

Utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost i odgodu umora u košarkaša

Hadžić, Edin

Doctoral thesis / Disertacija

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:393584>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-03**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Edin Hadžić

**UTJECAJ TOPLJIVIH PREHRAMBENIH
VLAKANA NA SPORTSKU
UČINKOVITOST I ODGODU UMORA U
KOŠARKAŠA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Edin Hadžić

**UTJECAJ TOPLJIVIH PREHRAMBENIH
VLAKANA NA SPORTSKU
UČINKOVITOST I ODGODU UMORA U
KOŠARKAŠA**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Antonio Starčević

Doc. dr. sc. Dario Novak

Zagreb, 2024



University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

Edin Hadžić

**EFFECTS OF SOLUBLE DIETARY FIBER
ON SPORT EFFICIENCY AND FATIGUE
DELAY IN BASKETBALL PLAYERS**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

PhD Antonio Starčević, Full Professor

PhD Dario Novak, Docent

Zagreb, 2024

Informacije o mentorima:

prof. dr. sc. Antonio Starčević

Antonio Starčević finished undergraduate studies in biotechnology at Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb and obtained his PhD degree in natural sciences (biology) at Kaiserslautern technical university. At the moment, Antonio Starčević is a full professor at the Faculty of Food Technology and Biotechnology University of Zagreb, Laboratory for Bioinformatics, where he teaches courses in bioinformatics, proteomics and biotechnology for graduate and post-graduate students. Antonio has published 41 publications listed in the Web of Science Core Collection and has H-index of 14. Antonio was involved in several Croatian and international projects, both as participant and principal investigator. He has also filed two patent applications, one of them originating from his PhD, a WIPO (PCT) patent for the *in silico* method for the annotation of natural product gene-clusters and for the generation of novel biologically active chemical entities from DNA sequences – WO2009130520A1.

Antonio Starčević diplomirao je na Prehrambeno-biotehnoškom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, smjer biokemijsko-mikrobiološki. Doktorat je stekao na tehničkom sveučilištu u Kaiserslauternu, Njemačka. Trenutno, Antonio Starčević kado redoviti profesor na Prehrambeno-biotehnoškom fakultetu u Zagrebu, u Laboratoriju za Bioinformatiku drži kolegij iz bioinformatike, proteomike i biotehnologije na diplomskom i poslijediplomskom studiju. Dosada je publicirao 41 originalnih znanstvenih radova referenciranih u “Web of Science Core Collection” bazi podataka, gdje ima H-indeks 14. U ulozi suradnika i voditelja bio je uključen u niz nacionalnih i međunarodnih projekata, a sudjelovao je i u projektima transfera tehnologije kao što su “Proof of concept” - PoC projekti Ureda za transfer tehnologije Sveučilišta u Zagrebu i Tehnološki projekti Ministarstva Znanosti i Obrazovanja. Kao prvi autor, sudjelovao je u dvije patentne prijave, od kojih je jedna, proizišla iz rada na doktorskoj disertaciji prihvaćena kao WIPO (PCT) patent za “*in silico* metodu za anotaciju genskih nakupina sekundarnih metabolita i za generiranje novih biološki aktivnih kemijskih entiteta na temelju sekvencija DNA” – WO2009130520A1.

doc. dr. sc. Dario Novak

Dario Novak je docent na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Doktorirao je na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2010. godine. Bio je poslijedoktorand na Sveučilištu Columbia u New Yorku i Sveučilištu Harvard u Bostonu, SAD. Znanstveni interesi dr. sc. Darija Novaka su tjelesna aktivnost, tjelesna i zdravstvena kultura, zdravlje i izvedba, djeca i mladi. Urednik je jedne knjige i autor više od 200 publikacija u znanstvenim i sportskim časopisima. Sudjelovao je na više desetaka međunarodnih i domaćih znanstvenih i stručnih skupova. Organizirao je više domaćih i međunarodnih znanstvenih i stručnih skupova. Trenutno obnaša dužnost predsjednika FIEPS Europe, međunarodne asocijacije za tjelesnu i zdravstvenu kulturu i sport. Dobitnik je nagrade FIEP (Federation International d'Education Physique) Europe Thulin Award iz 2011. godine. Navedena nagrada dodjeljuje se najboljem mladom istraživaču u području edukacije. Iste godine primio je i nagradu International FIEP (Federation International d'Education Physique) Cross of Honor Award. 2017. godine dobio je priznanje Medalla Prof. Adolfo Perez Acosta. To je meksička nagrada za istaknuti međunarodni rad u prostoru edukacije. 2018. godine dobio je Državnu nagradu za znanost koju dodjeljuje Republika Hrvatska za iznimno važna dostignuća u znanstvenoistraživačkoj djelatnosti, za proširenje znanstvenih spoznaja i za znanstvena ostvarenja u primjeni rezultata znanstvenoistraživačkog rada. Također, bio je dobitnik Nagrade dekana Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu za najuspješnijeg znanstvenog novaka u akademskoj 2014./2015. godini, 2015./2016. godini i 2016./2017. godini. U 2023. godini prima nagradu za najuspješnijeg znanstvenika na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Bio je dugogodišnji član trenerskog tima Donne Vekić, zatim Christine McHale, Marte Kostyuk te Elene Rybakine koja pod njegovim vodstvom osvaja Wimbledon 2022. godine. Trenutno radi s trostrukim Grand Slam pobjednikom Stan Wawrinkom. U prošlosti je dr. sc. Dario Novak također radio s Bornom Ćorićem i Ivanom Jorović koji su bili prvi juniori svijeta. Radio je kao stručni savjetnik s brojnim timovima i organizacijama, uključujući i košarkašku reprezentaciju Bosne i Hercegovine.

ZAHVALE

Prvenstveno iskreno zahvaljujem mentorima prof. dr. sc. Antoniju Starčeviću i doc. dr. sc. Dariju Novaku na pruženoj prilici, poticajima i ukazanome povjerenju, komentarima, diskusijama, prepravkama, uloženom trudu i iznimnom strpljenju tijekom vođenja ovog rada, kao i na velikoj motivaciji pruženoj kroz zajednički rad na zanimljivim i izazovnim projektima u proteklom dugom periodu.

Također, posebno zahvaljujem prof. dr. sc. Ivani Rumbak i prof. dr. sc. Jurici Žučku koji su strpljivo čitali i savjetima unaprijedili moj rad, od prijave teme, objave znanstvenih istraživanja do same izrade disertacije.

Zahvaljujem članovima Stručnoga povjerenstva za ocjenu i obranu doktorskoga rada, na svim korisnim komentarima i sugestijama koje su rad učinile boljim.

Posebno se zahvaljujem svojim roditeljima na bezuvjetnoj ljubavi i podršci tijekom cjelokupnog školovanja te na povjerenju koje su imali u mene, njima posvećujem ovaj rad.

Naravno, najveće hvala mojoj supruzi Pauli koja je podnijela najveći teret mojeg angažmana na ovom istraživanju, na beskrajnom strpljenju, podršci i pomoći.

Sveučilište u Zagrebu**Prehrambeno-biotehnološki fakultet****Sveučilišni poslijediplomski studij Biotehnologija i bioproceno inženjerstvo, prehrambena tehnologija i nutricionizam****UDK: 612.39:631.576.4:796.015.54:796.323.2(043.3)****Znanstveno područje: Biotehničke znanosti****Znanstveno polje: Nutricionizam****UTJECAJ TOPLJIVIH PREHRAMBENIH VLAKANA NA SPORTSKU UČINKOVITOST I ODGODU UMORA U KOŠARKAŠA***Edin Hadžić, dipl. ing.***Rad je izrađen na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu, Zagreb****Mentori:** prof. dr. sc. Antonio Starčević

doc. dr. sc. Dario Novak

Kratki sažetak

Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost košarkaša, odnosno na neuromuskularnu izdržljivost eksplozivne snage vertikalnog tipa i tipa sprint, te na kardiovaskularnu izdržljivost aerobnog i anaerobnog tipa kod košarkaša. Također, cilj je bio utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na odgodu umora u košarkaša u dvostruko slijepom placebom kontroliranom istraživanju. Istraživanje je uključilo 18 mladih, punoljetnih košarkaša istog košarkaškog tima, u natjecateljskom dijelu sezone. Prehrambene navike košarkaša i unos vlakana procijenjene su temeljem trodnevnog dnevnika prehrane te je njihova konzistentnost, za vrijeme intervencije, provjeravana 24-satnim prisjećanjem unosa hrane i pića. Određivanje morfološkog statusa rađeno je uz mjerenja sportske učinkovitosti. Za mjerenje neuromuskularne izdržljivosti korišteni su testovi za procjenu eksplozivne snage tipa sprinta (5 m, 10 m i 20 m sprint) i eksplozivne snage vertikalnog tipa (skok bez pripreme iz čučnja, skok s pripremom, jednonožni skok s pripremom, maksimalni skok s pripremom uz zamah rukama, ponavljajući skokovi s pripremom, te pet ponavljajućih skokova iz stopala). Za procjenu kardiovaskularne izdržljivosti koristili smo testove za procjenu izdržljivosti aerobnog tipa (BEEP test), te test za procjenu izdržljivosti anaerobnog tipa (300 m (15x20 m)). Istraživanje je pokazalo da suplementacija sa 17 g topljivih prehrambenih vlakana tijekom 4 tjedna nema utjecaja na sportsku učinkovitost neuromuskularne i kardiovaskularne izdržljivosti. Istraživanje je pokazalo i statistički značajnu odgodu umora kod košarkaša. Intervencija suplementacije topljivim prehrambenim vlaknima pokazala se neučinkovita na sportske performanse, a smanjila je subjektivni osjet umora kod košarkaša tijekom natjecateljske sezone.

