

# PREHRANA I SUPLEMENTACIJA U SPORTOVIMA DUGOTRAJNE IZDRŽLJIVOSTI

---

**Rupnik, Andrej**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:117:049068>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-05**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Andrej Rupnik**

**Prehrana i suplementacija u sportovima  
dugotrajne izdržljivosti**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, rujan 2023**

Sveučilište u Zagrebu  
Kineziološki fakultet  
Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija:** Kineziologija; **smjer:** Kineziologija u edukaciji i kineziterapija

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Razina kvalifikacije:** integrirani prijediplomski i diplomski studij

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kineziterapiji

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Stručni rad

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćena od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta

**rada:** Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2022./2023. dana 17. travnja 2023.

**Mentor:** prof. dr. sc. Marjeta Mišigoj-Duraković

### **Prehrana i suplementacija u sportovima dugotrajne izdržljivosti**

Andrej Rupnik, 0034073175

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

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Marjeta Mišigoj-Duraković</i> | Predsjednik - mentor |
| 2. prof. dr. sc. <i>Zvonimir Šatalić</i>          | član                 |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Maroje Sorić</i>         | član                 |
| 4. prof. dr. sc. <i>Lana Ružić</i>                | zamjena člana        |

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

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**  
**Faculty of Kinesiology**  
Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program: Kinesiology; course Kinesiology in Education and kinesitherapy**

**Type of program: University**

**Level of qualification: Integrated undergraduate and graduate**

**Acquired title: University Master of Kinesiology in Education and kinesitherapy**

**Scientific area: Social sciences**

**Scientific field: Kinesiology**

**Type of thesis: Professional work**

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year (e.g.2022/2023) on (e.g. February 20, 2023).

**Mentor:** *Marjeta Mišigoj-Duraković, PhD, prof.*

### **Nutrition and supplementation in ultra endurance sports**

*Andrej Rupnik, 0034073175*

#### **Thesis defence committee:**

- |    |  |                        |
|----|--|------------------------|
| 1. | <i>Marjeta Mišigoj-Duraković, PhD, prof.</i> | chairperson-supervisor |
| 2. | <i>Zvonimir Štalić, PhD, prof.</i>           | member                 |
| 3. | <i>Maroje Sorić, associate prof.</i>         | member                 |
| 4. | <i>Lana Ružić, PhD, prof.</i>                | substitute member      |

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of the Faculty of Kinesiology, Horvacanski zavoj 15, Zagreb

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

Mentor:

prof.dr.sc. Marjeta Mišigoj-Duraković  
Student:

Andrej Rupnik  
upisati ime i prezime

## **PREHRANA I SUPLEMENTACIJA U SPORTOVIMA DUGOTRAJNE IZDRŽLJIVOSTI**

### **Sažetak**

Ako uzmemo u obzir prehrambene i energetske zahtjeve povezane sa sportovima dugotrajne izdržljivosti, jasno je da sportaši nerijetko koriste dodatke prehrani odnosno suplemente kako bi poboljšali svoje izvedbu i oporavak. Dodaci prehrani su definirani kao proizvodi koji se unose radi postizanja prehrambenih, kliničkih i izvedbenih ciljeva, uz optimalnu uobičajenu prehranu. Unos dodataka prehrani često je korištena strategija među mnogim vrhunskim sportašima i rekreativcima kako bi se potencijalno zadovoljile povećane potrebe za hranjivim tvarima izazvane vježbanjem, uskladila prehrana s prehrambenim preporukama, ostvarili ciljevi sportske prehrane i poboljšala sportska izvedba. S gledišta unosa makronutrijenata, ugljikohidrati igraju važnu ulogu u opskrbi i oporavku sportaša u sportovima dugotrajne izdržljivosti dok je adekvatan unos proteina ključan za omogućavanje sinteze mišićnih proteina i odgovarajuće imunološke funkcije. Osim toga, brojni metabolički putovi, kao i mnogi fiziološki mehanizmi, kontrolirani su vitaminima i mineralima. Zato je unos i vitaminsko-mineralnih dodataka zastupljeniji od dodataka s ugljikohidratima i proteinima među navedenim sportašima. Međutim, sve kategorije dodataka prehrani mogu biti važan izvor unosa mikronutrijenata za sportaše ako postoje nedostaci u njihovoj uobičajenoj prehrani. Svrha ovog diplomskog rada je ispitati trenutno stanje znanja o prehrani i suplementaciji u sportovima dugotrajne izdržljivosti te pružiti cjeloviti pregled rezultata najnovijih istraživanja. Konkretno, ovaj će rad temeljem proučenih literaturnih izvora prikazati ulogu makronutrijenata, mikronutrijenata, hidracije, dodataka prehrani (kao što su kofein, kreatin, ashwagandha, nitrati i probiotici) i različitih obrazaca prehrane u poboljšanju dugotrajne izdržljivosti i poticanju oporavka.

Ključne riječi: prehrana, suplementacija, sportovi dugotrajne izdržljivosti, hidracija

# **NUTRITION AND SUPPLEMENTATION IN ULTRA ENDURANCE SPORTS**

## **Summary**

If we consider the nutritional and energy requirements associated with ultra endurance sports, it is clear that athletes use nutritional supplements to improve their performance and recovery. Dietary supplements are defined as products that are taken to achieve nutritional, clinical and performance goals, in addition to an optimal normal diet. Supplementation is a frequently used strategy among many elite athletes and recreational athletes to meet the increased nutrient requirements induced by exercise, meet dietary recommendations, achieve sports nutrition goals, and improve athletic performance. From the point of view of macronutrient intake, carbohydrates play an important role in the supply and recovery of athletes in long-term endurance sports, while adequate protein intake is crucial for maintaining muscle protein synthesis and adequate immune function. In addition, numerous metabolic pathways, as well as many physiological mechanisms, are controlled by vitamins and minerals. That is why intake of vitamin and mineral supplements is more common than carbohydrate and protein supplements among the mentioned athletes. However, all categories of nutritional supplements can be an important source of micronutrient intake for athletes if there are deficiencies in their usual diet. The purpose of this thesis is to examine the current state of knowledge about nutrition and supplementation in ultra endurance sports and to provide a complete overview of the latest research results. Specifically, this paper, based on studied literature sources, will show the role of macronutrients (carbohydrates, protein and fat), micronutrients (vitamins and minerals), hydration, nutritional supplements (such as caffeine, creatine, ashwagandha, nitrates and probiotics) and different dietary patterns in improving ultra endurance and promoting recovery.

Key words: nutrition, supplementation, long-term endurance sports, hydration

<b>SADRŽAJ</b>	<b>STR:</b>
SAŽETAK	
1. UVOD.....	1
2. CILJ I METODE RADA.....	2
2. NUTRITIVNI ZAHTJEVI SPORTAŠA U SPORTOVIMA DUGOTRAJNE IZDRŽLJIVOSTI.....	3
2.1. ENERGETSKI ZAHTJEVI.....	3
2.2. MAKRONUTRIJENTI.....	4
2.2.1. UGLJIKOHIDRATI.....	4
2.2.2. MASTI.....	6
2.2.3. PROTEINI.....	7
2.2.4. MIKRONUTRIJENTI.....	8
3. SUPLEMENTI (DODACI PREHRANI).....	13
3.1. KOFEIN.....	13
3.2. NITRATI (CIKLA).....	15
3.3. ASHWAGANDHA.....	16
3.4. KREATIN.....	17
3.5. PROBIOTICI.....	17
3.6. SUPLEMENTACIJA ZA BRŽI OPORAVAK.....	18
4. HIDRACIJA.....	19
4.1. HIDRACIJA PRIJE TRENINGA ILI NATJECANJA.....	19
4.2. HIDRACIJA ZA VRIJEME TRENINGA ILI NATJECANJA.....	20
4.3. HIDRACIJA NAKON TRENINGA ILI NATJECANJA.....	20
4.4. DEHIDRACIJA.....	22
4.5. HIPONATERMIJA (TROVANJE VODOM).....	23
5. UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA PREHRANE NA IZVEDBU U SPORTOVIMA DUGOTRAJNE IZDRŽLJIVOSTI.....	24
5.1. VEGETARIJANSKA PREHRANA.....	24



5.1.1. POTENCIJALNE PREDNOSTI VEGETARIJANSKE PREHRANE.....	24
5.1.2. KRITIČNI NUTRIJENTI VEGETARIJANSKE PREHRANE.....	25
5.2. KETOGENA DIJETA.....	26
6. ZAKLJUČAK.....	28
7. POPIS LITERATURE.....	29

## 1. UVOD

Sportovi dugotrajne izdržljivosti su tjelesne aktivnosti koje zahtijevaju visoku razinu aerobnih kondicijskih sposobnosti i podnošenje konstantnog napora kroz duže vremensko razdoblje (Costa i suradnici, 2018). Primjeri sportova dugotrajne izdržljivosti uključuju: trčanje (trčanje na duge staze, cross-country trčanje i trail trčanje), biciklizam (cestovni ili brdski), plivanje (plivanje na duge staze i plivanje u otvorenim vodama) i triatlon – multisportski događaj koji kombinira plivanje, biciklizam i trčanje (Pantelis, 2018). Postizanje vrhunske izvedbe u ovim sportovima zahtjeva ne samo teške fizičke treninge, nego i veliku posvećenost sportskoj prehrani. Posljednjih desetljeća raste interes među sportašima, trenerima i sportskim znanstvenicima za ulogu prehrane i suplemenata u optimizaciji performansi u sportovima dugotrajne izdržljivosti. Dodaci prehrani su definirani kao proizvodi koji se namjerno unose radi postizanja prehrambenih, kliničkih i izvedbenih ciljeva, uz uobičajenu prehranu (Maughan i suradnici, 2018). Unos dodataka prehrani često je korištena strategija među mnogim vrhunskim sportašima i rekreativcima kako bi se zadovoljile veće potrebe za hranjivim tvarima izazvane vježbanjem, uskladile prehrambene preporuke i/ili poboljšale sportsku izvedbu. Osim toga, sportaši mogu konzumirati dodatke i iz daljnjih razloga, kao što su izbjegavanje fizičkih i fizioloških tegoba izazvanih tjelovježbom ili prehranom te ubrzavanje oporavka i rehabilitacije od ozljeda (Rawson i suradnici, 2018). S gledišta hranjivih tvari, dok ugljikohidrati igraju važnu ulogu u opskrbi i oporavku sportaša u sportovima izdržljivosti, adekvatan unos proteina (osiguran suplementima ili uobičajenom prehranom) ključan je za omogućavanje sinteze mišićnih proteina i odgovarajuće imunološke funkcije. Osim toga, brojni metabolički putovi uključeni u zdravlje i fizičku izvedbu, kao i mnogi fiziološki mehanizmi, kontrolirani su vitaminima i mineralima. Kao rezultat toga, unos i vitaminsko-mineralnih dodataka je zastupljeniji od dodataka s ugljikohidratima ili proteinima među navedenim sportašima (Tabata i suradnici, 2020). Međutim, sve kategorije dodataka prehrani mogu biti važan izvor unosa i makro i mikronutrijenata za sportaše ako postoje nedostaci u njihovoj uobičajenoj prehrani. (Wirnitzer i suradnici, 2021).

## **CILJ RADA**

Svrha ovog diplomskog rada je ispitati trenutno stanje znanstveno argumentiranih spoznaja o prehrani i suplementaciji u sportovima izdržljivosti te pružiti cjelovit pregled rezultata najnovijih istraživanja. Konkretno, rad ima za cilj temeljem recentnih literaturnih izvora prikazati ulogu makronutrijenata (ugljikohidrata, proteina i masti), mikronutrijenata (vitamina i minerala), hidracije, dodataka prehrani (kao što su kofein, kreatin, ashwagandha, nitrati i probiotici) i različitih obrazaca prehrane u poboljšanju izdržljivosti i poticanju oporavka.

## **METODE RADA**

U svrhu pripreme diplomskog rada „Prehrana i suplementacija u sportovima dugotrajne izdržljivosti“ pretražena je relevantna literatura s ciljem što boljeg razumijevanja i analize teme. Vremenski period pretraživanje literature obuhvaća razdoblje od 26. siječnja 2023. do 08. ožujka 2023 godine. Pri pretraživanju korištene su sljedeće baze podataka: PubMed, Google Scholar i repozitorij Kineziološkog fakulteta. Ključne riječi u pretraživanju obuhvaćale su pojmove : endurance, long distance running, cycling, triathlon, ultra-marathon, marathon, nutrition, supplementation, prehrana, sportovi dugotrajne izdržljivosti. S ciljem sužavanja opsega pretraživanja, isključio sam radove koji se bave sljedećim terminima: resistance training, strenght training, high-intensity interval training. U istraživanju su korišteni i pregledni i istraživački radovi.

