na 20 metara u 5 ponavljanja. Ispitanici koji su konzumirali sok od cikla postigli su bolje rezultate. Rezultat u sprintu bio je bolji 1.2%, na prvih 5 metara 2.3%, a na 10 metara 1.6%. Od 10 do 20 metra sprinta nije bilo značajne razlike. Radi se o važnoj spoznaji ukoliko se uzme u obzir da je prosječna duljina sprinta u nogometu iznosi 10-20 metara.

Kako bi ispitali djelovanje soka od cikla na sposobnost ponavljanja napora visokog intenziteta tijekom ekipne utakmice, Thompson i suradnici (2015) proučavali su djelovanje tijekom 7 dana ( $12,8 \text{ mmol NO}_3^-$ ). Test se izvodio na bicikl ergometru u periodu od 2 x 40 minuta koji je simulirao utakmicu. Blok u trajanju od 2 minute sastojao se od 6 sekundi sprinta, 100 sekundi aktivnog i 16 sekundi pasivnog oporavka. Tijekom svakog poluvremena ispitanici su u 2 serije izveli 5 x 4 sekundi sprinta sa 16 sekundi aktivnog oporavka. Od ispitanika se također tražilo da odrade kognitivne zadatke prije, tijekom i nakon testa. Rezultat ispitivanja pokazao je benefit nitrat suplementacije u kognitivnim reakcijama pri čemu je u drugom poluvremenu vrijeme reakcije bilo kraće, a količina rada u cjelokupnom testu veća za 3,5%, iako je to poboljšanje bilo veće na kraju prvog poluvremena.

Tijekom visko-intenzivne izvedbe dolazi do regrutacije mišićnih vlakana tipa II koja su snažnija i podložnija umoru u odnosu na mišićna vlakna tipa I (Krustrup i sur., 2006). Manja otpornost na umor povezana je sa smanjenim protokom krvi i koncentracijom mioglobina u tim mišićnim vlaknima u usporedbi s tipom I, također je i veća sposobnost skladištenja kreatina, pojačani metabolizam kreatin-fosfata i proteina pogodujući metabolizmu glikolitičkog tipa (Syrotuik i Bell, 2006).

Studije na životinjama pokazale su povećani protok krvi kao odgovor na  $\text{NO}_3^-$  u mišićnih vlakana tipa II u usporedbi s mišićnim vlaknima tipa I (Ferguson i sur., 2013). Veći protok krvi i dostupnost kisika u razdoblju oporavka, zajedno s većim kapacitetom skladištenja kreatina u motoričkim jedinicama tipa II (Syrotuik i Bell, 2004) znači da tijekom napora vježbanja nakon kojeg slijedi kratko vrijeme odmora (14 sekundi), dodatak soka od cikla mogao bi odgoditi potrošnju kreatin-fosfata tijekom uzastopnih sprintova i objasniti poboljšanja koja su primijetili Thompson i suradnici (2015).

Buck i suradnici (2015) ispitali su učinke tijekom 6 dana suplementacije sokom od cikla ( $6,4 \text{ mmol NO}_3^-$ ) ili natrijevim fosfatom na izvedbu u testu koji se sastojao od ponavljanih sprintova (6 x 20 metara s odmorom od 25 sekundi) na početku, poluvremenu i na kraju simulirane utakmice u trajanju od 60 minuta. Intervencija soka od cikla nije poboljšala izvedbu sprinta, ali pri konzumaciji s natrijevim fosfatom u usporedbi s placebo, poboljšanje je iznosilo 2%. Iako je ovo poboljšanje bilo manje nego kada su ispitanici uzimali samo dodatke natrijevog fosfata (5%), ova otkrića sugeriraju da, za razliku od soka od cikla, unos natrijevog fosfata može imati ergogeni učinak u ovom protokolu. Ako usporedimo

testove koje su izvodili Buck i suradnici (2015) u odnosu na Thompson i suradnici (2015), razdoblja rada bila su kraća (2-3 vs 6 sekundi), dok su razdoblja odmora bila dulja (25 vs 14 sekundi). Stoga je moguće da napori od 2-3 sekunde dovedu do znatno nižeg smanjenja zaliha kreatin-fosfata na kraju tih napora. Nadalje, 25 sekundi odmora u odnosu na 30 sekundi u kojima se odvija oporavak 50% zaliha kreatin-fosfata, moglo je biti dovoljno za stabiliziranje rezervi kreatin-fosfata i izbjegavanje pojave umora (Tomlin i Wenger, 2001).