Broj stranica: 100**Broj slika:** 15**Broj tablica:** 11**Broj literaturnih navoda:** 192**Broj priloga:** 4**Jezik izvornika:** hrvatski**Ključne riječi:** košarkaši, topljiva prehrambena vlakna, trodnevni dnevnik prehrane, neuromuskularna izdržljivost, kardiovaskularna izdržljivost, subjektivni osjećaj umora**Datum obrane:** 10. travnja 2024.**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. prof. dr. sc. Ivana Rumbak, predsjednica Povjerenstva
2. izv. prof. dr. sc. Tomislav Rupčić
3. prof. dr. sc. Jurica Žučko
4. prof. dr. sc. Petar Barbaros, zamjenski član

Rad je pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta u Zagrebu, Kačićeva 23, u Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu, Hrvatske bratske zajednice 4, te u Sveučilištu u Zagrebu, Trg Republike Hrvatske 14.

University of Zagreb**Faculty of Food Technology and Biotechnology****Postgraduate study in Biotechnology and Bioprocess Engineering, Food Technology and Nutrition****UDK: 612.39:631.576.4:796.015.54:796.323.2(043.3)****Scientific Area: Biotechnology Science****Scientific Filed: Nutrition****EFFECTS OF SOLUBLE DIETARY FIBER ON SPORT EFFICIENCY AND FATIGUE DELAY IN BASKETBALL PLAYERS***Edin Hadžić, dipl. ing.***Thesis performed at Faculty of Food Technology and Biotechnology, Zagreb****Supervisor:** PhD. Antonio Starčević, Full Professor

PhD. Dario Novak, Associated Professor

Short Abstract

The aim of this study was to determine the influence of soluble dietary fiber on the sports performance of basketball players, that is, on the neuromuscular endurance of vertical and sprint explosive strength, and on the aerobic and anaerobic cardiovascular endurance of basketball players. Also, the goal was to determine the influence of soluble dietary fiber on delaying fatigue in basketball players in a double-blind placebo-controlled study. The research included 18 young, adult basketball players of the same basketball team, in the competitive part of the season. The basketball players' eating habits and fiber intake were assessed based on a three-day food diary, and their consistency during the intervention was checked by 24-hour recall food and drink intake. Determination of morphological status was done along with measurements of sports performance. To measure neuromuscular endurance were used tests to assess sprint-type explosive power (5 m, 10 m and 20 m sprint) and vertical-type explosive power (jump without preparation from a squat, jump with preparation, one-legged jump with preparation, maximum jump with preparation with swing hands, repeated jumps with preparation, and five repeated jumps from the feet). To assess cardiovascular endurance, we used aerobic endurance tests (BEEP test) and anaerobic endurance tests (300 m (15x20 m)). Research has shown that supplementation with 17 g of soluble dietary fiber for 4 weeks has no effect on the sports performance of neuromuscular and cardiovascular endurance. The research also showed a statistically significant delay in fatigue in basketball players. The intervention of supplementation with soluble dietary fiber proved to be ineffective on sports performance, and it reduced the feeling of fatigue in basketball players during the competitive season.

Number of pages: 100**Number of figures:** 15**Number of tables:** 11**Number of references:** 192**Number of supplements:** 4**Original in:** Croatian**Keywords:** basketball players, soluble dietary fiber, three-day food diary, neuromuscular endurance, cardiovascular endurance, rate of perceived exertion**Date of the thesis defence:** April 10, 2024**Reviewers:**

1. PhD. Ivana Rumbak, Full Professor
2. PhD. Tomislav Rupčić, Associated Professor
3. PhD. Jurica Žučko, Full Professor
4. PhD. Petar Barbaros, Full Professor (substitute)

Thesis is deposited in Library of Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, National and University Library, Hrvatske bratske zajednice 4 and University of Zagreb, Trg Republike Hrvatske 14.

Tema doktorskog rada "Utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost i odgodu umora u košarkaša" prihvaćena je na 10. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća za akad. god. 2021./2022., održanoj 16. srpnja 2021., a Senat Sveučilišta u Zagrebu donio je odluku o pokretanju postupka stjecanja doktorata u okviru doktorskog studija, 25. siječnja 2022. godine, na 5. redovitoj elektroničkoj sjednici održanoj u 353. akademskoj godini (2021./2022.).

UTJECAJ TOPLJIVIH PREHRAMBENIH VLAKANA NA SPORTSKU UČINKOVITOST I ODGODU UMORA KOD KOŠARAŠA

SAŽETAK

U modernom sportu prehrana postaje sve važniji čimbenik na putu ostvarivanja vrhunskih rezultata. Za probiotike u sportskoj prehrani postoje saznanja o utjecaju na sportaše, a sve se više prati utjecaj prebiotika na sportski učinak. Poznato je kako su prebiotici topljiva i netopljiva neprobavljiva prehrambena vlakna koji potiču rast i aktivnost probiotika, odnosno mikroorganizama u crijevima ili crijevne mikrobiote. Prehrambena vlakna su nedostupna ljudskim probavnim enzimima, ali dostupna mikroorganizmima crijevne mikrobiote. Kao takva, mogu utjecati na sastav crijevne mikrobiote i njezine metabolite te time posredno i na sportsku učinkovitost. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost košarkaša, na živčano-mišićni sustav (neuromuskularna izdržljivost) odnosno eksplozivnu snagu vertikalnog tipa i tipa sprint, te na srčano-žilni sustav (kardiovaskularna izdržljivost) odnosno izdržljivost aerobnog i anaerobnog tipa. Drugi cilj je bio utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na odgodu umora kod košarkaša. Istraživanje je uključilo 18 mladih, punoljetnih košarkaša istog košarkaškog tima, u natjecateljskom dijelu sezone. U ovoj dvostruko slijepoj placebo kontroliranoj studiji mjerenja su obavljena prije suplementacije i nakon 4 tjedna suplementacije. Prehrambene navike košarkaša i unos vlakana procijenjene su temeljem trodnevnog dnevnika prehrane te je njihova konzistentnost, za vrijeme intervencije, provjeravana 24-satnim prisjećanjem unosa hrane i pića. Rezultati su pokazali da suplementacija sa 17 g topljivih prehrambenih vlakana tijekom 4 tjedna, nemaju statistički značajan učinak na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa, niti statistički značajan učinak na eksplozivnu snagu tipa sprint, kao ni na aerobnu i anaerobnu izdržljivost u eksperimentalnoj skupini. Topljiva vlakna su imala statistički značajan učinak na subjektivni osjećaj umora košarkaša u natjecateljskom dijelu sezone (RPE $7,27 \pm 0,04$ prema $8,82 \pm 0,81$). To je potvrđeno dvosmjernom ANOVA-om s replikacijom, koja je pokazala da interakcija unutar grupe ($p=0,0193$), prije i poslije intervencije ($p=0,0049$) i interakcija između grupa prije i poslije ($p=0,0313$) imaju značajan utjecaj. Rezultati sugeriraju da povećanje unosa vlakana kod sportaša može poboljšati crijevnu mikrobiotu i odgoditi treningom inducirani umor.