## **2. NUTRITIVNI ZAHTJEVI SPORTAŠA U SPORTOVIMA DUGOTRAJNE IZDRŽLJIVOSTI**

### **2.1. ENERGETSKI ZAHTJEVI**

Adekvatna sportska prehrana je nužno raznolika. Ovo se odnosi na konzumiranje različitih namirnica iz svih skupina kako bi se zadovoljile potrebe za svim hranjivim tvarima, esencijalnim ali i ne-esencijalnim, koje također imaju važnu ulogu, npr. u procesu oporavka mišićnih oštećenja uzrokovanih vježbanjem, imunološkom odgovoru, zdravlju mikrobiote, vjerojatnosti infekcije, trajanju oporavka, itd. Što se tiče ukupne količine energije koja je potrebna, sportaši će imati različite potrebe ovisno o visini, spolu i sportu kojim se bave (Eberle, 2014), a energetske je potrebe potrebno utvrditi primjenom koncepta raspoložive energije.

Neki od sportova dugotrajne izdržljivosti su: trčanje, plivanje, bicikliranje, triaton, itd. Kriterij za definiranje sporta kao sporta dugotrajne izdržljivosti je trajanje od minimalno 6 sati. Sportaš u navedenim sportovima se može natjecati satima, danima ili čak tjednima i suočiti se s različitim problemima povezanim s prehranom koji se mogu pojaviti u obliku jednog problema ili kao kombinacija više njih (Debasis i suradnici, 2018).

Dugo trajanje utrka u sportovima dugotrajne izdržljivosti podrazumijeva povećanu potrošnju energije uzrokovanu vježbanjem. Kako bi se nadoknadila velika energetska potrošnja uzrokovana vježbanjem nužno je da sportaši imaju optimalnu prehranu koja će osigurati dovoljno energije za trku. Dosadašnja istraživanja su pokazala da sportaši u sportovima dugotrajne izdržljivosti nerijetko ne unose adekvatnu količinu hrane i vode što rezultira negativnom ravnotežom energije i vode tijekom utrke, što je prikazano smanjenjem tjelesne mase nakon utrke (Pantelis i suradnici, 2018). Neprimjeren unos hrane i vode će rezultirati ranijim umaranjem sportaša tijekom utrke zbog smanjene razine glikogena u mišićima i glukoze u krvi i stoga se smatra da su visoke razine glikogena u mišićima i jetri prije vježbanja ključne za optimalnu izvedbu (Jeukendrup, 2011). Neki sportaši u sportovima dugotrajne izdržljivosti zahtijevaju čak 10000 kalorija dnevno i većina njih ima problema s unosom dovoljne količine hrane kako bi zadovoljili svoje dnevne energetske potrebe (Eberle, 2014). Nezadovoljavanje dnevnih energetske potrebe može dovesti do smanjene funkcije hipotalamusa u pokušaju očuvanja energije, a time i smanjenom razinom reproduktivnih hormona, endokrinom funkcijom, zdravljem kostiju i sportskom izvedbom (Heikura i suradnici, 2018).

Heikura i suradnici (2018) ispitivali su raspoloživost energije te povezane zdravstvene rizike kod muških i ženskih trkača na duge staze tijekom prednatjecateljskog bloka treninga s velikim opterećenjem. Trideset sedam posto sportašica imalo je amenoreju, a 40% sportaša imalo je nisku razinu testosterona. Sportašice su uz to također imale nižu mineralnu gustoću kostiju, dok su oba spola imala nisku razinu hormona štitnjače i 4.5 puta veću učestalost ozljeda kostiju u usporedbi sa ženama koje imaju normalnu reproduktivnu funkciju.

Još jedan od razloga za brigu sportaša u sportovima dugotrajne izdržljivosti je hidracija koja mora biti optimalna jer će i preveliki i nedovoljan unos tekućine biti potencijalno opasan. Nedovoljan unos tekućine dovodi do stanja hipohidracije koje može uzrokovati smanjenje sposobnosti sportaša i uz to povećati tjelesnu temperaturu, otkucaje srca i osjećaj napora prilikom izvedbe tjelesne aktivnosti. Pretjerani unos hipotonične tekućine može dovesti do hiponatrijemije, to je stanje koje se najčešće javlja u sportovima dugotrajne izdržljivosti pogotovo kada se izvode u ekstremnim mikroklimatskim uvjetima (ekstremne vrućine, vlaga i ekstremna hladnoća). Hiponatremija može dovesti do hiponetremijske encefalopatije, promijenjenog stanja svijesti, kome i smrti (Pantelis i suradnici, 2018).

## **2.2. MAKRONUTRIJENTI**

### ***2.2.1. Ugljikohidrati***

Ugljikohidrati su glavni izvor energije u sportovima dugotrajne izdržljivosti i najvažniji su čimbenik optimalne izvedbe. Rezerve ugljikohidrata nisu beskonačne zbog čega ih je potrebno obnavljati svaki dan (glikogen u jetri potroši se nakon 15h gladovanja). Glavni izvori ugljikohidrata u prehrani su: kruh, tjestenina, žitarice, voće, povrće, sjemenke i mahunarke (Šatalić i suradnici, 2016).

Učinak dijeta s visokim udjelom ugljikohidrata sažet je u pregledu Hawleya i suradnika i još 1997. godine. Pregled navodi kako povišene razine glikogena u mišiću odgađaju umor za otprilike 20% u vježbama izdržljivosti koje traju duže od 90 minuta. Postoje tri dobro poznata protokola punjenja ugljikohidratima koja mogu stvoriti superkompencaciju zaliha glikogena,

prvi protokol koji se zove klasični protokol razvijen je 1960-ih od strane Hultmana i suradnika. On se sastoji od faze pražnjenja tokom koje se smanjuje skladište glikogena tako što se 3-4 dana unosi mala količina ugljikohidrata i provodi vježbanje visokog intenziteta, nakon čega slijedi faza punjenja koja se sastoji od povećanog unosa ugljikohidrata i vježbanja niskog intenziteta. Drugi protokol Shermana i suradnika je nešto manje stresan i zato lakše primjenjiv za sportaše, on također nastoji iscrpiti zalihe glikogena i postepeno povećavati unos ugljikohidrata, ali se smanjuje razina tjelesne aktivnosti i stoga nema ozbiljne i stresne faze pražnjenja glikogena kao u klasičnom protokolu. Treći i najnoviji protokol je najkraći i najmanje stresan za sportaše sastoji se od povećanog unosa ugljikohidrata 36-48 sati prije utrke i smanjenog intenziteta vježbanja (Pantelis i suradnici, 2018).

Osim punjenja prije utrke sportaši u sportovima dugotrajne izdržljivosti također paze na unos ugljikohidrata za vrijeme utrke kada ih najčešće unose u tekućem obliku. Već se duže vrijeme zna da unos ugljikohidrata tijekom vježbanja i natjecanja može povećati kapacitete i izvedbu sportaša, ali je malo njih istraživalo kolika doza ugljikohidrata će postići najbolji odgovor.

Većina ranijih studija, poput studije provedene od strane Coggan i Swanson (1992.) davala je sportašima 40-75 g ugljikohidrata/h što je utjecalo poboljšanjem izvedbe, kada su povećali unos na više od 75g/h nisu vidjeli nikakve dodatne dobrobiti. No u nekim od tih studija nisu primjenjivane samo različite doze, nego i različit sastav ugljikohidrata, jer su smatrali da sastav ugljikohidrata nema utjecaja na rezultate izvedbe. U istraživanju provedenom od Jeukendrup i suradnika (2006) ispitanici su unosili mješavinu glukoze i fruktoze i samu glukozu te je uočeno da su ocjene biciklista o percipiranom naporu niže kada su unosili mješavinu glukoze i fruktoze, a uz to se pokazalo da su mogli održavati bolju kadencu (broj okretaja pedala u jednoj minuti) u petom satu vožnje. Opsežno istraživanje Smitha i suradnika (2010) također je istraživalo odnos između stope unosa ugljikohidrata i postignutog rezultata pri vožnji bicikle od 2h. U istraživanju su koristili 12 različitih pića sa različitom količinom ugljikohidrata i placebo. Rezultati su pokazali kako je najveće poboljšanje sposobnosti uočeno pri stopi unosa od 60-80 g ugljikohidrata/h. Sportaši moraju unaprijed odabrati sportski napitak ili suplement koji će unositi kako bi vidjeli ako ga njihovo tijelo podnosi i to moraju provesti izvodeći aktivnost pri jednakom intenzitetu kao na utrci kako bi oponašali situacijske uvjete, tako će sportaši koji se bave triatlonom najčešće punjenje provoditi tijekom vožnje bicikle kada su u idealnim uvjetima za to, a ne tijekom plivanja i zato trebaju vježbati na taj način (Kenneth i Getzin, 2019).

### 2.2.2. Masti

Masti su koncentrirani izvor energije (9 kcal/g). One sadržavaju i omogućavaju apsorpciju vitamina topljivih u mastima (A, D, E i K). Dugotrajno praćenje prehrane s pre niskim udjelom masti može dovesti do nedovoljnog unosa energije kad su energetske potrebe povećane što je čest slučaj u sportovima dugotrajne izdržljivosti. Obično se preporučuje da unos masti iznosi između 20% i 35% ukupnih unesenih kalorija u danu. Ako je unos masti manji od 20% kcal ili veći od 70% kcal on može imati negativan utjecaj na zdravlje i neće doprinijeti poboljšanju sportskih rezultata, već će naprotiv negativno utjecati na njih (Štalić i suradnici, 2016).

Naravno treba uzeti u obzir iz kojeg se izvora navedene masnoće konzumiraju. Ako je suvišak ostvaren povećanjem unosa zasićenih masti, posljedica je povećanje količine masti u jetri i visceralne masti, a ako je suvišak ostvaren povećanim unosom višestruko nezasićenih masnih kiselina, ne dolazi do navedenih posljedica. Također je bitan omjer unosa višestruko nezasićenih masnih kiselina,  $\omega$ -3 i  $\omega$ -6 masnih kiselina. Prehrambeni izvori  $\omega$ -6 masnih kiselina uključuju meso, jaja, orašasto voće i brojna biljna ulja. Prehrambeni izvori  $\omega$ -3 masnih kiselina su npr. Soja, orasi, sjemenke lana, zeleno lisnato povrće, dakle hrana biljnog podrijetla, a prehrambeni izvori dugolančanih  $\omega$ -3 (EPA i DHA) su riba, školjke i rakovi. Omjer  $\omega$ -6 i  $\omega$ -3 u uobičajenoj prehrani iznosi 15 – 16:1, a optimalan se smatra omjer 4:1. Količina i omjer  $\omega$ -6 i  $\omega$ -3 masnih kiselina u prehrani određuje sintezu regulatornih eikosanoida, gdje iz  $\omega$ -6 nastaju proupalni, a iz  $\omega$ -3 protuupalni.  $\omega$ -3 masne kiseline imaju brojne povoljne učinke na zdravlje (artritis, astma, demencija, depresija, Crohnova bolest, itd.), a najjača je povezanost sa smanjenjem rizika od kardiovaskularnih bolesti. Pritom se koristi ponajprije pripisuju EPA i DHA, odnsono ribi (Štalić i sur., 2016). Dodaci ribljeg ulja mogu igrati ulogu u biosintezi testosterona, njihov učinak općenito promiče anaboličko stanje, što je važno za sportaše u sportovima dugotrajne izdržljivosti koji su osjetljivi na padove testosterona koji su uočeni kod pretreniranosti (Macaluso i suradnici, 2013). Iako se mora uzeti u obzir da anabolički učinak  $\omega$ -3 masnih kiselina može ovisiti o brojnim čimbenicima. Ti čimbenici uključuju, dnevni unos proteina, tehnike mjerenja, dob i metabolički status sudionika. Prije nego što se mogu izvući čvrsti zaključci u pogledu učinkovitosti unosa  $\omega$ -3 masnih kiselina na zdravlje mišićno-koštanog sustava nužno je

odgovoriti na još puno pitanja koja zahtijevaju eksperimentalnu pozornost (McGlory i suradnici, 2019).

### **2.2.3. Proteini**

Biljke dobivaju dušik iz tla zahvaljujući bakterijama koje mogu iskorištavati atmosferski dušik, a čovjek dobiva dušik u obliku proteina iz hrane. Aminokiseline su molekule koje izgrađuju proteine a sadrže amino skupinu (-NH<sub>2</sub>) i karboksilnu skupinu (-COOH). U prirodi postoji stotinjak aminokiselina, a 20 se pojavljuje u proteinima hrane i ljudskog tijela. U zdrave osobe, količina proteina unesena hranom u ravnoteži je s količinom koju tijelo upotrebljava za održavanje svojih tkiva i gubicima dušika fecesom, urinom i kroz kožu. Energiju za vježbe izdržljivosti ponajprije osiguravaju ugljikohidrati i masti. Skeletni mišići koriste i razgranate i esencijalne aminokiseline, a kako su njihov jedini izvor hrane ili tjelesni proteini, vježbe izdržljivosti povećavaju potreban unos proteina na 1,2-1,4 g/kg TM. (Šatalić i suradnici, 2016).