Wylie i suradnici (2015) istraživali su učinke suplementacije (5 dana) sokom od cikle ( $8,4 \text{ mmol NO}_3^-$ ) na izvedbu u ponovljenom testu visokog intenziteta. Autori su pokušavali utvrditi učinke suplementacije na različite protokole vježbanja. Izvodili su 24 ponavljanja sprinta od 6 sekundi nakon čega je uslijedio oporavak od 24 sekunde, 7 ponavljanja sprinta od 30 sekundi, oporavak 4 minute i 6 sprintova od 60 sekundi sa pauzom od 1 minute. Kao i Thompson i suradnici (2015), Wylie i suradnici (2015) odabrali su setove od 6 sekundi u prvoj seriji, iako su odmori bili dulji (24 vs 14 sekunde). Druga razlika bila je u tome što sudionici nisu bili u stanju umora prije testa. Bez obzira na to, rezultati su bili slični u tome jer se prosječno potisnuta snaga generirana u setovima tijekom cijele serije poboljšala za ~7%. Međutim, poboljšanja u protokolu 24 x 6-24 sekunde nisu bila usporediva s onim zabilježenima u druga dva testa u kojima nije bilo značajnijih poboljšanja.

Iako dodatak soka od cikle izaziva povećani protok krvi (u mišićnim vlaknima tipa II, regrutiranim uglavnom u naporima vježbanja trajanja 30 do 60 sekundi), povećava raspoloživi kisik u mišićima, umjesto da se aktivira zbog nedostatka kisika, putevi koji nisu ovisni o kisiku aktiviraju se zbog veće potrebe za proizvodnjom energije oksidativnom fosforilacijom. Dakle, ovi učinci, iako pojačavaju oksidacijsku fosforilaciju, nemaju posljedica na glikolitički energetskei metabolizam. Stoga, budući da sok od cikle nema alkalni učinak, dodatak ovog proizvoda nije u stanju smanjiti acidozu, što je glavni čimbenik koji ograničava performanse u naporima koji traju 30-60 sekundi. Pojačavajući učinci na aerobni metabolizam povećavaju brzinu resinteze kreatin-fosfata, ovisno o oksidativnoj fosforilaciji. To znači da može biti učinkovit na ponovljene napore visokog intenziteta čije je trajanje blizu 6-10 sekundi, u kojima visokoenergetski fosfageni uglavnom doprinose metabolizmu (Gray, Soderlund i Ferguson, 2008), a radni volumen dovoljan je da uzrokuje značajno iscrpljivanje, koje kada se suoči s kratkim intervalima odmora dovodi do progresivnog iscrpljivanja i posljedično do umora. Sukladno tome, dodaci soka od cikle mogu imati ergogeni učinak kada su napori u

vježbanju isprekidani, maksimalne gustoće, kratkog trajanja (6-10 sekundi) i isprekidani kratkim razdobljima oporavka (<30 sekundi).

Aucouturier i suradnici (2015) ispitali su djelovanje soka od cikle (~10,9 mmol NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na grupu rekreativnih sportaša 180 minuta prije izvođenja setova do iscrpljenosti koji su se sastojali od 15 sekundi pedaliranja na 170% VO<sub>2max</sub>, nakon čega su slijedila razdoblja odmora od 30 sekundi. Autori su izvijestili da je dodatak soka od cikle doveo do poboljšanja blizu 20% u broju izvedenih ponavljanja i ukupnom završnom radu. Osim broja završnih setova i obavljenog rada, ovi su autori mjerili koncentraciju crvenih krvnih stanica na mikrovaskularnoj razini. Utvrđeno je da sok od cikle, osim što poboljšava performanse, povećava mikrovaskularizaciju. Takva se poboljšanja smatraju blagotvornim učinkom na razmjenu kisika u mišiću (Poole, Copp, Hirai i Musch, 2011). U skladu s tim, ova poboljšana dostupnosti kisika proizvedena na mišićnoj razini mogla su pojačati oksidativnu fosforilaciju tijekom razdoblja oporavka i, s obzirom na njihovo kratko trajanje, mogla bi povećati resintezu kreatin-fosfata kada su ispitanici uzimali dodatak umjesto placeba. Dakle, suplementacija bi odgodila iscrpljivanje zaliha kreatin-fosfata i taj učinak vjerojatno je bio uzrok poboljšanja uočenih u ponavljanim serijama isprekidanih sprintova (Bogdanis i sur., 1996).