Ključne riječi: košarkaši, topljiva prehrambena vlakna, trodnevni dnevnik prehrane, neuromuskularna izdržljivost, kardiovaskularna izdržljivost, subjektivni osjećaj umora

EFFECTS OF SOLUBLE DIETARY FIBER ON SPORT EFFICIENCY AND FATIGUE DELAY IN BASKETBALL PLAYERS

ABSTRACT

In modern sports, nutrition is becoming an increasingly important factor on the way to achieving top results. For probiotics in sports nutrition, there is knowledge about the impact on athletes, and the impact of prebiotics on sports performance is increasingly being monitored. Prebiotics are defined as both soluble and insoluble indigestible fiber that stimulate the growth and activity of probiotics, i.e., intestinal microorganisms or microbiota. Dietary fiber is inaccessible to human digestive enzymes, but accessible to microorganisms of the intestinal microbiota. As such, they can influence the composition of the intestinal microbiota and its metabolites, and thereby indirectly influence sports performance. The aim of this work was to determine the influence of soluble dietary fiber on the sports performance of basketball players, on the neuromuscular endurance, i.e. vertical and sprint-type explosive power, and on the cardiovascular endurance, i.e. aerobic and anaerobic endurance. The second goal was to determine the influence of soluble dietary fiber on delaying fatigue in basketball players. The research included 18 young, adult basketball players of the same basketball team, in the competitive part of the season. In this double-blind placebo-controlled study, measurements were taken before supplementation and after 4 weeks of supplementation. The basketball players' eating habits and fiber intake were assessed based on a three-day food diary, and their consistency during the intervention was checked by 24-hour recall food and drink intake. The results showed that supplementation with 17 g of soluble dietary fiber for 4 weeks did not have a statistically significant effect on vertical explosive power and sprint-type explosive power, neither on aerobic and anaerobic endurance in the experimental group. Soluble fiber did have a statistically significant effect on reducing the rating of perceived exertion of basketball players in the competitive part of the season (RPE 7.27 ± 0.04 versus 8.82 ± 0.81). This was confirmed by two-way ANOVA with replication, which showed that within group interaction ($p=0.0193$), before and after intervention ($p=0.0049$) and interaction between groups before and after ($p=0.0313$) had a significant impact on the result. The results suggest that increasing fiber intake in athletes can improve gut microbiota and delay training-induced fatigue.

Keywords: basketball players, soluble dietary fiber, three-day food diary, neuromuscular endurance, cardiovascular endurance, rate of perceived exertion

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OPĆI DIO	4
2.1. Košarka kompleksni sport	5
2.1.1. Živčano-mišićni sustav kod košarkaša	6
2.1.2. Razvoj srčano-dišnog sustava kod košarkaša	7
2.1.3. Subjektivni osjećaj umora.....	8
2.1.4. Morfološka obilježja košarkaša	9
2.2. Prehrambene smjernice profesionalnih košarkaša	9
2.3. Probiotici i prebiotici.....	12
2.4. Topljiva prehrambena vlakna u prehrani sportaša	14
2.5. Prebiotički potencijal prehrambenih vlakana.....	15
2.6. Utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportske performanse	18
2.7. Prehrambena vlakna u prerađenoj hrani	18
2.8. Određivanje unosa hrane i pića kod sportaša.....	19
2.9. Analiza mikrobioma u identifikaciji mikroorganizama fecesa	21
2.9.1. Sekvenciranje gena za 16S rRNA	21
2.9.2. Sekvencioniranje pomoću Illumina MiSeq uređaja	23
3. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	24
4. ISPITANICI, MATERIJALI I METODE	26
4.1. Dizajn istraživanja.....	27
4.2. Ispitanici	28
4.2.1. Režim treninga i natjecanja.....	28
4.2.2. Covid-19 protokol	31
4.3. Dijetetičke metode.....	31
4.3.1. Dnevnik prehrane	31
4.3.2. 24-satno prisjećanje unosa hrane i pića	33

4.4.	Morfološka obilježja ispitanika.....	34
4.4.1.	Tjelesna visina.....	34
4.4.2.	Tjelesna masa.....	34
4.4.3.	Udio masnog tkiva	35
4.4.3.1.	Kožni nabor nadlaktice (tricepsa).....	36
4.4.3.2.	Kožni nabor leđa (supskapularni).....	37
4.4.3.3.	Kožni nabor na prsima	37
4.4.3.4.	Kožni nabor trbuha 1.	37
4.4.3.5.	Suprailiokristalni kožni nabor	38
4.4.3.6.	Kožni nabor natkoljenice	38
4.4.3.7.	Aksilarni kožni nabor.....	38
4.4.3.8.	Kožni nabor bicepsa.....	38
4.4.3.9.	Kožni nabor potkoljenice	38
4.5.	Živčano-mišićni sustav	39
4.5.1.	Testovi za procjenu eksplozivne snage tipa sprint	39
4.5.2.	Testovi za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti	41
4.5.2.1.	Skok bez pripreme iz čučnja – “squat jump” SJ.....	41
4.5.2.2.	Skok s pripremom – “counter movement jump” CMJ	42
4.5.2.3.	Skok s pripremom uz zamah rukama – “vertical jump maximum” VJMAX ..	42
4.5.2.4.	Ponavljajući skokovi s pripremom – “five repeated stiffness jumps” RSJ5	43
4.5.2.5.	Ponavljajući skokovi iz polučučnja – “repeated jumps 15 s” RJ15S	44
4.5.2.6.	Jednonožni skok s pripremom s lijeve noge – “countermovement jump left foot” CMJLF	45
4.5.2.7.	Jednonožni skok s pripremom s desne noge – “countermovement jump right foot” CMJRF	46
4.5.3.	Opis mjerenja kinematičkih parametara Optojump Next sustavom	46
4.6.	Srčano-dišni sustav.....	47
4.6.1.	Test za procjenu izdržljivosti aerobnog tipa – BEEP test	47

4.6.2.	Test za procjenu izdržljivosti anaerobnog tipa – 300MRT	48
4.6.3.	Opis mjerenja kinematičkih parametara sustavom Newtest Powertimer	49
4.7.	Suplementacija prehranbenim topljivim vlaknima	49
4.8.	Ocjena subjektivnog osjećaja umora, RPE	50
4.9.	Analiza mikrobioma	51
4.9.1.	Prikupljanje i pohrana uzoraka	51
4.9.2.	Ekstrakcija DNA iz bakterijske biomase	51
4.9.3.	Određivanje koncentracije DNA	51
4.9.4.	Sekvenciranje gena za 16S rRNA	52
4.9.5.	Analiza podataka dobivenih DNA sekvenciranjem – QIIME2	53
4.9.5.1.	Pre-procesiranje	54
4.9.5.2.	Analize raznolikosti	54
4.9.5.3.	Alfa raznolikost	54
4.9.5.4.	Beta raznolikost	55
4.9.5.5.	Skripta core diversity	55
4.10.	Statistička analiza	55
4.10.1.	Statistička analiza antropometrijskih mjerenja, neuromuskularnog i kardiovaskularnog opterećenja, te RPE vrijednosti	56
4.10.2.	Statistička analiza dnevnika prehrane	56
4.10.3.	Statistička analiza brojnosti mikrobioma	56
5.	REZULTATI	57
5.1.	Karakteristike ispitanika	58
5.2.	Utjecaj topljivih vlakana na morfološka obilježja ispitanika	58
5.3.	Prehrambene navike košarkaša	59
5.4.	Utjecaj topljivih vlakana na živčano-mišićni sustav	62
5.4.1.	Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa	62
5.4.2.	Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu tipa sprint	64

5.5.	Utjecaj topljivih vlakana na srčano-dišni sustav	65
5.6.	Utjecaj topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora (RPE)	67
5.7.	Utjecaj topljivih vlakana na mikrobiom	69
6.	RASPRAVA	71
6.1.	Analiza dnevnika prehrane	73
6.2.	Utjecaj topljivih vlakana na živčano-mišićni sustav	76
6.3.	Utjecaj topljivih vlakana na srčano-dišni sustav	77
6.4.	Utjecaj topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora	78
6.5.	Utjecaj topljivih vlakana na mikrobiom	79
6.6.	Nedostaci istraživanja.....	81
7.	ZAKLJUČCI	82
8.	LITERATURA	84

POPIS KRATICA

PRILOZI

ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

1. UVOD

Za sportaše postizanje vrhunske izvedbe nadilazi samo fizički trening, a svako poboljšanje vlastitih rezultata i performansi zahtijeva detaljno planiranje i programiranje te između ostalog i brigu o pravilnoj prehrani. Među različitim prehranbenim komponentama ključnim za optimizaciju sportske izvedbe, topljiva prehranbena vlakna i ostali prebiotici uzimaju sve više pozornosti. Topljiva prehranbena vlakna, vrsta prehranbenih vlakana koja se otapaju u vodi i tvore tvar sličnu gelu, nude mnoštvo dobrobiti u rasponu od poboljšane probave do poboljšanog zdravlja srca (Calero i sur., 2020). U području sportske prehrane, razumijevanje važnosti prehranbenih komponenti kao što su topljiva vlakna postaje sve važnije osim za opće zdravlje sportaša i za optimizaciju sportskih performansi. Istraživanja sugeriraju mehanizme za direktnu dobrobit topljivih vlakana za zdravlje sportaša preko ublažavanja simptoma bolesti dišnog sustava, smanjenja učestalosti gastrointestinalnih simptoma te uloge topljivih vlakana u održavanju razine energije i promicanju kardiovaskularnog zdravlja (Zhang i sur., 2023). Direktna blagotvoran utjecaj na zdravlje sportaša može indirektno voditi prema poboljšanju sportskih performansi (Parker i sur., 2023). Istraživanja o takvom direktnom utjecaju topljivih vlakana na sportske performanse su rijetka, ali sugeriraju pozitivan utjecaj vlakana na sportske performanse (Sugiyama i sur., 2017).