Tradicionalno, proteini koji sadrže aminokiseline razgranatog lanca (engl. branched-chain amino acids, BCAA - leucin, izoleucin i valin) privlače veliku pozornost u popularnim medijima i istraživanjima zbog svoje uloge u metabolizmu proteina i regulaciji glukoze/inzulina. Međutim, posljednjih godina se pokazalo da su proteini sa višim sadržajem esencijalnih aminokiselina i leucina (700-3000 mg) idealni izvor za stimulaciju sinteze mišićnih proteina (Thomas i sur., 2016). Sinteza mišićnih proteina je pojačana 24h nakon vježbanja, zato je to idealno vrijeme za optimizaciju unosa proteina kako bi se održala mišićna masa nakon vježbi dugotrajne izdržljivosti, budući da takva vrsta vježbanja izaziva katabolično stanje i razgradnju mišića u uvjetima nedostatne raspoloživosti nutrijenata. Vrijeme i doza su također važni, 0,25-0,3 g/kg u roku od 0-2 sata nakon tjelesnog vježbanja osigurava približno 10 g esencijalnih aminokiselina koje maksimalno stimuliraju sintezu mišićnih proteina. Sportaši znaju misliti da je više bolje i povećati dnevni unos proteina iznad preporučene razine (1,2-2,0 g/kg/dan ili dnevni obroci više od 0,3g/kg TM) što ne donosi dodatnu korist sportašima u sportovima dugotrajne izdržljivosti. (Jäger i suradnici, 2017).



## 2.2.4. MIKRONUTRIJENTI

Mikronutrijenti su nužni za razne tjelesne funkcije, oni sudjeluju u metabolizmu energije, sintezi hemoglobina, održavanju zdravlja kostiju, omogućavaju optimalan imunološki sustav, zaštitu od oksidativnog stresa, sudjeluju u procesima opravka mišića nakon tjelesne aktivnosti, itd. Redovito tjelesno vježbanje povećava potrebe unosa mikronutrijenata zbog povećane potrošnje. No, uz uvjet optimalne i raznovrsne prehrane te ostvarenja unosa energije koji održava stabilnu tjelesnu masu, nisu potrebni vitaminsko-mineralni dodaci prehrani. (Šatalić i suradnici, 2016)

Dobro uravnotežena cjelovita prehrana s raznim voćem, povrćem, cjelovitim žitaricama, mliječnim proizvodima i nemasnim izvorima proteina trebala bi osigurati odgovarajuće mikronutrijente za većinu sportaša. Mikronutrijenti su ključni za optimalno zdravlje, ali nije dokazano da količine iznad % RDA (eng. Recommended Dietary Allowances) razine poboljšavaju izvedbu vježbi izdržljivosti osim ako sportaši nemaju nedostatak. (Bytomski, 2018). U tablici 1 prikazane su preporučene doze suplementacije kod sportaša dugotrajne izdržljivosti koji imaju nedostatak vitamina D, kalcija i željeza koja se provodi isključivo po preporuci i pod kontrolom liječnika, uz praćenje i laboratorijsku re-evaluaciju nutritivnog statusa mikronutrijenata na temelju odgovarajućeg biomarkera odnosno kombinacije nekoliko biomarkera.

Tablica 1. preporučene doze suplementacije

Mikronutrijent	Doza	Vrijeme	Potencijalne nuspojave
Vitamin D	1,500-5,00 IU dok se ne postignu odgovarajuće vrijednosti 25-hidroksivitamina D u serumu (>30ng mL <sup>-1</sup> )	Konzumirati s hranom topljivom u mastima za optimalnu apsorpciju	Može biti toksičan u visokim dozama kroz duži vremenski period, povećavajući rizik od anoreksije, gubitka težine, poliurije, srčanih aritmija i kalcifikacije mekog tkiva
Kalcij	1000-1500 mg d <sup>-1</sup> Apsorpcija je najveća pri dozi od 500 mg, stoga bi doziranje možda trebalo biti raspoređeno kroz dan	Kalcijev karbonat treba konzumirati s hranom, dok se kalcijev citrat može konzumirati neovisno o obroku	Kalcijev karbonat može izazvati plinove, nadutost i zatvor. Dok rijetka, prekomjerna konzumacija može rezultirati hipokalcemijom ili povećanim rizikom od kardiovaskularnih bolesti
Željezo	8 mg d <sup>-1</sup> za muškarce i 18 mg d <sup>-1</sup>	Konzumirati s hranom koja sadrži vitamin C.	Veće doze mogu uzrokovati

20 mg elementarnog željeza tijekom 6 do 8 tjedana može poboljšati stanje u slučaju deficita

Izbjegavati konzumaciju s hranom koja ima puno kofeina, fitata ili kalcija

gastrointestinalne tegobe, zatvor i mučninu  
Osobe s nasljednom hemokromatozom trebaju izbjegavati konzumaciju  
Može doći do predoziranja i dovesti do kome ili smrt

Legenda: preporučene vrijednosti kod sportaša koji imaju nedostatak mikronutrijenata

Podaci su preuzeti i prevedeni iz „*Energy Availability, Macronutrient Intake, and Nutritional Supplementation for Improving Exercise Performance in Endurance Athletes*“ Casazza i suradnici, 2018. *Current Sports Medicine Reports* 17(6):215-223.

## **Vitamini**

### ***Vitamini B skupine***

Vitamini B skupine imaju dvije funkcije izravno povezane s tjelesnom aktivnošću: tiamin, riboflavin, niacin, B<sub>6</sub>, pantotenska kiselina i biotin uključeni su u metabolizam energije, a folat i B<sub>12</sub> uključeni su u eritropoezu, također sintezu proteina, obnovu i održavanje tkiva, uključujući središnji živčani sustav. Zbog povećanje potrošnje očekuje se povećana potreba za vitaminima B skupine, ali se one jednostavno zadovoljavaju povećanim unosom energije. Manjak folata i /ili vitamina B<sub>12</sub> rezultira anemijom i lošijim rezultatima u vježbama izdržljivosti (Šatalić i suradnici, 2016). Sportaši bi trebali redovito kontrolirati koncentraciju vitamina B<sub>12</sub> u krvi i ako je potrebno uvesti individualizirano suplementaciju kako se postigla zona od 400-700 pg/mL. Posebna pozornost potrebna je vegetarijancima, veganima i sportašima s niskom koncentracijom vitamina B<sub>12</sub>. Imajući na umu potencijalne dobrobiti poboljšanja parametara crvenih krvnih stanica, sportaši s nedovoljnom koncentracijom vitamina B<sub>12</sub> trebaju uzimati suplemente (Krzywanski i suradnici, 2020). U svojoj studiji su Krzywanski i suradnici (2020) utvrdili razlike u koncentraciji vitamina B<sub>12</sub> između sportaša u sportovima snage i sportovima izdržljivosti. Viša prosječna koncentracija vitamina B<sub>12</sub> zabilježena je kod sportaša u sportovima izdržljivosti. Češća upotreba injekcija od strane sportaša u sportovima izdržljivosti u odnosu na one koje se bave snagom (46% u odnosu na 30%) potencijalno je glavni razlog za takve ishode. Također je utvrđeno da sportaši u sportovima izdržljivosti koji nisu koristili injekcije imaju više koncentracije vitamina B<sub>12</sub>, što

bi moglo biti rezultat veće doze vitamina B12 konzumirane u suplementima. Sportaši koji se bave sportovima izdržljivosti, međutim, koriste veće količine sportskih napitaka koji sadrže vitamine što po njihovu mišljenju može biti odgovorno za uočenu razliku.

### ***Vitamin D***

Vitamin koji je poznat i kao sunčani vitamin, je vitamin topljiv u mastima koji djeluje kao hormon. Može biti sintetiziran u tijelu kada je koža izložena optimalnoj ultraljubičastoj (UVB) radijaciji. Vitamin D olakšava apsorpciju kalcija iz probavnog trakta i također je nužan u optimizaciji zdravlja kostiju. Smatra se da također igra ulogu u održavanju zdravog imunološkog sustava i da je važan za optimalnu funkciju mišića. Oni koji imaju deficit vitamina D imaju povećan rizik od ozljeda kostiju, kao što su stres frakture, i povećanu osjetljivost na prehlade i gripe. Bilo koji čimbenik koji ograničava kvalitetu izlaganja suncu može ugroziti status vitamina D. Za sportaše to mogu biti nepogodni klimatski uvjeti, treninzi u zatvorenom prostoru i nošenje opreme koja prekriva tijelo (Eberle, 2014). Postoji li manjak, suplementacija vitaminom D može imati pozitivan utjecaj na sportske rezultate i može povećati razinu testosterona. Suplementacija vitaminom D<sub>3</sub> može pomoći u smanjenju rizika od respiratornih infekcija, čijoj pojavi doprinose naporni treninzi (Štalić i suradnici, 2016).

### ***Vitamin C***

Tijelu je potreban vitamin C za normalne fiziološke funkcije. On sudjeluje u sintezi i metabolizmu tirozina, folne kiseline i triptofana, hidroksilaciji glicina, prolina, lizin karnitina i kateholamina. Olakšava pretvorbu kolesterola u žučne kiseline i time snižava razinu kolesterola u krvi. Također povećava apsorpciju željeza u crijevima, te kao antioksidans štiti tijelo od raznih štetnih učinaka slobodnih radikala i toksina (Chambial i suradnici, 2013). Tjelesna aktivnost povećava potrebe za vitaminom C (100 – 1000 mg za svakidašnje dugotrajne i zahtjevne aktivnosti). Uravnotežena prehrana s raznolikim izborom voća i povrća najbolji je način održavanja optimalnog antioksidacijskog statusa (Štalić i suradnici, 2016).

### *Minerali: kalcij, cink i magnezij*

Osim što gradi snažne kosti i zube, kalcij pomaže i u kontrakciji mišića, slanju poruka između živaca i zgrušavanju krvi. Konzumacija optimalne količine kalcija tijekom života, posebice u adolescenciji i mladoj odrasloj dobi, smanjuje rizik od osteopenije i osteoporoze. Optimalan unos kalcija za odrasle osobe je 1000 miligrama na dan, a za mlade sportaše 1300 miligrama na dan (Eberle, 2014). Sportaši koji imaju veliki volumen vježbanja zbog dugotrajnih treninga izloženi su riziku od niže mineralne gustoće kostiju (Rector i suradnici, 2008). Jedan od mogućih uzroka tome može biti povećanje resorpcije kosti posredovano aktivacijom paratiroidnog hormona zbog smanjenja razine kalcija u serumu, što se javlja kao rezultat dermalnog gubitka kalcija. Barry i suradnici (2011) ispitali su smanjuje li suplementacija kalcija tjelovježbom izazvana povećanja paratiroidnog hormona i resorpciju kostiju. Ispitivanje je provedeno na dvadeset muških sportaša koji se bave sportovima izdržljivosti. Ispitanici su završili 35 km dugu biciklističku vožnju na vrijeme u tri navrata konzumirajući ili (1) 1000 mg kalcija 20 minuta prije vježbanja i placebo tijekom vježbanja, (2) placebo prije vježbanja i 250 mg kalcija svakih 15 minuta tijekom vježbanja ili (3) placebo prije i tijekom vježbanja. Rezultati su pokazali da je suplementacija 1000 mg kalcija unesena samo prije vježbanja dovela do oslabljenog odgovora paratiroidnog hormona u narednom ciklusu vježbanja. Suplementacija kalcija tijekom vježbanja dovela je do manjeg slabljenja odgovora paratiroidnog hormona tijekom vježbanja, i to nije doseglo statističku značajnost.

Nedostatak cinka može imati negativne posljedice na zdravlje, osobito kod sportaša, što utječe na sportsku izvedbu. Iako dosadašnji dokazi potvrđuju dobrobiti zadovoljavanja dnevnih potreba za cinkom, nema dokaza koji bi poduprli da bi prekomjerno uzimanje cinka bilo korisno izvan preporučenih dnevnih unosa (Hernandez-Camacho i suradnici, 2020). Manjak magnezija ima negativan utjecaj na izvedbu vježbi izdržljivosti, pa dodaci prehrani mogu biti korisni ako je status magnezija neadekvatan (Šatalić i suradnici, 2016).