Clifford i suradnici (2018) procijenili su učinke jednokratnog uzimanja soka od cikle na izvedbu u testu od 20 sprintova; 30 metara sa 30 sekundi pasivnog oporavka. Autori nisu primijetili ergogene učinke suplementacije. Međutim, ako se pogledaju karakteristike testa koji su istraživači upotrijebili, ustanoviti će se da bi radna razdoblja (blizu 3 sekunde), zajedno s razdobljima oporavka od 30 sekundi, mogla biti dovoljna da ispitanici povrate razinu kreatin-fosfata u intervalima odmora, minimalizirajući moguće ergogene učinke dodataka.

Novi pokazatelj koji su u ovoj studiji koristili Clifford i suradnici (2018) bio je test skok s pripremom izveden prije ispitivanja i u razdobljima odmora. Učinak u ovom testu određen je kontraktilnim svojstvima mišića i neuromuskulaturnom kontrolom cijelog koštano-mišićnog sustava (Bobbert i Van Soest, 2001). S obzirom na to da umor odražava nesposobnost neuro-mišićnog sustava da održi potrebnu razinu snage (Rodacki, Fowler i Bennett, 2001), gubici u visini skoka s pripremom na kraju vježbe uzimaju se kao pokazatelj mišićnog umora. U istraživanju je uočeno da protokol isprekidanih sprintova dovodi do mišićnog umora. Ovaj

umor može biti posljedica nedostataka u kontraktilnom mehanizmu mišića (Rodacki i sur., 2001).

Alternativno, snažno ekscentrično djelovanje mišića tijekom sprinta može uzrokovati oštećenje mišića (Mosteiro-Munoz i Dominguez, 2017) i stoga modificirati strukturu sarkomera vlakana mišića. Dakle, svaki gubitak visine mogao bi ukazivati na oštećenje mišića. Dok je skok s pripremom nadziran nakon odrađenih serija sprintova, zabilježeni su bolji rezultati kod grupe koja je koristila suplementaciju. Navedeno sugerira da bi sok od cikle mogao pomoći u očuvanju mišićne strukture tijekom napora visokog intenziteta. Sljedeće objašnjenje moglo bi se povezati s vazodilatacijskim učinkom soka od cikle koji vjerojatno pomaže regeneraciji mišića tijekom ranog oporavka.

Martin i suradnici (2014) ispitivali su učinak suplementacije ( $6,4 \text{ mmol NO}_3^-$ ) na ponavljajuće setove do otkaza, obuhvaćajući 8 sekundi rada i 30 sekundi odmora na bicikl ergometru. Nisu otkriveni učinci na izlaznu snagu u različitim setovima. Štoviše, postignut je manji broj serija kod suplementacijske skupine u odnosu na placebo grupu. U navedenom istraživanju sok od cikle je konzumiran 120 minuta prije izvedbe. Ovaj režim nije prikladan jer se vršne razine  $\text{NO}_2^-$  stvaraju 2-3 sata nakon konzumacije, a preporuka je dodavanja najmanje 150-180 minuta prije napora visokog intenziteta (Dominguez, Cuenca, Mate-Munoz i Garcia-Fernandez, 2017).

Učinkovitost se pokazala u istraživanju Aucounturier i suradnici (2015) u kojem je test bio sličnih karakteristika, ali se sok od cikle konzumirao 180 minuta prije izvedbe, kako je preporučeno.