Nutritivne preporuke za unos topljivih vlakana za sportaše nisu jasno definirane pošto nedostaju istraživanja na kojima bi se znanstveno utemeljile takve preporuke. Trenutno su nutritivne smjernice o unosu topljivih vlakana za sportaše općeprihvaćena uvjerenja, a vrijednosti se baziraju na odgovarajućem unosu za opću populaciju istog uzrasta i spola. Dnevni unos vlakana je unutar preporučenog raspona za odrasle, što je oko 30-38 grama dnevno za muškarce i 20-25 grama dnevno za žene prema američkim standardima (Parker i sur., 2023). Ostale preporuke su konzumiranje iz različitih izvora ravnomjerno raspoređeno tijekom dana uz povećanje unosa tekućine, jer topljiva vlakna upijaju vodu i mogu pomoći u održavanju razine hidratacije. Sportaši bi trebali osigurati odgovarajuću hidrataciju uz svoju prehranu bogatu vlaknima kako bi podržali probavu i izvedbu.

U nekim slučajevima nedostatnog unosa sportaši mogu razmotriti dodatke prehrani topljivim vlaknima, kako bi zadovoljili svoje dnevne potrebe.

Iz tog razloga važno je provesti istraživanja koja mogu utvrditi utjecaj topljivih prehranbenih vlakana na povećanje sportske učinkovitosti (poboljšanje kardiovaskularne izdržljivosti i eksplozivne snage), te mogući utjecaj topljivih prehranbenih vlakana na odgodu umora kod sportaša, odnosno košarkaša tijekom natjecateljskog perioda. Rezultati ovog istraživanja mogli bi pridonijeti boljem razumijevanju specifične vrste vlakana i njihovog utjecaja na poboljšanje

sportskih performansi. Također, mogu doprinijeti postavljanju smjernica i nutritivnih preporuka za sportaše.

2. OPÍDIO

2.1. Košarka kompleksni sport

Košarku, kao jedan od najpopularnijih sportova u cijelom svijetu, igraju i muškarci i žene svih godina od amaterskih do vrhunskih, profesionalnih razina (Ziv i Lidor, 2009). Također, košarka je i jedna od najpopularnijih sportskih, ekipnih igara (Ostojic i sur., 2006), a uz moderan pristup od igrača zahtijeva visok stupanj razvijenosti mnogobrojnih komponenti fitnesa (Kariyawasam i sur., 2019; Chaouach i sur., 2006). U takvom modernom sportu igračima je prvenstveni cilj vrhunski nivo igre, a to postižu upravo visokom razinom fizičke, psihološke i fiziološke spremne (Scanlan i sur., 2015).

Košarku karakterizira velik broj različitih stanja igre u fazi pozicijskog i tranzicijskog napada (n=232) (Jelaska, 2011), te pozicijske i tranzicijske obrane (n=441) (Perica, 2011). Također, karakteristične su i izmjene intervala visokog i niskog intenziteta, te oporavka, a aktivnosti visokog intenziteta zastupljene su kroz 16 do 21 % aktivnog vremena utakmice (Abdelkrim i sur., 2007; Abdelkrim i sur., 2010; Scanlan i sur., 2011; Scanlan i sur., 2012). Napor prilikom odigravanja jedne košarkaške utakmice očituje se u broju eksplozivnih kretnji i povećanju razine laktata u mišićima. Tako igrači mogu postići i do 2000 eksplozivnih kretnji u jednoj utakmici te konstantno opterećivati srce s dostizanjem 85 % maksimalnog opterećenja uz podizanje razine laktata u mišićima s 2,7 do 6,8 mmol (Stojanović i sur., 2017).

S obzirom na toliki broj eksplozivnih kretnji i zahtjeva moderne košarke, zabilježen je i veliki broj kretnih struktura kao što su sprint, lateralno kretanje, skokovi, hodanje i trčanje (Abdelkrim i sur., 2010; Jakovljevic i sur., 2012). Te kretne strukture se tijekom utakmice izmjenjuju približno svakih 1 do 2 sekunde (Abdelkrim i sur., 2007).

Ako isključimo tehničko-taktički trening u košarci, iz strukture kondicijskog treninga je vidljivo da su, u natjecateljskom periodu sezone košarkaša, aerobni i anaerobni trening te treninzi snage i brzine, baza trenažnog procesa, a prvenstveno su cilj održavanje i poboljšanje motoričkih sposobnosti igrača kao i postizanje visokog nivoa igre.



Slika 1. Struktura kondicijskog treninga (Kondicijska priprema, prema Foxu 1980.)

Kondicijski trening, Slika 1, uklapljen u periodizaciju košarkaške sezone, se dijeli na neuro-muskularni trening (živčano-mišićni sustav kod košarkaša) i kardio-respiratorni trening (srčano-dišni sustav kod košarkaša).

2.1.1. Živčano-mišićni sustav kod košarkaša

Živčano-mišićni sustav kod košarkaša, potiče razvoj motoričkih sposobnosti i obuhvaća trening snage, trening brzine i trening gibljivosti, a u kombinaciji s srčano-dišnim sustavom obuhvaća i trening izdržljivosti (Fox, 1980).

Iz iste strukture kondicijskog treninga vidljivo je da se eksplozivna snaga poboljšava treningom snage i treningom brzine. Specifične kretnje strukture u košarci spadaju jednim dijelom pod eksplozivnu snagu, na primjer skokovi i sprintevi. Baza tih motoričkih sposobnosti je jakost donjih ekstremiteta. Jakost (statička ili dinamička) je najveća voljna mišićna sila koju sportaš može proizvesti u dinamičnom ili statičkom režimu mišićnog rada (Galazoulas, 2017). Ako je maksimalna mišićna sila generirana u što kraćem vremenu to se definira kao snaga. Dakle, dva košarkaša mogu biti jednako jaki, ali ne moraju biti jednako snažni, snažniji je onaj košarkaš koji maksimalnu silu generira u kraćem vremenu (Milanović i sur., 2013).

Eksplozivna snaga je motorička sposobnost (eng. power; explosive muscular power), koja predstavlja jednu od najvažnijih mišićnih kvaliteta za većinu sportova (Kreamer i Looney,

2012) te time predstavlja ključni element uspjeha u većini sportova (Neptune i sur., 1999), među koje ubrajamo i košarku (Hendrick, 1993; Brini i sur., 2023).

2.1.2. Razvoj srčano-dišnog sustava kod košarkaša

Srčano-dišni sustav kod košarkaša, potiče razvoj funkcionalnih sposobnosti i dijeli se na aerobni i anaerobni trening, a u kombinaciji s živčano-mišićnim sustavom obuhvaća i trening izdržljivosti.

Kondicijskim treningom i srčano-dišnim sustavom poboljšava se mišićna izdržljivost. Mišićna izdržljivost je dakle sposobnost sportaša da trenažne ili natjecateljske aktivnosti određenog intenziteta (pri kojima se svladava zadano vanjsko opterećenje ili težina vlastita tijela) izvodi što dulje bez značajnijih znakova umora (Galazoulas, 2017). Kao motorička sposobnost, mišićna izdržljivost je nešto više pod utjecajem živčano – mišićne regulacije nego energetske procesa (Luo i sur., 2023). Važnost izdržljivosti u košarci se očituje u formi košarkaša i njegovoj kondicijskoj spremi. Košarkaš tijekom utakmice nema za cilj pretrčati što veću udaljenost, iako obavlja veliki fizički rad, nego se izdržljivost košarkaša manifestira kroz stalne promjene brzine i smjera kretanja u skladu s timskim i individualnim zadacima tijekom treninga ili natjecanja.