## **Utjecaj suplementacije vitamina i minerala u sportovima dugotrajne izdržljivosti**

U istraživanju provedenom od strane Knechtle i suradnika 2006. godine nije dokazana nikakva korist suplementiranja vitaminima i mineralima u poboljšanju rezultatu u ultra-maratonu. U istraživanju je sudjelovalo 20 muških ultramaratonaca, sa suplementacijom su započeli 4 tjedana prije same utrke. Istraživanje je pokazalo da suplementacija nije utjecala na bolje rezultate između grupe koja je konzumirala i koja nije konzumirala vitamine i minerala. Sukladno tome, nema dovoljno dokaza da su dodaci multivitamina i/ili minerala korisni za ultra-maraton, osim u slučaju utvrđenog već postojećeg nedostatka hranjivih tvari ili prehrane koja može utjecati na smanjenu razinu pojedinih vitamina kao što je npr. veganska prehrana kod koje unos vitamina B<sub>12</sub> nije optimalan ili unos željeza. Nužno je da sportaši u navedenim sportovima imaju raznoliku prehranu bogatu mikronutrijentima.

Iako nema utjecaja na rezultate u sportovima dugotrajne izdržljivosti vitamin C je i dalje zanimljiv zbog potencijalnog pozitivnog utjecaja na imunološku funkciju iako su rezultati konfliktni. Pokazalo se da suplementacija vitaminom C mijenja različite indekse ljudskog imunološkog odgovora i da je koncentracija vitamina C visoka u aktiviranim neutrofilima i makrofagima (Nieman i suradnici, 2002).

U istraživanju koje su proveli Nieman i suradnici (2002) mjereno je utjecaj vitamina C na oksidativne i imunološke promjene kod ultramaratonaca. Sudionici su bili podijeljeni u dvije grupe, jedna je uzimala vitamin C (15 trkača), druga je uzimala placebo (13 trkača). Grupa koja je uzimala vitamin C je povezana s povišenim vitaminom C u plazmi i smanjenim razinama mokraćne kiseline, ali nije bilo dosljedne razlike u utjecaju na oksidativne i imunološke promjene. Dok su u istraživanju utrke na 50 km Mastaloudis i suradnici, (2004) primjetili značajan zaštitni učinak protiv peroksidacije lipida u trkača koji su 7 tjedana prije utrke bili suplementirani antioksidansima vitamin E i C (a-tokoferol u dozi od 300 mg·d<sup>-1</sup> i askorbinska kiselina 1000 mg·d<sup>-1</sup>). Rezultati ovog istraživanja upućuju da akutna dopuna u razdoblju neposredno prije ili nakon utrke može ublažiti oksidativno oštećenje i imunosupresiju. Iako su potrebna daljnja istraživanja kako bi se potvrdili ovi nalazi.

### 3. SUPLEMENTI (DODACI PREHRANI)

„Sportaši u sportovima i disciplinama dugotrajne izdržljivosti se odlučuju za suplementaciju iz nekoliko razloga: prevencije ili rješavanja pretpostavljenog ili utvrđenog manjka (hranjive) tvari, zadovoljavanja povećanih nutritivnih potreba, praktičnije i jednostavnije opskrbe hranjivim tvarima, ostvarivanja ergogena učinka ( poboljšanje izvedbe i rezultata ), zbog uvjerenja da je to obavezna praksa sportaša, zbog bržeg oporavka, poboljšanja zdravlja, kompenzacije nepravilne prehrane, regulacije TM i sastava tijela itd.“ (Šatalić i suradnici, 2016)

Wirnitzer i suradnici su 2021. proveli istraživanje koje je proučavalo ponašanje povezano s unosom suplemenata s obzirom na spol, dob i iskustvo trkača. Istraživanje je provedeno s 317 trkača koji se bave trčanjem na raznim distancama (10km, polu-maraton i ultra-maraton). Najvažniji podaci koje su dobili su da 50% trkača na duge staze redovito konzumira dodatke prehrani. Najviše unose vitaminske dodatke (43%) , u usporedbi s mineralima (34%) ili dodacima s ugljikohidratima/proteinskim dodacima (19%). Uz to sportaši sportova dugotrajne izdržljivosti koriste i druge dodatke prehrani, prehrambene tvari i sredstva s ciljem povećanja sposobnosti, kao npr. nitrata, kofein i probiotike (Vitale i Getzin, 2019).

#### 3.1. Kofein

Kofein je najčešće korištena psihoaktivna supstanca u većini zemalja svijeta. Nezaobilazan dio uobičajene prehrane u Europi kofein postaje u 16. stoljeću kad se većinom unosio čajem. Sredinom 20. stoljeća uporaba mu se višestruko povećala, ponajviše zbog sve raširenije navike ispijanja kave koja je danas izvor većine kofeina koji suvremeni čovjek konzumira. Osim tradicionalnih izvora poput kave i čaja, kofein se u većim količinama nalazi i u brojnim bezalkoholnim pićima. Nadalje, u novije su vrijeme, osobito među mladima, sve popularnija energetska pića u kojima je sadržaj kofeina prilično visok (Šatalić i sur., 2016).

Kofein ima više mehanizma ergogenog djelovanja, uključujući povećanu aktivnost  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPaze, povećano otpuštanje kalcija iz sarkoplazmatskog retikuluma, veći kateholaminski odgovor na aktivnost izdržljivosti i sposobnost da služi kao antagonist adenozijskih receptora u središnjem živčanom sustavu, pridonoseći smanjen osjećaj boli i smanjenje percipiranog

umora. Pokazalo se da konzumacija 3 do 6 mg·kg<sup>-1</sup> kofeina, 60 minuta prije vježbanja, poboljšava izvedbu vježbanja. (Naderi i suradnici, 2016).

Njegova konzumacija utječe na većinu organskih sustava ljudskog tijela, na središnji živčani sustav djeluje kao stimulans zbog čega se povećava budnost i odgađa san. Njegov utjecaj na kardiovaskularni sustav je izravan, povećava se frekvencija srca, baš kao i sistolički i dijastolički tlak. Kad je riječ o respiratornom sustavu, kofein povećava ventilaciju zbog povećanja osjetljivosti respiratornog centra u produljenoj moždini na CO<sub>2</sub>. Utjecaj na urogenitalni sustav očituje se kroz blag diuretski učinak. Na gastrointestinalni sustav kofein utječe povećavajući sekreciju želučane kiseline, kod većih doza može uzrokovati proljev (Šatalić i suradnici, 2016).

Gonçalves i suradnici (2017) su u svom istraživanju proučavali učinak konzumiranja 6 mg·kg<sup>-1</sup> kofeina ili placebo na izvedbu kod 40 treniranih muških biciklista s različitim običajima konzumiranja kofeina. Sudionici su označeni kao rijetki konzumenti kofeina (58 ± 29 mg·d<sup>-1</sup>), umjereni konzumenti kofeina (143 ± 25 mg·d<sup>-1</sup>) i česti konzumenti kofeina (351 ± 139 mg·d<sup>-1</sup>). Značajno poboljšanje od 3,3% u izvedbi vremenskog ispitivanja primijećeno je 60 minuta nakon 3 do 6 mg·kg<sup>-1</sup> konzumacije kofeina u svim ispitanim skupinama konzumenata kofeina u usporedbi s kontrolnom grupom. Međutim, nije primijećen značajan učinak kofeina između uobičajenog obrasca konzumacije i rezultata.

U sustavnom pregledu koji su proveli Southward i suradnici (2018) na randomiziranim i placebo kontroliranim studijama koje su istraživale učinke kofeina na izvedbu u sportovima izdržljivosti. Četrdeset i šest studija zadovoljilo je kriterije uključivanja i uključeno je u meta-analizu. Otkriveno je da kofein ima mali, ali značajan utjecaj na izvedbu u sportovima izdržljivosti kada se uzima u umjerenim dozama (3-6 mg/kg). Ukratko, kofein se dosljedno pokazao kao učinkovito ergogeno sredstvo kada se uzima u umjerenim dozama u sportovima izdržljivosti.

Pet studija ispitalo je potencijalni ergogeni učinak žvakaće gume s kofeinom na aerobnu izvedbu. Sve studije provedene su korištenjem biciklističkih intervencija, a većina je provedena na dobro utreniranim biciklistima. Rezultati sugeriraju da kofeinska žvakaća guma isporučena u ukupnim dozama od 200-300 mg, blizu početka ili tijekom produljenog treninga izdržljivosti može biti najkorisnija, posebice za dobro utrenirane sportaše. Međutim, potrebno je više istraživanja, posebice kod tjelesno aktivnih i rekreativaca (Guest i suradnici, 2022).

Yerba Mate, južnoamerička biljka i napitak koji se spravlja namakanjem njenih osušenih listova, bogata je kofeinom, antioksidativnim fenolima, saponinima i ksantinima, s učinkom na povećanje utilizacije masti tijekom tjelesne aktivnosti. Areta i suradnici (2018) ispitivali su

učinke uzimanja 5 g Yerba Mate ( $0,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  kofeina) ili placebo (maltodekstrina) tijekom 5 dana i 1 h prije kronometra na 11 dobro uvježbanih biciklista. Pokus Yerba Mate izazvao je malo, ali statistički značajno brže vrijeme ispitivanja ( $30,1 \pm 1,8$  do  $29,4 \pm 1,4$  min). Autori su sugerirali da se ergogeni učinci Yerba Mate mogu objasniti sinergizmom između klorogenske kiseline i kofeina u stimulaciji središnjeg živčanog sustava.

### 3.2. Nitrati - cikla

U preglednom radu Domingueza i suradnika (2017) proučavani su učinci cikla na izvedbu u sportovima izdržljivosti. Smatra se da je bioaktivnost cikla posljedica visokih koncentracija nitrata i raznih fitokemikalija, uključujući betalaine. Oba ova spoja nalaze se u koncentriranom soku od cikla, za koji se pokazalo da povećava kardiorespiratornu izdržljivost, poboljšava izvedbu trčanja i vožnje bicikla na kronometar, produžava vrijeme do iscrpljenja pri submaksimalnom opterećenju i poboljšava kardiorespiratornu sposobnost na anaerobnom pragu i pri maksimalnom primitku kisika. Većina učinaka soka od cikla pripisuje se njegovom visokom sadržaju nitrata, koji se, u probavnom traktu reducira u dušikov oksid koji doprinosi poboljšanju protoka krvi u mišićima. Najviša koncentracija nitrata u krvi postiže se unutar 2 do 3 sata nakon konzumiranja. Oralne antiseptičke tekućine za ispiranje ne smiju se uzimati s dodatkom cikla jer one mogu spriječiti pretvorbu u nitrite, koja se događa u usnoj šupljini pod utjecajem anaerobnih bakterija (Dominiguez i suradnici, 2017).

Većina studija pokazuje ergogene učinke cikla u dozi suplementacije od 6 do 8 mmol, ali vrhunski sportaši mogu zahtijevati nešto veću dozu. Shannon i suradnici (2017) su u svom istraživanju imali skupinu muških trkača i triatlonca te su im zadali 4 trke na vrijeme u udaljenosti od 1,5 km do 10 km. Vremenska ispitivanja su se provodila 3 sata nakon suplementacije 140 mL koncentriranog soka od cikla bogatog nitratima ( $\sim 12,5$  mmol nitrata) ili soka od cikla bez nitrata (placeba) ( $\sim 0,01$  mmol nitrata). Skupina koja je pila koncentrirani sok od cikla bila je statistički značajno brža u odnosu na drugu skupinu ( $319,6 \pm 36,2$  s u odnosu na  $325,7 \pm 38,8$  s). Iako nije bilo značajne razlike u utrci na 10 km između dvije skupine ( $2643,1 \pm 324,1$  s naspram  $2649,9 \pm 319,8$  s), ispitanici koji su pili koncentrirani sok od cikla su imali znatno veću brzinu trčanja ( $14,0 \pm 1,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  naspram  $13,7 \pm 1,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) i kraće vrijeme ( $1287,5 \pm 153$  s u odnosu na  $1317,6 \pm 149,9$  s) u prvih 5 km u usporedbi s placebo. Autori su pretpostavili da je uzrok boljih rezultata



izvedbe s dodatkom koncentriranog soka od cikle uočenih na 5 km zato što viši intenzitet aktivnosti zahtijeva angažiranje mišićnih vlakana tipa IIa kod kojih je bolja isporuka kisika važnija.

### **3.3. Ashwagandha**

Korijen ashwagandhe sadrži flavonoide i mnoge aktivne sastojke poput alkaloida i steroidnih laktona, koji se obično nazivaju vitanolidi. Kemijski sastojci ashwagandhe uključuju tri prirodna snažna antioksidansa, superoksid dismutazu, katalazu i glutation peroksidaze. Sastojak je u mnogim formulacijama koje se propisuju za različita mišićno-koštana stanja (npr. artritis, reumatizam) i koristi se za povećanje energije, poboljšanje općeg zdravlja i dugovječnosti te sprječavanje bolesti kod sportaša, starijih osoba i tijekom trudnoće. (Archana i Namasivayan, 1999).