Sok od cikle pokazao se djelotvornim na brzinu sprinta u dionicama od 5, 10 i 20 metara koje sportaši svladavaju tijekom utakmice. Također, nakon izvedbe visokog intenziteta primijećeno je da grupa ispitanika koja je konzumirala sok od cikle postiže 7.6% bolji rezultat u skoku. Akutni učinak na sposobnost ponavljanih sprintova, promatran kroz konzumaciju jedne doze soka od cikle, korišten 180 minuta prije izvedbe pokazao se djelotvornim u izvođenju sprintova do otkaza pri čemu je broj ponavljanja bio veći. Kratko radno razdoblje (3 sekunde) nije dovelo do ergogenog učinka kao ni konzumacija od 120 minuta prije testiranja zbog nemogućnosti stvaranja vršnih vrijednosti  $\text{NO}_2^-$ . Kronični učinak korištenja soka od cikle kroz 5-7 dana nije pokazao djelotvornost u protokolima kratkog radnog intervala (2-3 sekunde) ili razdoblja oporavka iznad 30 sekundi. Napori od 2-3 sekunde dovode do znatno nižeg smanjenja zaliha kreatin-fosfata na kraju tih napora, dok se u 30



sekundi odmora odvija oporavak 50% zaliha kreatin-fosfata, što može biti dovoljno za oporavak rezervi kreatin-fosfata i izbjegavanje pojave umora. U takvim uvjetima suplementacija nitratima ne pokazuje učinkovitost na sposobnost ponavljanih sprintova.

## 6. ZAKLJUČAK

U različitim sportskim modalitetima, sposobnost ponavljanja visoko-intenzivne aktivnosti sa kratkim razdobljem oporavka smatra se pokazateljem uspješnosti sportaša. Do danas je malo studija ispitivalo učinke suplementacije sokom od cikle na kratkotrajne napore visokog intenziteta koji se mogu povezati sa specifičnom izdržljivošću u ekipnim sportovima. Uzimajući u obzir prirodu aktivnosti u ekipnim sportovima s utvrđenom regrutacijom mišićnih vlakana tipa II, sok od cikle povećati će protok krvi i raspoloživost kisika u mišićima.

Dokazano je da suplementacija sokom od cikle smanjuje mišićni umor povezan s aktivnostima visokog intenziteta, iako nije poznato da li se to postiže smanjenjem umora i oštećenja mišića i/ili promicanjem postignute izvedbe regeneracijom mišića. Suočavajući se s naporima koji bi mogli znatno iscrpiti rezerve kreatin-fosfata (ponavljajući sprintevi od oko 15 sekundi isprekidani kratkim periodima odmora) i s obzirom da resinteza kreatin-fosfata zahtijeva oksidativni metabolizam, sok od cikle mogao bi pomoći oporavku rezervi kreatin-fosfata i na taj način izbjeći njegovo iscrpljivanje tijekom ponovljenih napora. Paralelno s tim, suplementi bi ograničili nakupljanje metabolita poput ADP-a i anorganskih fosfata, za koje je poznato da uzrokuju mišićni umor.

Potrebno je odrediti najprikladnije vrijeme konzumacije kako bi se optimizirao ergogeni potencijal jer je potvrđen ergolitički učinak kao odgovor na jednu dozu soka od cikle primijenjenu 120 minuta prije vježbanja.

Zbog mogućih blagotvornih učinaka soka od cikle, korištenog paralelno s natrijevim fosfatom, postoji prostor da se istraživanjima procijeni interakcija s drugim dodacima dokazanog ergogenog učinka poput kofeina, kreatina,  $\beta$ -alanina i natrijevog bikarbonata.

Konzumacija sokom od cikle pokazala se djelotvornom kod sudionika istraživanja u kojima se izvodio YoYo IR1 test, specifični test koji simulira trkačke aktivnosti u nogometu. Zabilježen je 3.4 – 4.2% bolji rezultat, odnosno veća udaljenost, koju su svladali ispitanici koristeći sok od cikle u odnosu na placebo grupu. Navedeni rezultat sugerira moguće poboljšanje specifične izdržljivosti u nogometu. Sudionici istraživanja bili su sportaši

amaterske razine natjecanja, stoga bi bilo zanimljivo vidjeti kakav bi bio učinak na elitne sportaše.