U osnovi funkcionalnih sposobnosti su energetske sustavi bez kojih je nemoguće tumačiti izdržljivost kao motoričku sposobnost.

Dakle, za razvoj ove motoričke sposobnosti jednako su važni aerobni energetske sustavi i anaerobni kapaciteti, kao i živčano-mišićni procesi koji omogućavaju produženu radnu aktivnost pri svladavanju umjerenih opterećenja, tipičnih za mišićnu izdržljivost, koju neki autori izjednačavaju s repetitivnom snagom (Brini i sur., 2023).

Iz navedenog se očituje važnost navedenih motoričkih (eksplozivna snage, jakosti donjih ekstremiteta) i funkcionalnih (anaerobni i aerobni kapaciteti) sposobnosti kod košarkaša, ali i njihova važnost kao varijabli mjerenja, testiranja i evaluacije određenih perioda u razvoju košarkaša tijekom jedne sezone ili cijele karijere.

2.1.3. Subjektivni osjećaj umora

Osim testiranja poboljšanja motoričkih i funkcionalnih sposobnost posebna pažnja se sve više posvećuje ljestvici subjektivni osjećaj umora RPE (engl. Rate of Perceived Exertion). RPE je alat kojim se prate perceptivne reakcije na treningu, te je dobro uspostavljena kao metoda određivanja napora tijekom vježbanja (Hampson i sur., 2001). Prvu RPE ljestvicu razvio je Gunnar Borg osamdesetih godina prošlog stoljeća i prvenstveno se koristila za praćenje aerobnih opterećenja no danas ima široku primjenu praćenja sportaša (Borg, 1970). Ta izvorna ljestvica je ocjenjivala napor od 6-20 koji bi otprilike odgovarao otkucajima srca, pa je imala ograničenu primjenu na trening otpora. Unaprjeđenjem i razvojem ljestvice, Borgova ljestvica CR10 bila je prva ljestvica koja je davala ocjene napora od 1 do 10, a nakon nje je uslijedila izrada vizualno potpomognute ljestvice 1-10 RPE poznate kao OMNI ljestvica (Utter i sur., 2006). Sve 3 navedene ljestvice se koriste u zadnje vrijeme i za treninge otpora, iako postoje male razlike u nomenklaturi i brojčanim rasponima ovih ljestvica, za sve su utvrđene valjane metode kvantificiranja percipiranog umora (Utter i sur., 2006).

Tablica 1 prikazuje skalu subjektivnog osjećaja umora prema kojoj su ispitanici određivali ocjene.

Tablica 1. Skala subjektivnog osjećaja umora, ispitanicima predstavljena skala (Borg, 1982).

Napor	RPE ljestvica	Primjer aktivnosti
vrlo lagano	1	koračanje, šetanje
lagano	2 to 3	hodanje koje na povisi puls
umjereno	4 to 5	brzo hodanje, trčkanje ili umjerena aktivnost koja ubrzava otkucaje srca bez da se ostane bez daha
teško	6 to 7	energična aktivnost, poput trčanja, promjene smjera ili šutiranje iz kretanja (povećava broj otkucaja srca i tjera na teže i brže disanje)
jako teško	8 to 9	najviša razina aktivnosti kojse može nastaviti raditi bez prestanka, skoro maksimalna brzina trčanja, obrana u stavu

maksimalan napor	10	ne može se izvesti niti jedno ponavljanje više, niti se može nastaviti s treningom, sprint
------------------	----	--

RPE - subjektivni osjećaj umora (engl. Rate of Perceived Exertion)

Subjektivni osjećaj umora, ako se promatra kao varijabla kroz određeni period, može biti dobar pokazatelj promjena prehrambenih navika, uspješnog trenažnog procesa ili promjena u trenažnom procesu koji utječu na individualni i timski razvoj.

2.1.4. Morfološka obilježja košarkaša

Košarka je također sport u kojem se natjecatelji od drugih sportova razlikuju i po nekim morfološkim karakteristikama odnosno obilježjima, posebno longitudinalnom dimenzionalnošću skeleta i potkožnim masnim tkivom.

Morfološke karakteristike sportaša se mogu opisati kroz sljedeća četiri morfološka faktora (Krmek, 2018):

1. Longitudinalna dimenzionalnost skeleta (LDS) – odgovoran za rast kostiju u duljinu
2. Transverzalna dimenzionalnost skeleta (TDS) – odgovorna za rast kostiju u širinu
3. Volumen i masa tijela (VT i MT) – odgovoran za ukupnu masu tijela
4. Potkožno masno tkivo (PMT) – odgovorno za ukupnu količinu masnog tkiva u organizmu.

Mjerenjem morfoloških karakteristika potkožnog masnog tkiva mogu se ustanoviti promjene u prehrambenim navikama, uspješnost trenažnog procesa ili uopće detektirati promjene tijekom trenažnog procesa.

2.2. Prehrambene smjernice profesionalnih košarkaša

U modernom košarkaškom sportu s velikim brojem izmjena kretnih struktura i izmjena intervala različitog intenziteta, prehrana postaje sve važniji čimbenik na putu ostvarivanja vrhunskih rezultata.

Klubovi u natjecanjima pod ingerencijom HKS-a (Hrvatskog košarkaškog saveza) u Republici Hrvatskoj nemaju sređenu niti planiranu klupsku prehrambenu strategiju nego je sve svedeno na individualno razumijevanje i samostalni odabir prehrambenih smjernica uz savjete košarkaških trenera, kondicijskih trenera i iznimno rijetko nutricionista. U takvoj situaciji potpuno je razumljivo da nedostaje znanja, i pravilnih smjernica o pravilnoj prehrani, igračima u našim ligama. Pretpostavka je da bi se mogle izbjeći određene ozljede i poboljšati kvaliteta natjecanja te produžiti sportski vijek sportaša kada bi se provelo aktivnije obrazovanje o prehrani i sustavno praćenje te vođenje domaćih košarkaša. No i u najboljoj košarkaškoj ligi svijeta NBA (National Basketball Association) postoje veliki problemi s istim posljedicama na što ukazuje istraživanje o nedostatku vitamina D kod igrača NBA lige gdje je deficijencija vitamina D (<20 ng/mL) uočena kod 32,3 % sportaša, insuficijencija (20-30 ng/mL) kod 41,2 % sportaša, a dovoljne razine vitamina D (>30 ng/mL) bile su prisutne u samo 26,5 % košarkaša (Grieshober i sur., 2018).

Prema tome prehrana postaje vrlo važan čimbenik zdravlja, kvalitete natjecanja te posljedično i poboljšanja ugovora košarkaša (Grieshober i sur., 2018).

Temelje prehrambenih smjernica treba sagledati na vrstama bazičnih opterećenja svakog sporta posebno, pa tako i košarke. Proizvodnja ATP-a i procesi glikolize su iznimno važni pošto su snaga i produkcija sile te brzina i agilnost temelj dobrih rezultata košarkaša. Osim pripreme i ostvarivanja vrhunskih rezultata bitan je i proces oporavka od stresa koji mora biti brz i efektivan zbog velikog broja utakmica u jednoj natjecateljskoj sezoni (Calleja-Gonzalez i sur., 2016). Uz sve navedeno pravilna prehrana je najčešće i ključ dobrog oporavka. Pravilna prehrana pomaže u održavanju fizičkih i kognitivnih performansi, pomaže u oporavku od ozljeda i posljedično brzom povratku na teren (Beck i sur., 2015; Kloby Nielsen i sur, 2020).

Plan prehrane mora biti individualiziran prema potrebama svakog igrača, pozicijama igrača na terenu, njihovim opterećenjima i naposljetku osobnim preferencijama (Alkahtani i sur., 2019).

Košarkaši su sportaši s velikom mišićnom masom, što je razlog visokih energijskih unosa i zahtjeva velike količine hrane, kako su potvrdila mnoga istraživanja (Gentle i sur., 2014). Unos velikih količina hrane čini najpoželjnijom onu strategiju prehrane koja dijeli taj unos na više obroka dnevno (Gentle i sur., 2014). Visok energijski unos kod vrhunskih košarkaša omogućen je i dnevnim unosom ugljikohidrata od minimalno 5 g/kg tjelesne mase (Schroder i sur., 2004). Ova količina zadovoljava samo niži rang trenutnih preporuka za ugljikohidrate (5-12 g/kg tjelesne mase) za sportaše timskih sportova po danu, za oporavak od umjerenog do vrlo visokog

intenziteta vježbe (Baker i sur., 2015). Dnevni unos na gornjoj granici dnevnih preporuka je potreban tijekom uzastopnih utakmica turnirskog tipa, budući da se natjecanja odvijaju pri vrlo visokom intenzitetu. Dan prije i na dan utakmice očekuje se da će potrošnja energije i potrebe za ugljikohidratima biti veći nego na dane treninga (Burke i sur., 2006). Igrači mogu imati dovoljno vremena za oporavak kada igraju jednom tjedno, međutim, igranje nekoliko dana za redom smanjilo bi njihovu izvedbu zbog progresivnog smanjenja kvalitete hidracije i koncentracije glikogena (Burke, 1995).