Shenoy i suradnici (2012) su u svom istraživanju proučavali efekte ashwagandhe na kardiorespiratornu izdržljivost kod vrhunskih biciklista. U istraživanju je sudjelovalo 40 biciklista koji su raspoređeni u dvije grupe placebo i grupu koja je konzumirala ashwagandhu. Obje grupe su nastavile svoje pripreme koje su trajale osam tjedana. Nakon osam tjedana konzumacije ashwagandhe sportaši su imali statistički značajno veći maksimalni primitak kisika (VO<sub>2</sub> maks) (13% veći) dok kod grupe koja nije konzumirala ashwagandhu nije zabilježen porast VO<sub>2</sub> maksa.

Zaključno, rezultati istraživanja s ashwagandhom kao ergogenim sredstvom, i zbog kvalitete samih istraživanja, ne daju podršku opravdanoj suplementaciji.

### **3.4. Kreatin**

Kreatin je glavna komponenta energetskeg metabolizma koja je prisutna u izobilju u ljudskim skeletnim mišićima, mozgu i srcu. Kreatin, koji je sintetiziran interno ili unesen prehranom omnivora, potreban je za normalan rast, razvoj i zdravlje. Nedavna istraživanja u nutricionizmu i fiziologiji kreatina ukazuju da količina kreatina koju tijelo prirodno sintetizira nije dovoljna da zadovolji ljudske potrebe. Sukladno navedenom, ljudi moraju dobiti dovoljno kreatina iz prehrane (Ostojic i Forbes, 2022). Prehrambeni proizvodi bogati kreatinom su meso i riba, oni sadrže između 4 i 10 g kreatina po kilogramu. Kao suplement kreatin se najčešće nalazi u obliku kreatin monohidrata u prašku, tekućini, tabletama ili kapsulama. Danas je kreatin monohidrat jedan od najpopularnijih suplemenata na tržištu. Pozitivni učinci kreatina uglavnom se odnose na sportove i sportske grane u kojima dominira jakost i brzinsko-eksplozivne motoričke sposobnosti. Nakon prvog tjedna suplementacije kreatin monohidrata dolazi do zamjetnog povećanja tjelesne mase, što je najvećim udjelom posljedica retencije vode u unutarstaničnom prostoru (Štalić i suradnici, 2016).

Iako postoje čvrsti dokazi da suplementacija kreatin monohidratom može poboljšati kratkotrajne vježbe visokog intenziteta kod sportaša, učinak dodavanja kreatin monohidrata na aerobnu izvedbu i njegova uloga tijekom aerobnih aktivnosti još uvijek je kontroverzna (Fernández-Landa i suradnici, 2023). U sistemskom pregledu i meta-analizi provedenoj od Fernández-Landa i suradnika (2023) u kojoj je uključeno 13 studija, zaključili su da suplementacija kreatin monohidrata nema dokazanih pozitivnih učinaka na izvedbu u sportovima dugotrajne izdržljivosti kod trenirane populacije.

### **3.5. Probiotici**

Probiotici se smatraju "živim sastojcima hrane" koji imaju blagotvoran učinak na organizam domaćina i prirodno se pojavljuju u fermentiranoj hrani. Probiotici imaju mnoge predložene zdravstvene dobrobiti, uključujući antimikrobno djelovanje na ublažavanje bolesti proljeva i smanjenje urogenitalnih infekcija, pomoć kod intolerancije na laktozu, sprječavanje zatvora, poboljšanje imunološke funkcije i moguće čak i antikarcinogeno djelovanje na debelo crijevo (Nichols, 2007). Pregledni rad koji je proučavao zdrave fizički aktivne ljude i sportaše

pokazao je da probiotici mogu pomoći u smanjenju gastrointestinalnih problema i simptoma gornjih dišnih puteva koji su česti u sportaša u sportovima dugotrajne izdržljivosti ( Leite i suradnici, 2019).

### **3.6. Suplementacija za brži oporavak**

Ugljikohidrati i voda su najviše istraženi u ubrzavanju oporavka, ali uloga proteina nakon vježbanja, kofeina i antioksidansa može imati važan utjecaj za sportaše u sportovima dugotrajne izdržljivosti.

Studije su pokazale da prehrana s visokim udjelom ugljikohidrata (8-10 g/kg/dan) može vratiti vrijednosti glikogena jednakim prije vježbanja unutar 24 sata. U idealnom slučaju, doziranje u intervalima od 15-30 minuta postiže najveće stope sinteze glikogena u ranom razdoblju oporavka od 3-5 sati. (Jeukendrup i suradnici, 2005 ).

Ako sportaš ne može tolerirati ovaj volumen ugljikohidrata, dodatak kofeina može povećati nadoknadu glikogena za 66% . Ako sportaš može tolerirati samo 0,8 g/kg/h ugljikohidrata, dodavanje proteina od 0,2-0,4 g/kg/h također može potaknuti nadoknadu glikogena (Kerksick i suradnici, 2017).

Još jedan od suplemenata koji može utjecati na ubrzavanje oporavka je sok od višnje koji ima mnogo antioksidativnih i protuupalnih polifenolnih spojeva. On smanjuje bol, ubrzava oporavak nakon vježbanja i smanjuje krvne markere upale/oksidativnog stresa. Ta se poboljšanja događaju i u vježbama snage i u vježbama dugotrajne izdržljivosti (Vitale i suradnici, 2017). Međutim, povećanje antioksidativnog statusa možda nije primarni mehanizam zadužen za ubrzavanje oporavka budući da su indeksi oporavka bili promjenjeni unatoč tome što nije bilo promjene u antioksidativnom statusu prije vježbanja. Pokazalo se da trešnje imaju snažan protuupalni učinak inhibicijom aktivnosti enzima ciklooksigenaze. Pokazalo se da je ovaj učinak bolji od učinka aspirina, ali slabiji od učinka ibuprofena (McHugh, 2022).

## 4. HIDRACIJA

Voda je esencijalni i kvantitativno najvažniji nutrijent koji je nažalost često zanemaren. Tijelo odraslog muškarca sadrži oko 60 % vode, a žene oko 50 %. Distribucija vode u tijelu je (1.) unutarstanična (67 %) i (2.) izvanstanična tekućina (33 %). Ravnoteža vode omjer je unosa i gubitka vode. Voda se osigurava napicima (80 %), hranom (20 %) i metaboličkom vodom. Gubici se odnose na disanje, gubitke fecesom (100 – 200 mL) i urinom (20 – 1000 mL/h), znojenjem i kroz kožu (Šatalić i suradnici, 2016).

Sportaši u sportovima dugotrajne izdržljivosti provode aktivnosti u raznim uvjetima okoline (temperatura zraka i vode, vlaga, vjetar, sunce..). Ovisno o brzini metabolizma sportaša, uvjetima okoline i odjeći koja se nosi, tjelesna aktivnost može izazvati značajno povećanje tjelesne temperature. Zbog povećanja tjelesne temperature dolazi do širenja krvnih žila i pojačanog znojenja (Sawka i suradnici, 2011).

Znojenje je primarni način održavanja tjelesne temperature u fiziološkom rasponu u vrućim uvjetima. Stoga količina izlučenog znoja može biti značajno velika. Osim što znoj sadrži vodu, on također sadrži i elektrolite. U uvjetima velikih gubitka i neprimjerene nadoknado može doći do neravnoteže vode i elektrolita što može izazvati dehidraciju i hiponatrijemiju (Casa i Roberts, 2005).

Elektroliti koji se gube znojenjem su Na<sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup> oni prevladavaju u izvanstaničnoj tekućini, a K<sup>+</sup> se uglavnom nalazi u staničnoj tekućini. Potrebno ih je nadoknaditi jer imaju više važnih funkcija u organizmu. Ako se ne uspostavi nadoknada tekućine, dolazi do usporavanja metaboličkih procesa, povećane osmolarnosti i smanjenja volumena plazme, što organizam doživljava kao stresno stanje zbog kojeg sportaši mogu ugroziti svoje zdravlje i ne mogu postići željeni rezultat (Legović i suradnici, 2007). S druge strane treba pripaziti i na preveliki unos natrija koji pridonosi povišenom krvnom tlaku i oštećenju pojedinih organa kao što su srce i bubrezi. (Robinson i suradnici, 2019).

Za održavanje stanja optimane hidriranosti American college of sports medicine je izdao za to potrebne preporuke prije, tijekom i nakon treninga ili natjecanja (Sawka i suradnici, 2007).

### 4.1. Hidracija prije treninga ili natjecanja

Cilj hidriranja prije samog treninga ili natjecanja je započinjanje tjelesne aktivnosti u stanju euhidracije i sa normalnom razinom elektrolita. Kada se sportaš hidrira prije treninga ili

natjecanja mora piti napitak polako i to treba raditi najmanje 4 sata prije aktivnosti ( $5-7 \text{ mLkg}^{-1}$  tjelesne mase) . Ako sportaš ne urinira ili ima taman i koncentriran urin treba nastaviti sa polaganim ispijanjem napitka (  $3-5 \text{ mLkg}^{-1}$  tjelesne mase ) 2 sata prije aktivnosti. Konzumiranje napitaka sa natrijem i/ ili mala količina slanih grickalica ili slana hrana u obrocima će pomoći u stimuliranju žeđi i zadržavanju unesene tekućine (Sawka i suradnici, 2007).

#### **4.2. Hidracija tijekom treninga ili natjecanja**

Preporuke od strane American College of Sports Medicine nalažu potrebu kreiranja individualnog programa nadoknade tekućine koji će prevenirati prekomjernu (  $<2\%$  smanjenja tjelesne težine u odnosu na početnu tjelesnu težinu ) dehidraciju. Vaganje prije i nakon aktivnosti je korisno u utvrđivanju stope znojenja i kreiranju individualiziranog programa nadoknade tekućine. Konzumiranje napitaka koji sadrže elektrolite i ugljikohidrate može pomoći u održavanju ravnoteže tekućine i elektrolita i sportske izvedbe (Sawka i suradnici, 2007).

Štalić i suradnici (2016) napominju kako je ciljeve osiguravanja vode odnosno ugljikohidrata teško uskladiti jer povećanje količine ugljikohidrata u napitku nudi više ugljikohidrata, ali usporava pražnjenje želuca. Kako bi napitak istovremeno zadovoljavao dvije navedne svrhe, često se preporučuje da koncentracija ugljikohidrata bude manja od 8 %. Previsoka koncentracija ugljikohidrata ( $>10\%$ ) uzrokuje gastrointestinalne smetnje i usporava pražnjenje želuca. Još jedan važan čimbenik koji napominju je hedonistička ocjena napitka koja ovisi o okusu, količini natrija i temperaturi. Preferirana temperatura je  $10 - 20^\circ \text{C}$  jer se ocjenjuje kao poželjna i potiče unos tekućine, napici niže temperature sportašima mogu biti privlačniji, ali zbog izraženijeg smanjenja osjeta žeđi konačni volumen popijene tekućine može biti manji. Veća hedonistička ocjena može rezultirati  $> 50\%$  većim unosom napitka.

#### **4.3. Hidracija nakon treninga ili natjecanja**

Preporuke od strane American College of Sports Medicine nalažu da je konzumacija normalnih obroka i napitaka dovoljna za obnavljanje stanja euhidracije (Sawka i suradnici, 2007). Sportaši kojima je potreban brzi i potpuni oporavak od pretjerane dehidracije mogu

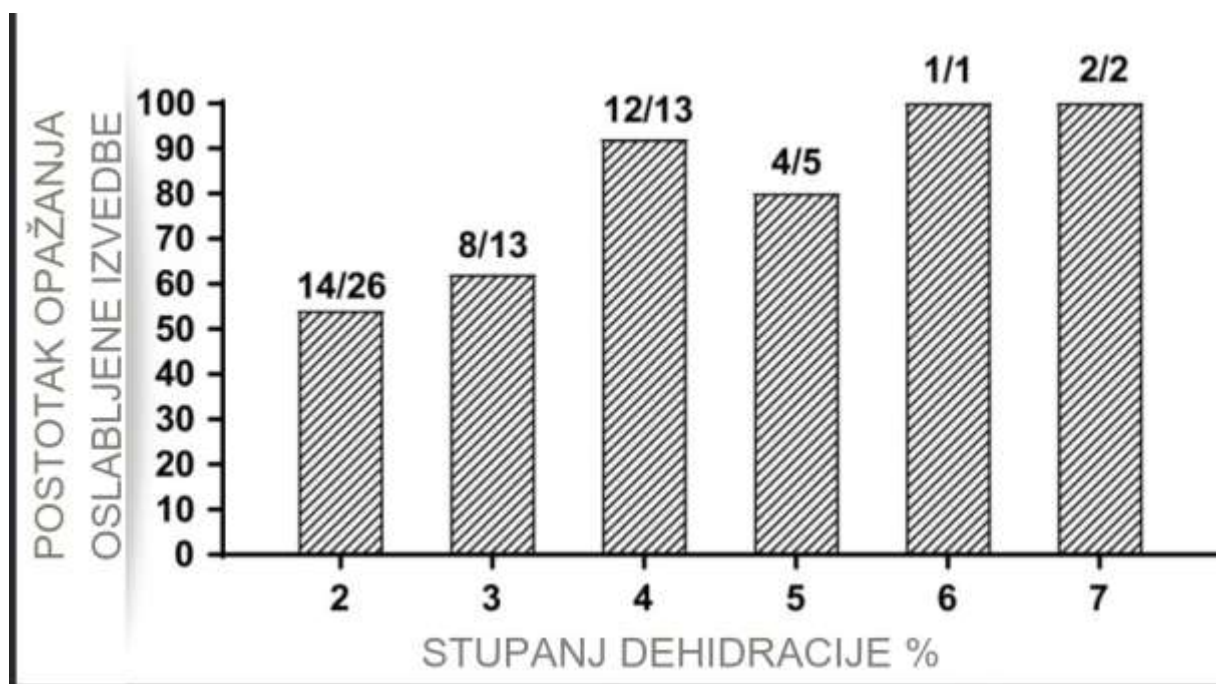
popiti 1.5 L po kilogramu izgubljene tjelesne mase. Konzumiranje napitaka i grickalica sa natrijem će ubrzati oporavak zbog stimuliranja žeđi i zadržavanja tekućine. Intravenozna nadoknada tekućine, generalno nema prednosti, osim ako nije medicinski potrebna.