Studija u kojoj je došlo do poboljšanja brzine na udaljenostima (5 metara, 10 metara i 20 metara) koje obično prelaze sportaši ekipnih sportova tijekom utakmice upućuju na pozitivan utjecaj soka od cikle na brzinu sprinta.

Utjecaj suplementacije na sposobnost ponovljenih sprintova ili visoko-intenzivne aktivnosti pokazao se pozitivnim u aktivnostima trajanja 6-15 sekundi s razdobljem oporavka do 30 sekundi. Testovi na bicikl ergometru unutar navedenih protokola rezultirali su 20% većim brojem ponavljanja u setovima do otkaza, 3.5-18% više ukupnog rada tijekom sprintova (ovisno o protokolu) i 5% većoj prosječno postignutoj snazi.

Preporuka je koristiti sok od cikle 150-180 minuta prije aktivnosti. Doza u rasponu od 6.4-12.9 mmol  $\text{NO}_3^-$  korištena 2-6 dana pozitivno utječe na specifičnu izdržljivost u nogometu. Također, za očekivati je da konzumacija kroz 5-7 dana u iznosu 6.4-12.8 mmol  $\text{NO}_3^-$  poboljša brzinu sudionika ekipnih sportova i produlji visoko-intenzivnu izvedbu s kratkim intervalima rada i odmora koji karakteriziraju ekipni sport. Jednokratna doza od 10.9 mmol  $\text{NO}_3^-$  pokazala se djelotvornom u izvođenju sprintova do otkaza, pri čemu su ekipni sportaši korištenjem soka cikle postigli znatno veći broj ponavljanja i produljili izvedbu.

## 7. LITERATURA

- Aucouturier, J., Boissiere, J., Pawlak-Chaouch, M., Cuvelier, G. i Gamelin., F. (2015). Effect of dietary nitrate supplementation on tolerance to supramaximal intensity intermittent exercise. *Nitric Oxide*, 49(3), 16-25. doi: 10.1016/j.niox.2015.05.004
- Balsom, PD., Seger, JY., Sjodin, B. i Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of reovery duration. *International Journal of Sports Medicine* 13(7), 528-33. doi: 10.1055/s-2007-1021311
- Bobbert, M.F. i Van Soest, A.J. (2001). Why do people jump the way they do? *Exercise and Sport Sciences Reviews* 29(3), 95-102. doi: 10.1097/00003677-200107000-00002.
- Bogdanis, G.C., Nevill, M.E., Lakomy, H.K., Graham, C.M. i Louis, G. (1996). Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *European Journal of Applied Physiology* 74(5), 461-9. doi: 10.1007/BF02337727.
- Bangsbo, J. (2007). *Aerobic and Anaerobic training for soccer*. Bagsvaerd: Stormtryk.
- Bangsbo, J., Laia, M. F. i Krusturp, P. (2008.). The Yo – Yo Intermittent Recovery Test. A Useful Tool for Evaluation of Physical Performance in Intermittent Sports. *Sports Medicine*, 38 (1), 37-51. Dostupno na <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Buck, C., Henry, T., Guelfi, K., Dawson, B., McNaughton, L. i Wallman, K. (2015). Effects of sodium phosphate and beetroot juice supplementation on repeated-sprint ability in females. *Journal of applied sports sciences*, 115(10), 2205-13. doi: 10.1007/s00421-015-3201-1
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L. i Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer. *Sports Medicine*, 38(10), 839-862. doi: 10.2165/00007256-200838100-00004