S druge strane dnevni unos proteina prema nekim istraživanjima iznosio je 1,5-2 g/kg tjelesne mase (Hassapidou i sur., 2003; Papandreou i sur., 2007). Iako je ova količina na preporučenoj razini za sportaše timskih sportova, važno je naglasiti da bi raspodjela ove količine oko utakmice i tijekom dana, uz vrijeme konzumacije, bila ključna za olakšavanje popravka poprečnoprugastih mišića, kostiju i vezivnog tkiva tijekom niza vezanih utakmica u formi kratkog turnira (Phillips i Van Loon, 2011).

S obzirom na ograničenu apsorpciju ugljikohidrata, kod perioda oporavka, alternativa konzumiranju samo ugljikohidrata, može biti dodavanje proteina (0,3-0,4 g/kg tjelesne mase) ugljikohidratima (0,8-1 g/kg tjelesne mase) tijekom oporavka, što može osigurati sličnu sintezu glikogena kao i unos 1-1,2 g/kg tjelesne mase samog ugljikohidrata (Van Loon i sur., 2000). Osim učinka na sintezu glikogena, mješavina ugljikohidrata i proteina nakon utakmice pospješila bi sintezu mišićnih proteina što je još jedan temeljni element oporavka (Phillips, 2011). Dakle, zbog korištenja ugljikohidrata kao primarnog izvora energije, unos ugljikohidrata i proteina utječe pozitivno na oporavak nakon treninga ili utakmica (Beelen i sur., 2010).

Generalne prehrambene smjernice ukazuju da cjelodnevni unos energije treba biti raspoređen u omjerima makronutrijenata: ugljikohidrati 55 do 58% cjelodnevnog unosa energije, na dan utakmice i do 65 %, proteini 12 do 15 % cjelodnevnog unosa energije i masti 25 do 30 % cjelodnevnog unosa energije (American College of Sports Medicine, 2000). Prehrambene smjernice za konzumaciju mikronutrijenta nisu definirane za sportaše, odnosno ne razlikuju se za skupinu košarkaša ili uopće sportaša od opće populacije istog uzrasta. U prehrambene smjernice o proteinima, ugljikohidratima i tekućini, treba uključiti i spavanje kao temeljne komponente za poticanje oporavka. Pristup koji obuhvaća strategije načina prehrane i oporavka, trebale bi se pažljivo razmotriti i implementirati s timovima (Davis i sur., 2022).

2.3. Probiotici i prebiotici

Prehrambena vlakna kao prebiotik imaju dugu povijest ljudskog interesa. Još je Hipokrat opisao laksativna svojstva cjelozrnate pšenice (Hijova i sur., 2019). Dvadesetih godina prošloga stoljeća, usmjeravanjem istraživanja na zdravstvenu dobrobit (laksativni učinak, prevencija bolesti) uslijed konzumacije mekinja, pojačan je interes za vlaknima. Najveću zaslugu za pojačani interes za vlaknima imaju kompanija koje su proizvodile žitarice i slične proizvode zbog navedenih zdravstvenih dobrobiti (Hijova i sur., 2019). Sedamdesetih godina prošlog stoljeća, istraživanja o zaštitnim faktorima prehrambenih vlakana u prevenciji razvoja dijabetesa, raka crijeva i pretilosti, dodatno povećavaju interes za prehrambenim vlaknima (Coffin i Shaffer, 2006). Također, epidemiološka istraživanja konstantno pokazuju da je preporučeni unos prehrambenih vlakana povezan sa smanjenim rizikom od pojave kroničnih nezaraznih bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti, pretilost i dijabetes tipa 2 (Anderson i sur., 2009).

Prebiotici kao skupina hranjivih tvari koje razgrađuje crijevna mikrobiota i njihov odnos s cjelokupnim ljudskim zdravljem, pogotovo posljednjih godina, su područje sve većeg interesa. Prebiotici mogu hraniti crijevnu mikrobiotu, produkti njihove razgradnje su kratkolančane masne kiseline koje se otpuštaju u krvotok, a svojim karakteristikama utječu ne samo na gastrointestinalni trakt, već i na druge unutarnje organe.

Čak i male količine dvije važne skupine prebiotika, fruktooligosaharida i galaktooligosaharida imaju blagotvorne učinke na zdravlje ljudi, a prirodno su prisutni u hrani. Zdravstvene dobrobiti prebiotika su usmjerile znanstvena istraživanja i na pokušaj proizvodnje prebiotika u industrijskim razmjerima (Davani-Davari i sur., 2019).

Prebiotici su 2008. godine, na 6. sastanku Međunarodne znanstvene asocijacije prebiotika i prebiotika (ISAPP) definirani kao "prebiotici u prehrani" te "selektivno fermentirani sastojak koji rezultira specifičnim promjenama u sastavu i/ili aktivnosti gastrointestinalne mikrobiote, čime se doprinosi zdravlju domaćina" (Gibson i sur., 2010). U Hrvatskoj enciklopediji definicija prebiotika je da su to u prehrani, prirodni ili sintetski proizvedeni supstrati koji korisno djeluju selektivnom stimulacijom rasta i/ili aktivnosti jedne bakterijske vrste ili ograničenoga broja bakterijskih vrsta u debelom crijevu, i tako poboljšavaju zdravlje ljudi (Hrvatska enciklopedija).

Klasificiranje spoja ili nutrijenta kao prebiotika, prema nekim autorima, treba zadovoljiti određene kriterije: (a) trebaju biti otporni na pH želuca, trebaju biti otporni na hidrolizu enzimima sisavaca, a također se ne smiju apsorbirati u gastrointestinalnom traktu, (b) može ih fermentirati crijevna mikrobiota, i (c) rast i/ili aktivnost crijevnih bakterija mogu se selektivno stimulirati ovim spojem i taj proces poboljšava zdravlje domaćina (Gibson i sur., 2010).

Nisu svi prebiotici ugljikohidrati, a i među prebioticima ugljikohidratima postoje određeni kriteriji da bi se razlikovala prehrambena vlakna od prebiotika izvedenih iz ugljikohidrata: (a) vlakna su ugljikohidrati sa stupnjem polimerizacije (DP) jednakim ili višim od 3 i (b) endogeni enzimi u tankom crijevu ih ne mogu hidrolizirati. Istraživanja sugeriraju da treba uzeti u obzir da topljivost vlakana ili sposobnost fermentacije nije presudna (Slavin, 2013).

Istraživanje provedeno na 140 000 ispitanika u različitim europskim zemljama pokazuje da je stvarni unos prehrambenih vlakana, kroz uobičajenu prehranu, oko 18 – 24 g/dan za muškarce i oko 16 – 20 g/dan za žene. Većina tih prehrambenih vlakana je unesena namirnicama porijeklom iz žitarica i proizvoda od žitarica, a u europskim zemljama je unos za trećinu veći od unosa u SAD-u (Sjedinjenim Američkim Državama). Zaključak istraživanja je da bi svi trebali povećati unos prehrambenih vlakana 50 % u odnosu na trenutnu količinu (Stephen i sur., 2017).

Probiotici su puno zastupljeniji u znanstvenim istraživanjima od prebiotika. Utjecaj probiotika na cjelokupno zdravlje, kronične bolesti ili sportske performanse, je tema mnogih istraživanja koja sugeriraju blagodati probiotika na zdravlje ljudi.

Definicija probiotika bi bila da su to "živi mikroorganizmi koji suplementacijom u odgovarajućim količinama daju zdravstvene dobrobiti domaćinu" (Reid i sur., 2003). Terapeutske prednosti i blagodati probiotika su širokog spektra i ovise o soju. Probiotičke bakterije utječu na modifikaciju imunološkog sustava, smanjenje kolesterola, ublažavanje intolerancije na laktozu, održavanje remisije Crohnove bolesti, sprječavanje dijareje i prevenciju urogenitalnih infekcija (Reid i Burton, 2002; Hekmat i sur., 2009).