Preporuke za rehidraciju za sportaše u sportovima dugotrajne izdržljivosti prema Armstrongu (2021):

1. Mjerite tjelesnu masu prije i nakon vježbanja
2. Pazite da se tjelesna masa ne poveća tijekom vježbanja, povećanje tjelesne mase obično indicira zadržavanje tekućine i povećan rizik od hiponatremije
3. Unosite tekućinu u stopi manjoj od 700 mL/h kako bi smanjili rizik od hiponatermije
4. Obratite pozornost na fiziološke i preceptivne znakove koji pokazuju da morate smanjiti unos tekućine. Kada osjetite pun želudac, nadutost ili potrebu za povraćanjem, smanjite unos tekućine
5. Pijte tekućinu s ovime na umu: umjerene razine dehidracije 2-3% tjelesne mase dobro se toleriraju, s malim rizikom od morbiditeta, simptoma ili opadanja sposobnosti tijekom vježbanja
6. Gubitak tjelesne mase koji prelazi 4% zahtjeva liječničku konzultaciju
7. Uzastopni dani obilnog znojenja tijekom dugotrajnih treninga ili cjelodnevnih događaja u vrućem okruženju mogu dovesti do nedostatka soli u organizmu. Suplementacija natrija tijekom obroka trebala bi biti vođena prehrambenim preporukama za dnevni unos natrija i razmatranjem mogućih negativnih zdravstvenih učinaka kroničnog visokog unosa soli
8. Unos soli tijekom vježbanja ne smije se kombinirati s prekomjernim pijenjem, što povećava rizik od hiponatermije unatoč unosa natrija. Pogledajte gore navedene preporuke 2. i 4.
9. Eksperimentirajte s opcijama za rehidraciju tijekom treninga, prije nego što ih koristite na natjecanju ili u vrućim uvjetima

#### 4.4. Dehidracija

Negativan utjecaj dehidracije na sportsku izvedbu je prepoznat od strane organizacija liječnika i zdravstvenih djelatnika u području sportske medicine (Armstrong, 2021). Iako je točan deficit vode pri kojem dolazi do smanjenja izvedbe teško odrediti zbog individualnih razlika među sportašima, postoji opći konsenzus u literaturi da dehidracija od -2 % do -4 % predstavlja raspon u kojem opada izvedba u vježbama izdržljivosti. Ovaj je učinak ilustriran na slici 1 koja predstavlja analizu učinka 34 objavljene studije koje uključuju dehidraciju; manjak tjelesne vode od 1-3% manje je vjerojatno da će značajno umanjiti izvedbu vježbe izdržljivosti ( $p < 0,05$ ) nego dehidracija od 4-7% . Ovih 60 statističkih usporedbi uključivalo je sportaše sportova i disciplina dugotrajne izdržljivosti: trčanje na otvorenom, trail trčanje, cestovni biciklizam na otvorenom, trčanje na traci za trčanje u zatvorenom, ergometriju veslanja u zatvorenom i biciklističku ergometriju u zatvorenom. (Armstrong, 2021).



Slika 1. Učinci dehidracije na sportsku izvedbu. 41 od 60 ukupnih opažanja (68%) bilo je značajno ( $p < 0,05$ ) oštećeno dehidracijom  $\geq 2\%$  tjelesne mase. Armstrong, L. E. (2021). *Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods*. *Nutrients*, 13(3), 887; (<https://doi.org/10.3390/nu13030887>). CC BY-NC

#### 4.5. Hiponatremija (trovanje vodom)

Godinama je hiponatremija povezana s vježbanjem dobro poznata među sportašima u sportovima izdržljivosti i sportovima dugotrajne izdržljivosti. Nažalost pojava hiponatremije je i dalje česta u širokom rasponu sportova i uzrokuje smrtne slučajeve kod zdravih osoba (Hew-Butler i suradnici, 2017). Sportaši umiru od komplikacija povezanih s hiponatremijskom encefalopatijom. Godine 2007. 22-godišnji fitness instruktor završio je Londonski maraton, gdje se po dolasku srušio i umro od hiponatremije. Godine 2015. 30-godišnji triatlonac umro je nakon Ironmana u Frankfurtu zbog hiponatremijske encefalopatije. Najvjerojatniji razlog razvoja hiponatremije prilikom vježbanja i natjecanja je preopterećenje tekućinom s mogućnošću razvoja edema pluća ili mozga sa smrtnim ishodom. S obzirom na povećan broj utrka i osoba koja završavaju utrke u sportovima izdržljivosti i dugotrajne izdržljivosti tijekom posljednjih godina, sveobuhvatno znanje o hiponatremiji je od velike praktične važnosti za sportaše i stručnjake u području sporta. Tijekom vježbanja može doći do velikog gubitka natrija i tekućine kroz urin i znoj. Kada se izgubljena tekućina nadomjesti otopinom bez natrija ili hipotoničnom tekućinom, poput vode, rizik od hiponatremije se povećava. Drugi uzrok hiponatremije je sindrom neodgovarajućeg izlučivanja antidiuretskog hormona tijekom vježbanja (Knechtle i suradnici, 2019).

Čimbenici rizika za hiponatremiju:

- Pretjeran unos tekućine
- Povećanje tjelesne mase (TM) > 4 % rezultira 50-postotnom vjerojatnošću pojave hiponatremije
- Niska TM
- Ženski spol
- Sporo trčanje
- Neiskusnost sportaša
- Lako dostupna tekućina
- Trajanje aktivnosti > 4 h
- Ekstremne temperature okoliša



Studija trkača na Bostonskom maratonu otkrila je 13 % prevalencije hiponatremije i 0,6 % incidenciju kritične hiponatremije kod trkača koji su završili utrku. Očito ova brojka ne uključuje one koji ne mogu završiti maraton i koji su najčešće također pod povećanim rizikom zbog sporog vremena provođenja utrke (Almond i suradnici, 2005).

## **5. UTJECAJ RAZLIČITIH VRSTA PREHRANE NA IZVEDBU U SPORTOVIMA DUGOTRAJNE IZDRŽLJIVOSTI**

### **5.1. Vegetarijanska prehrana**

Među sportašima vegetarijanstvo je vjerojatnije u sportovima izdržljivosti jer se ostvaruje veći unos ugljikohidrata. Primjereno isplanirana vegetarijanska prehrana zadovoljava energetske i nutritivne potrebe tjelesno aktivnih pojedinaca, ali se ne preporučuju krajnosti poput frutarijanstva. Vegetarijanska prehrana ima neutralan (ni pozitivan niti negativan) utjecaj na sportske rezultate (Štalić i suradnici, 2016). Pri odlučivanju o prelasku na vegetarijansku prehranu potrebno je uzeti u obzir nedostatke, ali i prednosti poput činjenice da vegetarijanska prehrana osigurava obilje antioksidansa i npr. 34% više magnezija u odnosu na prehranu omnivora, a poznato je da su potrebe za magnezijem povećane 10 – 20 % uslijed gubitka znojem i urinom tijekom zahtjevne tjelesne aktivnosti te se magnezij smatra potencijalno limitirajućim elementom sportske izvedbe (Štalić i suradnici, 2016).

#### **5.1.1. Potencijalne prednosti vegetarijanske prehrane**

U preglednom radu Barnard i suradnici (2019.) ispitali su fiziološke učinke „biljnih dijeta“ za koje smatraju da imaju potencijalne prednosti u sportovima dugotrajne izdržljivosti. Neke od tih prednosti uključuju: smanjenje kardiovaskularnih problema, poboljšani protok krvi, bolji sastav tijela, smanjeni oksidativni stres, smanjene upale i bolje skladištenje glikogena. U usporedbi sa onima koji jedu meso vegetarijanci imaju 32% manje šanse za razvoj koronarne bolesti srca. Sportaši nisu imuni na aterosklerozu ili srčane probleme. Iznenadujuće sportaši u

sportovima izdržljivosti mogu imati napredniju aterosklerozu i veća oštećenja miokarda u usporedbi sa pojedincima koji žive sjedilačkim načinom života. Istraživanje na 50 muškaraca koji su trčali najmanje 25 uzastopnih Twin Cities maratona (Minneapolis, MN, SAD) pokazalo je da su trkači imali povećan ukupni volumen plaka, volumen kalcificiranog plaka i volumen nekalcificiranog plaka, u usporedbi s 23 kontrolne osobe koje su živjele sjedilačkim načinom života (Schwartz i suradnici, 2014).

U studiji provedenoj od strane Lynch i suradnika (2016) usporedili su sportaše vegetarijance i omnivore koji se bave sportovima izdržljivosti. U studiju je uključeno dvadeset sedam sportaša vegetarijanaca i 43 omnivora, procjenjivao se VO<sub>2</sub> maks trčanjem na traci i snaga pomoću dinamometra za određivanje vršnog okretnog momenta za nožnu ekstenziju.

Rezultati su pokazali da vegetarijanski sportaši imaju bolji aerobni kapacitet, dok se rezultati u snazi nisu statistički značajno razlikovali. Ovi podaci sugeriraju da vegetarijanska prehrana ne ugrožava rezultate i može pozitivno utjecati na aerobni kapacitet kod sportaša.

Pozitivan utjecaj na aerobni kapacitet se ne može sa sigurnošću pripisati vegetarijanskoj prehrani na temelju samo jednog istraživanja. U preglednom radu Devrim-Lanpir i suradnici (2021) navode da su dosadašnja istraživanja aerobnog kapaciteta kod vegetarijanca i omnivora dala kontroverzne rezultate. Dvije studije su pokazale da su vrijednosti VO<sub>2</sub> maks bile veće kod sportaša vegetarijanaca u usporedbi sa sportašima omnivorima, dok su u presječnom istraživanju rezultati bili podjednaki. Dvije studije koje su poduprle više vrijednosti VO<sub>2</sub> maks kod vegetarijanaca dizajnirane su kao studije slučaja, koje se smatraju najnižom razinom etiološke hijerarhije. Potrebno je više studija na visokoj razini o interakciji između VO<sub>2</sub> maks i vegetarijanskih obrazaca prehrane kod sportaša u sportovima izdržljivosti.

### **5.1.2 Kritični nutrijenti vegetarijanske prehrane**

Osim većine pozitivnih faktora koje vegetarijanska prehrana može imati, ona ima nekoliko kritičnih nutrijenta: proteini, omega 3 masne kiseline, željezo, cink, kalcij, vitamin D i vitamin B<sub>12</sub>.

Vegetarijanci, ali i omnivori, često imaju nepovoljan omjer omega 3 i omega 6 masnih kiselina u prehrani zbog nedovoljnog konzumiranja ribe i drugih izvora omega-3, a omjer se može popraviti smanjenjem unosa omega-6 masnih kiselina tako da se pri pripremi hrane umjesto npr. suncokretovog ili sojinog koristi maslinovo ulje.

Unos kalcija među laktovegetarijancima sličan je s omnivorima dok je kod vegana manji.

Smatra se da vegetarijanstvo nije odlučujući čimbenik za status vitamina D zbog nekolicine

prehrambenih izvora te da izlaganje suncu i pigmentacija kože imaju važniju ulogu. Često se navodi da su dodaci prehrani s vitaminom B<sub>12</sub> potrebni samo veganima, ali ne i lakto-ovo vegetarijancima, ali njegov nedostatak vjeojatan je i u manje strožih oblika vegetarijanstva (Šatalić i suradnici, 2016).