- Clifford, T., Berntzen, B., Davison, G., West, D., Howatson, G. i Stevenson, E. (2016). Effects of beetroot juice on recovery of muscle function and performance between bouts od repeated sprint exercise. *Nutrients*, 8(8), 506-521. doi: 10.3390/nu8080506
- Cox, G., Mujika, I., Tumilty, D. i Burke, L. (2002). Acute creatine supplementation and performance during a field test simulating match play in elite female soccer players. *European Journal of Applied Physiology* 12(1), 33-46. doi: 10.1123/ijsem.12.1.33
- Dominguez, R., Cuenca, E., Mate-Munoz, J. i Garcia-Fernandez, P. (2017). Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic Review. *Nutrients* 9(1), 43-56. doi: 10.3390/nu9010043.
- Dominguez, R., Mate-Munoz, J.L., Cuenca, E., Garcia-Fernandez, P., Mata-Ordenez, F., Lozano-Estevan, M.C., Veiga-Herreros, P., Fernandes, S. i Garnacho-Castano, M.V. (2018). Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the international society of sports nutrition*, 15(2), 251-9. doi: 10.1186/s12970-017-0204-9
- Ekblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Medicine* 3(1), 50-60. doi: 10.2165/00007256-198603010-00005.
- Ferguson, S., Hirai, D., Copp, S., Holdsworth, C., Allen, J., Jones, A., Musch, T. i Poole, D. (2013). Impact of dietary nitrate supplementation via beetroot juice on exercising muscle vascular control in rats. *The journal of physiology* 591(2), 547-57. doi: 10.1113/jphysiol.2012.243121
- Gaitanos, G., Williams, C., Boobis, L. i Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of applied physiology* 75(2), 712-9. doi: 10.1152/jappl.1993.75.2.712
- Gabbett, T., King,T. i Jenkins, D. (2008). Applied physiology of rugby league. *Sports Medicine* 38(2), 119-38. doi: 10.2165/00007256-200838020-00003

- Gray, S., Soderlund, K. i Ferguson, R. (2008). ATP and phosphocreatine utilization in single human muscle fibres during the development of maximal power output at elevated muscle temperatures. *Journal of Sports Science* 27(7), 707-7. doi: 10.1080/02640410701744438
- Hirvonen, J., Rehunen, S., Rusko, H. i Harkonen, M. (1987). Breakdown of high-energy phosphate compounds and lactate accumulation during short supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology* 56(3), 253-9. doi: 10.1007/BF00690889
- Jones, A. (2014). Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*, 44(1), 35-45. doi: 10.1007/s40279-014-0149-y
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. i Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38(6), 1165-74. doi: 10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd
- Maršić, T., Dizdar, D., Šentija, D. (2008). *Osnove treninga izdržljivosti i brzine*. Zagreb, Udruga "Tjelesno vježbanje i zdravlje".
- Martin, K., Smee, D., Thompson, K. i Rattray, B. (2014). No improvement of repeated-sprint performance with dietary nitrate. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5), 845-850. doi: 10.1123/ijsp.2013-0384
- Maughan, R., Burke, L., Dvorak, J., Larson-Meyer, E., Peeling, P., Phillips, S.,... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and high-performance athlete. *British Journal of Sport Medicine* 52(7), 439-455. doi: 10.1136/bjsports-2018-099027.
- McMahon, N., Leveritt, M. i Pavey, T. (2017). The effect of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance in health adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(4), 735-756. doi: 10.1007/s40279-016-0617-7

- Mohr, M., Krstrup, P. i Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Science* 21 (7): 519-28. doi: 10.1080/0264041031000071182
- Mosteiro-Munoz, F. i Dominguez, R. (2017). Effects of inertial overload resistance training on muscle function. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Fisica y del Deporte* 17 (68):757-773. doi: 10.1186/s12970-017-0204-9
- Mujika, I. i Burke, L. (2010). Nutrition in team sport. *Annals of Nutrition and Metabolism* 57(2), 26-35. doi: 10.1159/000322700
- Nujić, M., Habuda-Stanić, M. (2017). Nitrates and nitrites, metabolism and toxicity. *Hrana u zdravlju i bolesti*, 6(2): 48-89. Dostupno na <https://hrcak.srce.hr/198897>
- Nyakayiru, J., Jonvik, K., Trommelen, J., Pinckaers, P., Senden, J., Loon, L. i Verdijk, L. (2017). Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*, 9(3), 314. doi: 10.3390/nu9030314
- Paton, D., Hopkins, G. i Vollebregt, L. (2001). Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes. *Med Sci Sports Exerc* 33(5), 822-5. doi: 10.1097/00005768-200105000-00023
- Pavlinić Prokurica, I., Bevardi, M., Marušić, N., Vidaček, S., Kolarić Kravar, S., Medić, H. (2010). Nitriti i nitrati kao prekursori N-nitrozamina u paštetama u konzervi. *Meso*, 7(6): 322-332. Dostupno na <https://hrcak.srce.hr/66430>
- Poole, D.C., Coop, S.W., Hirai, D.M. i Musch, T.I. (2011). Dynamics of muscle microcirculatory and blood-myocyte O<sub>2</sub> flux during contractions. *Acta Physiologica* 202(3), 293-210. doi: 10.1111/j.1748-1716.2010.02246.x.