Primjer velikog utjecaja na zdravlje čovjeka je utjecaj probiotika na zdravlje mokraćnog sustava. Dugo se mislilo da je mokraćni sustav sterilan, no istraživanja su pokazala da su mikroorganizmi kolonizirali i ovaj sustav, a najčešći urotip je *Lactobacillus*. Sljedeći najčešći urotipovi su *Gardnerella*, *Corynebacterium*, *Streptococcus* i *Staphylococcus*; postoje i drugi manje uobičajeni urotipovi, no sve su to Gram-pozitivne bakterije za razliku od Gram-negativnih odgovornih za većinu akutnih infekcija mokraćnog sustava (Mueller i sur., 2017).

Kombinacija probiotika *L. rhamnosus GR-1* i *L. fermentum RC-14* ne samo da je sigurna za svakodnevnu upotrebu kod zdravih žena, već može smanjiti kolonizaciju vagine potencijalnim patogenim bakterijama i gljivicama (Reid i sur., 2003; Čepnja i sur., 2023). Nadalje, istraživanja sugeriraju da učinkovitost probiotika kao što su *L. rhamnosus GR-1* i *L. reuteri*, obećava u prevenciji ili liječenju triju glavnih urogenitalnih infekcija: bakterijske vaginoze, vulvovaginalne kandidijaze i infekcije mokraćnog sustava (Abad i Safdar, 2009). Probiotik, *Lactobacillus reuteri*, inhibira patogene kao što su *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* i *Clostridium difficile* metaboliziranjem glicerola u antimikrobni spoj 3-HPA, odnosno reuterin. Sposobnost izlučivanja reuterina ne ovisi samo o dostupnosti glicerola već i o koncentraciji glukoze (Forshee i Sharda, 2018).

Istraživanja o direktnom utjecaju prebiotika, kao hrane probioticima, na zdravlje urogenitalnog trakta su nedostatna i veza prebiotika i zdrave mikrobiote bez patogenih mikroorganizama moguća je posredno preko prebiotika.

Primjeri ciljanog prebiotika za probiotik *Lactobacillus rhamnosus*, koji proizvodi izomer l-mliječne kiseline i fermentira ugljikohidrate, su arabinoza, celobioza, eskulin, riboza, sorbitol i saharoza.

Dakle, prebiotici su ugljikohidrati i lignin koje domaćin ne može probaviti i ostaju za enzimatsku probavu crijevnim probioticima. Poznato je da dva posebno proučavana prebiotika inulin i galaktooligosaharidi (GOS) potiču rast širokog spektra laktobacila, a pokazalo se da potiču rast *L. reuteri*.

2.4. Topljiva prehrambena vlakna u prehrani sportaša

Makronutrijenti i mikronutrijenti već imaju dokazano mjesto u sportskoj prehrani, probiotici i prebiotici također pronalaze svoje mjesto i u prehrani najboljih sportaša o kojoj ovise vrhunski rezultati, a sve se više prati i utjecaj prebiotika na sportski učinak (Wosinkska i sur., 2019; Martinen i sur., 2020).

Topljiva i netopljiva neprobavljiva prehrambena vlakna spadaju pod prebiotike koji potiču rast i aktivnost probiotika, odnosno mikroorganizama u crijevima ili crijevne mikrobiote (Lefranc-Millot i sur., 2009; Clark i Mach, 2016; Mohr i sur., 2020).

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) definira prehrambena vlakana kao neprobavljive ugljikohidrate i lignine. Danas postoji veliki popis vlakana u koje spadaju još ne-škrobni polisaharidi, celuloza, pektini, hidrokoloidi, frukto-oligosaharidi i tzv. "rezistentni škrob" (EFSA, 2010). Kemijski gledano, prehrambena vlakna su polisaharidi (≥ 10 monomera) te za razliku od jednostavnih ugljikohidrata (veličine 1 do 2 monomera glukočnih jedinica) i oligosaharida (3 do 9 monomera) većinom su neprobavljivi. Prehrambena vlakna se dijele s obzirom na topljivost u vodi na: topljiva i netopljiva. Glavni prehrambeni izvori topljivih su voće i povrće, dok su cjelovite žitarice i njihovi proizvodi glavni izvor netopljivih vlakana (Weickert i Pfeiffer, 2008). Vlakna, koja su topljiva u vodi, kada se nađu u vodenom mediju stvaraju viskozni gel. Zaobilaze probavu u tankom crijevu i vrlo lako se fermentiraju od strane mikrobioma debelog crijeva. Sastoje se od pektina, guma, inulin sličnih fruktana i određenih hemiceluloza. U ljudskom gastrointestinalnom traktu, vlakna koja nisu topljiva u vodi ne stvaraju gelove i time je fermentacija ograničena. Primjeri vlakana netopljivih u vodi su lignin, celuloza i specifične hemiceluloze (Wong i Jenkins, 2007).

Topljiva prehrambena vlakna su nedostupna ljudskim probavnim enzimima, ali dostupna mikroorganizmima crijevne mikrobiote. Kao takva, utječu na sastav crijevne mikrobiote i njezine metabolite te samim time i na sportsku učinkovitost (Lefranc-Millot i sur., 2009). Optimalan unos prehrambenih vlakana je sastavni dio uravnotežene prehrane te je bitan za očuvanje zdravlja, a time utječe i na sportske rezultate (American Heart Association Nutrition Committee, 2006). U određivanju utjecaja topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost potrebno je zadovoljiti nekoliko kriterija: prebiotički potencijal, utjecaj na promjenu morfologije sportaša, iskoristivost vlakana te izostanak negativnih nuspojava prilikom suplementacije (Van den Heuvel i sur., 2004; Vermorel i sur., 2004; Pasman i sur., 2006; Marteau i sur., 2011).

2.5. Prebiotički potencijal prehrambenih vlakana

Istraživanja provedena na prehrambenim vlaknima sugeriraju moguće mehanizme u ljudskom organizmu u kojima vlakna imaju pozitivne učinke: 1) smanjena apsorpcija glukoze i LDL kolesterola; 2) veća sitost i indeks sitosti koji može pospješiti gubitak tjelesne mase; 3) indirektna sinteza kratkolančanih masnih kiselina pomoću mikrobiote naših crijeva, koje imaju

imunomodulirajuća i protuupalna svojstva; 4) povećan unos biološki aktivnih tvari poput antioksidansa i fitokemikalija (Guillon i Champ, 2000).

Testirana su različita prehrambena vlakna kako bi se utvrdilo njihovo djelovanje kao prebiotika. Fermentacija prehrambenih vlakana kao prebiotika, crijevnom mikrobiotom, proizvodi kratkolančane masne kiseline (SCFA), uključujući mliječnu kiselinu, maslačnu kiselinu i propionsku kiselinu. Ukupno SCFA snižavaju pH debelog crijeva, a osim te uloge ovi metaboliti mogu imati i druge učinke na ljudsko tijelo (Li i sur., 2010; Guerin-Deremaux i sur., 2011). Na primjer, propionat utječe na T pomoćne stanice-2 u dišnim putevima i makrofagima, koje imaju značajnu ulogu u imunostavu, kao i na dendritične stanice u koštanoj srži, a butirat na primjer utječe na razvoj crijevnog epitela. Budući da SCFA mogu difundirati u krvotok kroz enterocite, prebiotici imaju sposobnost utjecati ne samo na gastrointestinalni trakt, već i na ostale organe (Den Besten i sur., 2013; Stinson i sur., 2017). Peptidoglikan je još jedan proizvod fermentacije prebiotika koji može stimulirati urođeni imunološki sustav protiv patogenih mikroorganizama (Nazare i sur., 2011; Farhangi i sur., 2016).

Istraživanja vezana za pojavu pretilosti i razvoj dijabetesa ukazuju da visoki unos prehrambenih vlakana popravlja glikemijski indeks hrane koja je bogata ugljikohidratima i lipidima iako je to većinom vezano uz unos netopljivih vlakana (Russell i sur., 2023). U prvom redu netopljiva vlakna, a potom i topljiva vlakna su dakle zaslužna za smanjeni rizik od pojave dijabetesa tipa 2 (de Munter i sur., 2007). Istraživanja sugeriraju još učinaka prehrambenih vlakana na ukupno zdravlje organizma na primjer zbog otpuštanja raznih crijevnih hormona, adipokina i žučnih kiselina. Za navedene učinke prehrambenih vlakana u organizmu, odgovorna je u prvom redu sama struktura prebiotika, ali i bakterijski sastav crijeva, te se time određuju i produkti fermentacije (Li i sur., 2010; Aliasgharzadeh i sur., 2015). Dakle, učinci prebiotika na ljudsko zdravlje posredovani su sastavom prebiotika, mikroorganizmima i njihovim produktima razgradnje.