## 5.2. Ketogena dijeta

U sportovima dugotrajne izdržljivosti veliki je naglasak stavljen na konzumaciju ugljikohidrata prije, tijekom i nakon utrke, nešto manje popularna perspektiva na tu temu je da ljudi imaju kapacitet za adaptaciju na dijetu sa niskim udjelom ugljikohidrata. Nakon nekoliko tjedana gladovanja kada se razina glikogena značajno smanji, proizvodnja ketona u jetri dramatično se povećava kako bi zamijenila glukozu kao primarni izvor energije mozga, dok masne kiseline opskrbljuju većinu energije za skeletne mišiće. Proizvodnja glukoze iz izvora koji nisu ugljikohidrati putem glukoneogeneze opskrbljuje ugljik za nekoliko stanica ovisnih o glikolizi. Slične metaboličke prilagodbe koje pogoduju gotovo isključivom oslanjanju na goriva temeljena na lipidima događaju se nakon nekoliko tjedana ketogene dijete kada su ugljikohidrati ograničeni na vrlo niske razine, unos proteina ostaje umjeren, a prehrambene masti se unose u većim količinama (Volek i suradnici, 2016).

Još 1983. su Phinney i suradnici istražili utjecaj ketogene dijete na 5 dobro utreniranih biciklita. Usporedili su njihove rezultate nakon prehrane s visokim udjelom ugljikohidrata i nakon 4 tjedana ketoze (unos ugljikohidrata manji od 20 g dnevno). Pokazalo se da ketoza nije imala negativan utjecaj na rezultate kod dobro utreniranih biciklista.

Kako bi dobili uvide o ljudskoj sposobnosti da se prilagode i napreduju uz različite oblike prehrane Volek i suradnici (2016) su proveli istraživanje u kojem su usporedili metaboličke razlike između ultra-maratonaca i Ironman triatlonaca koji duže vrijeme konzumiraju prehranu s niskim udjelom ugljikohidrata (LC) i visokim udjelom ugljikohidrata (HC). Rezultati su pokazali da između dvije grupe nije bilo razlika u fizičkim karakteristikama i aerobnom kapacitetu. Glavna razlika je bila u njihovoj prehrani LC grupa je unosila većinu energije iz masti (70 %). Samo 10 % energije su unosili iz ugljikohidrata. Dok je HC grupa unosila 59 % energije iz ugljikohidrata. Najznačajnija otkrića bila su da su u usporedbi sa HC sportašima, trkači prilagođeni LC (keto prehrani) imali: (1) dvostruko veće stope vršne

oksidacije masti tijekom stupnjevane vježbe, (2) veću sposobnost oksidacije masti pri višim intenzitetima vježbe, (3) dvostruko veće stope oksidacije masti tijekom kontinuiranog submaksimalnog trčanja i (4) uz to nije bilo razlike u koncentracijama mišićnog glikogena prije vježbanja, stopi iskorištavanja glikogena tijekom vježbanja i stopi sinteze glikogena tijekom oporavka. Stoga su navedenim istraživanjem dokazali da kronična keto-prilagodba u elitnih sportaša u sportovima dugotrajne izdržljivosti povezana sa snažnim kapacitetom povećanja oksidacije masti tijekom vježbanja uz održavanje normalne koncentracije glikogena u skeletnim mišićima.

U svom preglednom radu su Bailey i Hennesy (2022.) sustavno pregledali dokaze o učinku ketogene dijeta u sportovima dugotrajne izdržljivosti na maksimalnu potrošnju kisika ( $VO_2$  maks) i rezultate izvedbe. Uvidom u 6 istraživanja vidjeli su da su rezultati mješoviti, 2 od 5 istraživanja izvjestila su o značajnom povećanju  $VO_2$  maks u svim dijetama dok tri ispitivanja i jedna studija slučaja nisu izvjestili o statistički značajnim razlikama  $VO_2$  maks. Što se tiče utjecaja ketogene dijeta na izvedbu sportaša u sportovima dugotrajne izdržljivosti, značajni nalazi su: smanjeno vrijeme do iscrpljenosti (n=1 istraživanje), veća ocjena percipiranog napora (n=1 istraživanje) i povećana vršna snaga (n=1 istraživanje). Zaključili su da ograničeni i heterogeni nalazi zabranjuju donošenje konačnih zaključaka o učinkovitosti ketogene dijeta u sportovima dugotrajne izdržljivosti za poboljšanje izvedbe.

## 6. ZAKLJUČAK

Sportovi dugotrajne izdržljivosti su energetske najzahtjevniji sportovi zbog svojeg izrazito dugog trajanja (> 6 h). Jasno je da je u takvim uvjetima velike potrošnje energije i dugog trajanja aktivnosti iznimno važno za sportaša primjerena sportska prehrana, hidracija i brižljivo i argumentirano odabrani dodaci prehrani. Možda u aktivnostima kraćeg trajanja ovi faktori ne igraju tako veliku ulogu, ali u sportovima dugotrajne izdržljivosti osim što mogu utjecati na rezultat, mogu utjecati i na zdravlje sportaša. Zbog čega je od izrazite važnosti da sportaši praksu izvode iz isključivo znanstveno utemeljenih spoznaja.

Cilj rada je stoga bio prikazati znanstvene spoznaje u vezi teme prehrane i suplementacije u sportovima dugotrajne izdržljivosti koje doprinose poboljšanju sportaševih rezultata, oporavka, a uz to i očuvanju njegovog zdravlja.

Makronutrijenti imaju veliki utjecaj na izvedbu, posebice ugljikohidrati, ali i često masti koje su važne za apsorpciju vitamina topljivih u mastima i čiji manjak može sniziti razinu testosterona pa do proteina koji su puno više praćeni u svijetu bodybuildinga, ali ne manje važni i u sportovima dugotrajne izdržljivosti. Mikronutrijenti moraju biti u optimalnim vrijednostima kako bi sportaš mogao biti na svom vrhuncu, ali ako sportaš ima uravnoteženu prehranu i nema nedostatak pojedinih mikronutrijenata suplementacija neće dodatno poboljšati njegove rezultate.

Kada su kod sportaša zadovoljeni ti uvjeti pokušavaju se dodati suplementi kako bi se još više poboljšala sportaševa izvedba, ali u moru novih suplemenata, njihovih reklama, ali i manjka dokazanih istraživanja potrebno je procijeniti koji od njih zapravo daju koristi u ovakvom tipu aktivnosti: kofein, nitrati, antioksidansi, probiotici. Hidracija može imati utjecaj na izvedbu, ali jako brzo i na zdravlje i nužno je pronaći stanje ni pretjerane niti nedovoljne hidracije uz pomoć sportskih napitaka ili uz dodatak ev. slanih grickalica kako bi se uz pomoć natrija potaknula žeđ i zadržala tekućina.

Od različitih vrsta prehrana svaka ima svoje prednosti i mane i na kraju sportaš sam za sebe mora donesti odluku bilo da se radi o zdravstvenim, moralnim, kulturnim, vjerskim ili ostalim razlozima.

Optimalna prehrana, suplementacija i hidracija uz kvalitetan san i oporavak igraju ključnu ulogu u uspjehu u sportovima dugotrajne izdržljivosti.

## 7. POPIS LITERATURE:

- Almond, C.S.D., Shin, A.Y., Fortescue, E.B., Mannix, R.C., Wypij, D., Binstadt, B.A., Duncan, C.N., Olson, D.P., Salerno, A.E., Newburger, J.W. I Greenes, D.S. (2005) *Hyponatremia among Runners in the Boston Marathon. The New England journal of medicine* 352:1550–1556. doi: 10.1056/NEJMoa043901.
- Archana R. i Namasivayan A. (1999) *Antistressor effect of Withania Somnifera. Journal of Ethnopharmacol.*;64:91–3. doi: 10.1016/s0378-8741(98)00107-x.
- Areta JL, Austarheim I, Wangensteen H, Capelli C. (2018). *Metabolic and performance effects of yerba mate on well-trained cyclists. Medicine and science in sports and exercise*; 50(4):817–26. doi: 10.1249/MSS.0000000000001482.
- Armstrong, L. E. (2021). *Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods* [Slika]. *Nutrients*, 13(3), 887; <https://doi.org/10.3390/nu13030887>
- Bailey, C.P. i Hennessy, E. (2022). *A review of the ketogenic diet for endurance athletes: performance enhancer or placebo effect? Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 17(1):33. doi: 10.1186/s12970-020-00362-9.
- Barnard, N.D.; Scialli, A.R.; Turner-McGrievy, G.; Lanou, A.J.; Glass, J. (2005). *The effects of a low-fat, plant-based dietary intervention on body weight, metabolism, and insulin sensitivity. The American journal of medicine*. 118(9):991-7. doi: 10.1016/j.amjmed.2005.03.039.
- Barnard, N.D., Goldman, D.M., Loomis, J. F., Kahleova, H., Levin, S.M., Neabore S. i Batts (2019). *Plant-Based Diets for Cardiovascular Safety and Performance in Endurance Sports. Nutrients* 2019, 11(1), 130; <https://doi.org/10.3390/nu11010130>
- Barry, D.W., Hansen, K.C., van Pelt, R.E., Witten, M., Wolfe, P. i Kohrt, W.M. (2011). *Acute calcium ingestion attenuates exercise-induced disruption of calcium homeostasis. Medicine and science in sports and exercise*. 43(4):617-23. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181f79fa8.
- Breuckmann, F., Möhlenkamp, S., Nassenstein, K.; Lehmann, N., Ladd, S., Schmermund, A., Sievers, B., Schlosser, T., Jöckel, K.-H., Heusch, G., Erbel, R. i Barkhausen, J. (2009). *Myocardial late gadolinium enhancement: Prevalence, pattern, and prognostic relevance in marathon runners. Radiology* 251(1):50-7. doi: 10.1148/radiol.2511081118.

- Bytomski JR. (2018). *Fueling for performance*. Sports Health 10(1):47-53. doi: 10.1177/1941738117743913.
- Casa, D. J., Clarkson P. M. i Roberts W. O. (2005). *American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements*. Current sports medicine reports. 4(3):115-127. doi: 10.1097/01.csmr.0000306194.67241.76.
- Casazza, Gretchen A., Tovar, Ashley P., Richardson, Christine E., Cortez, Angela N., Davis, Brian A. (2018). *Energy Availability, Macronutrient Intake, and Nutritional Supplementation for Improving Exercise Performance in Endurance Athletes* [Slika]. Current Sports Medicine Reports 17(6):p 215-223. doi: 10.1249/JSR.0000000000000494
- Chambial, S., Dwivedi, S., Shukla, K.K., John, P.J. I Sharma, P. (2013). *Vitamin C in Disease Prevention and Cure: An Overview*. Indian journal of clinical biochemistry. 28(4):314-328. doi: 10.1007/s12291-013-0375-3
- Costa, R.J.S., Hoffman, M. i Stellingwerff, T. (2018). *Considerations for ultra-endurance activities: part 1 – nutrition*. Research in Sports Medicine An International Journal 27(1):1-16. doi:10.1080/15438627.2018.1502188
- Devrim-Lanpir, A., Hill, L. I Knechtle, B. (2021). *Efficacy of Popular Diets Applied by Endurance Athletes on Sports Performance: Beneficial or Detrimental? A Narrative Review*. Nutrients. 13(2): 491. doi: 10.3390/nu13020491
- Domínguez, R., Cuenca, E., Maté-Muñoz, J.L., García-Fernández, P., Serra-Paya, N., Estevan, M.C.L., Herreros, P.V. i Garnacho-Castaño, M.V. (2017). *Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review*. Nutrients, 9(1),43; <https://doi.org/10.3390/nu9010043>
- Eberle, S. G. (2014). *Endurance sports nutrition – third edition*. USA: Human Kinetics.
- Fernández-Landa, J., Santibañez-Gutierrez, A., Todorovic, N., Stajer, V. i Ostojic, S.M. (2023). *Effects of Creatine Monohydrate on Endurance Performance in a Trained Population: A Systematic Review and Meta-analysis*. Sports Medicine. 53(5):1017–1027. doi: 10.1007/s40279-023-01823-2.
- Gonçalves, L.S., Painelli, V.S., Yamaguchi, G., Oliveira, L.F., Saunders, B., Silva, R., P., Maciel, E., Artioli, G.G., Roschel, H. I Gualano, B. (2017). *Dispelling the myth that habitual caffeine*

*consumption influences the performance response to acute caffeine supplementation. Journal of applied physiology. 123(1):213-220. doi: 10.1152/jappphysiol.00260.2017.*

Guest, N.A., Vandusseldorp, T.A., Nelson, M.T., Grgic, J., Schoenfeld, B.J., Jenkins, N.D.M., Arent, S.M., Antonio, J., Stout, J.R., Trexler, E.T., Smith-Ryan, A.E., Goldstein, E.R., Kalman, D.S. i Campbell, B.I. (2022). *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>