- Rampinini, E., Impelizzieri, F., Castagna, C. i Wisloff, U. (2008). Effect of Match-Related Fatigue on Short-Passing Ability in Young Soccer Players. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 40(5), 934-42. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181666eb8
- Rodacki, A.L., Fowler, N.E. i Bennett, S.J. (2001). Multi-segment coordination: fatigue effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33(7), 1157-67. doi: 10.1097/00005768-200107000-00013.
- Ross, A., Leveritt, M. i Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute response. *Sports Medicine* 31(6), 409-25. doi: 10.2165/00007256-200131060-00002
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Medicine* 35(12), 1025-44. doi: 10.2165/00007256-200535120-00003
- Spencer, M., Lawrence, S., Rechichi, C., Bishop, D., Dawson, B. i Goodman, C. (2004). Time-motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *Journal of Sports Science*, 22(9): 843-50. doi: 10.1080/02640410410001716715.
- Syrotuik, D. i Bell, G. (2004). Acute creatine monohydrate supplementation: a descriptive physiological profile of responders vs. Nonresponders. *The journal of strenght & conditioning research*, 18(3), 610-7. doi: 10.1519/12392.1
- Shannon, O.M., McGawley, K., Nybäck, L., Duckworth, L., Barlow, M.J., Woods, D., Siervo, M. i O'Hara, J.P. (2017). "Beet-ing" the mountain: a review of the physiological and performance effects of dietary nitrate supplementation at simulated and terrestrial altitude. *Sports Medicine*, 47(11), 2155-2169. doi: 10.1007/s40279-017-0744-9
- Štalić, Z., Sorić, M. i Mišigoj-Duraković, M. (2015). *Sportska prehrana*. Zagreb: Znanje
- Štraus B. Dušikov oksid i njegove funkcije. *Biochem Medica*. 1996;1:13–21



- Thompson, C., Wylie, L., Fulford, J., Kelly, J., Black, M., McDonagh, S., Jeukendrup, A., Vanhatalo, A. i Jones, A. (2015). Dietary nitrate improves sprint performance and cognitive function during prolonged intermittent exercise. *European journal of applied physiology*, *115*(9), 1825-34. doi: 10.1007/s00421-015-3166-0
- Thompson, C., Vanhatalo, A., Jell, H., Fulford, J., Carter, J., Nyman, L., Bailey, S. i Jones, A. (2016). Dietary nitrate supplementation improves sprint and high-intensity intermittent running performance. *Nitric oxide*, *61*(3), 55-61. doi: 10.1016/j.niox.2016.10.006
- Tomlin, D. i Wenger, H. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery form high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine* *31*(1), 1-11. doi: 10.2165/00007256-200131010-00001
- Wylie, L., Mohr, M., Krustup, P., Jackman, S., Ermidis, G., Kelly, J., Black, M., Bailey, S., Vanhatalo, A. i Jones, A. (2013). Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*, *113*(3): 1673-1684. doi: 10.1007/s00421-013-2589-8
- Wylie, L., Bailey, S., Kelly, J., Blackwell, J., Vanhatalo, A. i Jones, A. (2015). Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise perofrmance. *European journal of applied physiology*, *116*(2), 415-25. doi: 10.1007/s00421-015-3296-4