Hawley, J.A., Schabort, E.J., Noakes, T.D. i Dennis, S.C., (1997.) *Carbohydrate loading and exercise performance. An update. Sports medicine. 24(2): 73-81. doi: 10.2165/00007256-199724020-00001.*

Hawley, J.A., Brouns, F. i Jeukendrup, A. (1998). *Strategies to enhance fat utilisation during exercise. Sports Medicine 25, 241-257 doi: 10.2165/00007256-199825040-00003*

Heikura, I.A., Uusitalo, A.L.T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A.A., i Burke, L.M. (2018). *Low energy availability is difficult to assess but outcomes have large impact on bone injury rates in elite distance athletes. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 28(4), 403–411. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0313.*

Hernandez-Camacho, J.D., Vincente-Garcia, C., Parsons, D.S. i Navas-Enamorado, I. (2020). *Zinc at the crossroads of exercise and proteostasis. Redox Biology. 35:101529. doi: 10.1016/j.redox.2020.10152*

Hew-Butler T., Loi V., Pani A i, Rosner M.H. (2017). *Exercise-associated hyponatremia: 2017 update. Frontiers in medicine. 4:21. doi: 10.3389/fmed.2017.00021.*

Jäger, R., Kerksick, C.M., Campbell, B.I., Cribb, P.J., Wells, S.D., Skwiat, T.M., Purpura, M., Ziegenfuss, T.N., Ferrando, A.A., Arent, S.M., Smith-Ryan, A. E., Stout, J.R., Arciero, P.J., Ormsbee, M.J., Taylor, L.W., Wilborn, C.D., Kalman, D.S., Kreider, R.B., Willoughby, D.S., Hoffman, J.R., Krzykowski, J.L. i Antonio, J. (2017). *International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and Exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8.*

Jeukendrup, A.E.; Jentjens, R.L.P.G. i Moseley, L. (2005.) *Nutritional Considerations in Triathlon. Sports medicine. 35(2):163–81. doi: 10.2165/00007256-200535020-00005.*



- Jeukendrup, A.E., Moseley, L., Mainwaring, G.I., Samuels, S., Perry, S. i Christopher H. (2006). *Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. Journal of Applied Physiology* <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00981.2004>
- Jeukendrup, A. E. (2011). *Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. Journal of Sports Sciences. 29 Suppl 1:S91-9.* doi: 10.1080/02640414.2011.610348.
- Kenneth V. i Getzin, A. (2019). *Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendations. Nutrients 2019, 11(6), 1289;* <https://doi.org/10.3390/nu11061289>
- Kerksick, C.M., Arent, S., Schoenfeld, B.J., Stout, J.R., Campbell, B., Wilborn, C.D., Taylor, L., Kalman, D., Smith-Ryan, A.E., Kreider, R.B., Willoughby, D., Arciero, P.J., VanDusseldorp, T.A., Ormsbee, M.J., Wildman, R., Greenwood, M., Ziegenfuss, T. N., Aragon, A.A. i Antonio, J. (2017). *International Society of Sports Nutrition Position Stand: Nutrient Timing. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 14, 33.*
- Knechtle, B., Knechtle, P., Schulze, I. i Kohler, G. (2008). *Vitamins, minerals and race performance in ultra-endurance runners--Deutschlandlauf 2006. Asia Pacific journal of clinical nutrition. 17 (2): 194-8.*
- Knechtle, B., Chlibkova, D., Papadopoulou, S., Mantzorou, M., Rosemann, T. i Nikolaidis, P.T. (2019). *Exercise-Associated Hyponatremia in Endurance and Ultra-Endurance Performance- Aspects of Sex, Race Location, Ambient Temperature, Sports Discipline, and Length of Performance: A Narrative Review. Medicina (Kaunas). 55(9): 537.* doi: 10.3390/medicina55090537.
- Krzywanski, J., Mikulski, T., Pokrywka, A., Mlynczak, M., Krysztofiak, H., Fraczek, B. Ziemba, A. (2020). *Vitamin B12 Status and Optimal Range for Hemoglobin Formation in Elite Athletes. Nutrients. 12(4), 1038.* <https://doi.org/10.3390/nu12041038>
- Legović, D., Lopac, D., Šantić, V., Jurdana, H., Gulan, G. i Tudor, A. (2007). *Sportski napitci i umor sportaša. Medicina Fluminensis, 43., 215-223.*
- Leite, G.S.F., Resende Master Student, A.S., West, N.P. i Lancha, A.H. (2019). *Probiotics and Sports: A New Magic Bullet? Nutrition. 60:152–160.* doi: 10.1016/j.nut.2018.09.023.

- Lynch, H.M., Wharton, C.M. i Johnston, C.S. (2016). *Cardiorespiratory Fitness and Peak Torque Differences between Vegetarian and Omnivore Endurance Athletes: A Cross-Sectional Study. Nutrients. 8(11), 726.* <https://doi.org/10.3390/nu8110726>
- Macaluso F., Barone R., Catanese P., Carini F., Rizzuto L., Farina F i Di Felice V. (2013). *Do Fat Supplements Increase Physical Performance? Nutrients.;5:509–524.*  
doi: 10.3390/nu5020509.
- McGlory, C., Calder, P.C. I Nunes, E.A. (2019). *The Influence od Omega-3 Fatty Acids on Skeletal Muscle Protein Turnover in Health, Disuse, and Disease. Frontiers in Nutrition. 6:144.*  
doi: 10.3389/fnut.2019.00144
- McHugh, M.P. (2022). *“Precovery” versus recovery: Understanding the role of cherry juice in exercise recovery. Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports. 32(6):940-950.*  
doi: 10.1111/sms.14141
- Mastaloudis, A., Morrow, J. D., Hopkins, D. W., Devaraj, S. i Traber, M. G. (2004). *Antioxidant supplementation prevents exercise-induced lipid peroxidation, but not inflammation, in ultramarathon runners. Free Radical Biology and Medicine Volume 36, Issue 10, 15 May 2004, Pages 1329-1341.* <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.02.069>
- Maughan, R.J., Burke, L.M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D.E., Peeling, P., Phillips, S.M., Rawson, E.S., Walsh, N.P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., Loon, L., Shirreffs, S.M.,
- Naderi A, de Oliveira E.P., Ziegenfuss T.N. i Willems M.T. (2016). *Timing Optimal dose and intake duration of dietary supplements with evidence-based use in sports nutrition. Journal of exercise nutrition and biochemistry. 20(4):1–12.* doi: 10.20463/jenb.2016.0031.
- Nichols, A.W. (2007). *Probiotics and Athletic Performance: A Systematic Review. Current sports medicine report. 6(4): 269–73.*
- Nieman, D., C., Henson D., A., McAnulty, S., R., McAnulty, L., N., S., Swick, A., C., Utter, D., M., Vinci, S., J., Opiela i J., D., Morrow (2002). *Influence of vitamin C supplementation on oxidative and immune changes after an ultramarathon. Journal of applied physiology. Volume 92Issue 5May 2002Pages 1970-1977.*  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00961.2001>

- Ostojic, S.M. i Forbes, S.C. (2022). *Perspective: Creatine, a Conditionally Essential Nutrient: Building the Case. Advances in Nutrition. 13(1):34-37.*  
<https://doi.org/10.1093/advances/nmab111>
- Pantelis, T. N., Eleftherios, V., Thomas, R., i Beat, K. (2018). *Nutrition in Ultra-endurance: State of the Art. Nutrients. 10(12).* <https://doi.org/10.3390/nu10121995>
- Phinney, S.D., Bistrian, B. R., Evans, W.J., Gervino, E. i Blackburn, G.L (1983). *The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: Preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. Metabolim. 32(8):769-76.* doi: 10.1016/0026-0495(83)90106-3.
- Rawson, E.S., Miles, M.P. i Larson-Meyer, D.E. (2018). Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. Volume 28:Issue 2. 188-199.* <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0340>
- Rector, R.S., Rogers, R., Ruebel, M. i Hinton, P.S. (2008). *Participation in road cycling vs running is associated with lower bone mineral density in men. Metabolism. 57(2): 226-232.*  
<https://doi.org/10.1016/j.metabol.2007.09.005>
- Robins, A.L., Davies, D.M. i Jones, G.E. (2005). *The effect of nutritional manipulation on ultra-endurance performance: A case study. Research in Sports Medicine – An International Journal. 13(3): 199-215.* <https://doi.org/10.1080/15438620500222505>
- Robinson, A.; Edwards, D.G.; Farquhar, W.B. (2019). *The Influence of Dietary Salt Beyond Blood Pressure. Current hypertension reports. 21(6):42.* doi: 10.1007/s11906-019-0948-5.
- Sawka, M.N., Burke, L.M., Eichner, E.R., Maughan, R.J., Montain, S.J. i Stachenfeld, N.S. (2007). *American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. Medicine and Science in sports and exercise. 39(2):377-90.* doi: 10.1249/mss.0b013e31802ca597.
- Sawka, M. N., Wenger C. B., i Pandolf K. B. (2011.) *Thermoregulatory responses to acute exercise- heat stress and heat acclimation.* *Comprehensive Physiology, New York.*
- Schmidt W i Prommer N. (2010). Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO<sub>2</sub> max. *Exercise and sport science reviews. 38(2):68–75.* doi: 10.1097/JES.0b013e3181d4957a.
- Schwartz, R.S.; Kraus, S.M.; Schwartz, J.G.; Wickstrom, K.K.; Peichel, G.; Garberich, R.F.; Lesser, J.R.; Oesterle, S.N.; Knickelbine, T.; Harris, K.M., Duval, S., Roberts, W.O. i O’Keefe, J.H.

- (2014). *Increased coronary artery plaque volume among male marathon runners. Missouri Medicine. 111(2): 89–94.*
- Shannon, O.M., Barlow, M.J., Duckworth, L., Williams, E., Wort, G., Woods, D., Siervo, M. i O'Hara, J.P.: (2017). *Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. European journal of applied physiology. 117(4): 775-785.*
- Shenoy, S., Chaskar, U., Sandhu, J., S. i Paadhi, M., M. (2012). *Effects of eight-week supplementation of Ashwagandha on cardiorespiratory endurance in elite Indian cyclists. Journal of Ayurveda and integrative medicine. 3(4): 209–214. doi: 10.4103/0975-9476.104444*
- Smith, JE, W., Zachwieja, J.J., Horswill, C.A., Pascoe, D. Passe, D.H., Ruby, B.C. i Stewart, L.K. (2010). *Evidence of a Carbohydrate Dose and Prolonged Exercise Performance Relationship. Medicine and Science in Sports and Exercise 42(5). doi: 10.1249/01.MSS.0000385615.40977.c3*
- Southward, K., Rutherford-Markwick, K.J. I Ali, A. (2018). *The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Medicine. 48: 1913-1928.*
- Tabata S., Yamasawa F., Torii S., Manabe, T., Kamada, H., Namba, A., Kato, J., Kaneko, H., Tahara, K., Tsukahara, Y. I Sato, K. (2020). *Use of nutritional supplements by elite Japanese track and field athletes. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 17:38. doi: 10.1186/s12970-020-00370-9.*
- Thomas, D.T.; Erdman, K.A.; Burke, L.M. (2016). *Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. Journal of the Academy of the Nutrition and Dietetics. 116(3): 501–528. doi: 10.1016/j.jand.2015.12.006.*
- Vitale, K.C.; Hueglin, S.; Broad, E. (2017). *Tart Cherry Juice in Athletes: A Literature Review and Commentary. Current sports medicine reports. 16(4): 230–239. doi: 10.1249/JSR.0000000000000385*
- Vitale, K. i Getzin, A. (2019). *Nutrition and Supplement Update for the Endurance Athlete: Review and Recommendation. Nutrients, 11(6):1289. doi: 10.3390/nu11061289.*
- Volek, J. S., Freidenreich, D.J., Saenz, C., Kunces, L.J., Creighton, B. C., Bartley, J.M., Davitt, P.M., Munoz, C.X., Anderson, J.M., Maresh, C.M., Lee, E.C., Schuenke, M.D., Aerni, G.,

Kraemer, W.J. i Phinney, S.D. (2016). *Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. Metabolism. 65(3):100-10.* doi: 10.1016/j.metabol.2015.10.028.

Wagner PD. (1996). *Determinants of maximal oxygen transport and utilization. Annual Review of Physiology. 58:21–50.* doi: 10.1146/annurev.ph.58.030196.000321.

Wirnitzer, K., Motevalli, M., Tanous, D., Gregori, M., Wirnitzer, G., Leitzmann, C., Hill, L., Rosemann, T. i Knechtle, B. (2021). *Supplement intake in half-marathon, (ultra-)marathon and 10-km runners. Journal of the International Society of Sports Nutrition . 18, 64.*