Istraživanja provedena na općoj populaciji prikazuju prebiotički potencijal prehrambenih topljivih vlakana, odnosno pokazuju kako unosom topljivih vlakana od 10, 15 i 20 g/dan dolazi do promjena u sastavu crijevne mikrobiote u smjeru proliferacije vrsta korisnih te inhibicije patogenih bakterija (Weickert i Pfeiffer, 2008). Konzumacija vlakana kroz 14 dana potaknula je bolju rasprostranjenost bakterija roda *Bacteroides*, a inhibirala vrstu *Clostridium perfringens*, uzročnika trovanja hranom. Konzumacija već i 10 g/dan kroz period od 8 tjedana, kako

sugeriraju istraživanja, ima utjecaj na osovinu hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda te na imunost sustav kod žena s dijabetesom tipa 2, čime se poboljšava mentalno zdravlje i imunitet (Li i sur., 2010; Aliasgharzadeh i sur., 2015; Farhangi i sur., 2016). U istraživanju provedenom na 120 kineskih muškaraca s prekomjernom tjelesnom masom potvrđeni su korisni učinci ukupne konzumacije prehrambenih vlakana do 34 g/dan, u nekoliko manjih doza od 8 do 24 g/dan vlakana kroz period od 12 tjedana. Utvrđeno je poboljšanje simptoma metaboličkog sindroma, ublažavanje otpornosti na inzulin i smanjenje prekomjerne tjelesne mase (Li i sur., 2010; Aliasgharzadeh i sur., 2015).

Daljnja istraživanja pokušavaju preciznije objasniti utjecaj vlakana na osjećaj sitosti, a time i na tjelesnu masu, sastav tijela i unos energije, uz objašnjenje da vlakna uzeta za vrijeme doručka utječu na smanjenje koncentracije grelina tijekom kasnijih obroka, na primjer uz sljedeći obrok ručak, čak i uz niži energijski unos za doručak (Nazare i sur., 2011; Tian i sur., 2021).

Utvrđivanje nuspojava konzumacije prehrambenih vlakana je od iznimne važnosti za potvrdu blagodati na zdravlje čovjeka. U istraživanju provedenom na 12 zdravih muškaraca nisu zabilježene nikakve nuspojave pri uzimanju 50 g vlakana kroz tri dnevna obroka u 24 i 48 sati, odnosno nisu uočene nikakve probavne smetnje. Procjenjivani utjecaj na nadutost, povraćanje, bol u probavnom sustavu, dijareju te konzistenciju stolice nije pokazao razlike između kontrolne i eksperimentalne skupine (Marteau i sur., 2011). Dobru toleranciju ispitanika na konzumaciju prehrambenih vlakana pokazalo je i istraživanje na 43 ispitanika, koji su uzimali vlakna kroz 4 tjedna konzumacije vlakana, u količini 30 i 45 g/dan, bez nuspojava, a isto istraživanje sugerira i kako ta topljiva prehrambena vlakna imaju korisne učinke prebiotika (Pasman i sur., 2006).

S druge strane, istraživanje u kojem je sudjelovalo 10 ispitanika, a konzumirali su prehrambena vlakna kroz 7 dana, u količinama od 10, 30 i 60 g/dan, uz istraživanje na drugih 10 ispitanika koji su konzumirali 15, 45 i 80 g/dan, ukazuje da je ipak kod količina većih od 60 i 80 g/dan primijećena nadutost, no ne i dijareja ili povraćanje (Vermorel i sur., 2004; Guerin-Deremaux i sur., 2011).

Sljedeći faktor za ukupnu procjenu probiotičkog potencijala prehrambenih vlakana je procjena o količini fermentiranih topljivih vlakana u probavnom sustavu. Procjena o količini fermentiranih vlakana dobivenih iz pšenice provedena je u istraživanju na 30 ispitanika, u kojem je također određen efekt istog dekstrina pšenice analizom enzimske aktivnosti u feces. Ispitanici su konzumirali između 10 i 80 g/dan vlakana kroz 7 dana, a istraživanje pokazuje da

je kod najveće količine konzumiranih vlakana, 80 g/dan, ostatak nefermentiranih vlakana u debelom crijevu 13 %, te prema očekivanju, ovisi o promjeni količine suplementacije. Mala količina ostatka nefermentiranih vlakana u fecesu sugerira da se 87 % ili više posto vlakana probavlja ili fermentira u gastrointestinalnom traktu (Van den Heuvel i sur., 2005).

2.6. Utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportske performanse

Iako se probiotici dugo istražuju kao pozitivan faktor utjecaja na sportske performanse, prebiotici nisu uključeni u ista istraživanja. Potencijalni učinci dodatne konzumacije, prebiotika, odnosno topljivih prehrambenih vlakana, na povećanje sportske učinkovitosti nedovoljno su istraženi. Postoji tek jedna studija koja ukazuje na moguće pozitivne utjecaje kod sportaša. Dvadeset zdravih sveučilišnih sportaša su konzumirali 6 g/dan vlakana kroz period od 4 tjedna u istraživanju koje je kao rezultat imalo poboljšanje aerobnih i anaerobnih kapaciteta te različit utjecaj na biomarkere stresa iz sline (Sugiyama i sur., 2017). Istraživanje sugerira kako prehrambena vlakna kao prebiotik, mogu mijenjati crijevnu mikrobiotu koja ih koristi kao hranu, čime nastaju metaboliti poput masnih kiselina kratkog lanca s dokazanim pozitivnim efektima na metabolizam. Prehrambena vlakna tako postaju dostupan, dodatni izvor energije domaćinu, ali imaju i antistresni učinak te možda odgađaju osjećaj umora kod sportaša (Sugiyama i sur., 2017)

Istraživanja koja mogu utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na povećanje sportske učinkovitosti (poboljšanje kardiovaskularne i neuromuskularne izdržljivosti), te mogući utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na odgodu umora su vrlo važna u definiranju nutritivnih smjernica za sportaše.

2.7. Prehrambena vlakna u prerađenoj hrani

Organizacija za hranu i poljoprivredu Ujedinjenih naroda (FAO UN), predložila je NOVA sustav klasifikacije hrane koji dijeli hranu u četiri skupine na temelju vrste, opsega i svrhe industrijske prerade: neprocesirana ili minimalno procesirana hrana (UMPF), procesirani kulinarski sastojci (PCI), procesirana hrana (PF) i ultra procesirana hranu (UPF) (Monteiro et al., 2019). Jedna od najvećih zabrinutosti danas je sve veća konzumacija UPF-a, jer se vjeruje

da dovodi do neuravnotežene prehrane, razvoja pretilosti i kroničnih nezaraznih bolesti te može utjecati na sastav mikrobiote (Elizabeth i sur., 2020; Cuevas-Sierra et al., 2021; Marino i sur., 2021). Pod skupinom UPF uključene su formulacije sastojaka, većinom industrijski proizvedenih, u obliku proizvoda gotovih za konzumaciju, pripremljenih proizvoda i proizvoda spremnih za zagrijavanje (Monteiro et al., 2019). Osim toga, uključeni su sportska hrana, dodaci i proizvodi kojima su dodane hranjive tvari i fitokemikalije za obogaćivanje. Upravo ovu vrstu hrane sportaši konzumiraju najviše kako bi zadovoljili svoje dnevne prehrane potrebe i pospješili oporavak između aktivnosti (Schroder i sur., 2002; Sousa i sur., 2016; Calleja-González i sur., 2016; Esen i sur., 2022). Utjecaj prehrane na sportsku izvedbu dobro je poznat (Holway i Spriet, 2011; Thomas i sur., 2016). Iako sportaši tijekom sezone pokušavaju izbjegavati visokoenergetske namirnice siromašne mikronutrijentima, od kojih se većina nalazi u PF i UPF skupini, pokazalo se da posežu za tom hranom tijekom treninga ili nakon sezone što može dovesti do promjena u sastavu tijela i crijevnoj mikrobioti te pad atletske izvedbe (Jäger i sur., 2019; Marttinen i sur., 2020; Bongiovanni i sur., 2021; Eck & Byrd-Bredbenner, 2021).

S tim u vezi, jedan od mogućih dodatnih rezultata istraživanja, korištenim dijetetičkim metodama, bio je utvrditi udio prerađene hrane u prehrani vrhunskih košarkaša te uočiti koju vrstu prerađene hrane najviše konzumiraju. Osim toga, kako bi se utvrdilo postoji li razlika u antropometrijskim karakteristikama, neuromuskularnoj i kardiovaskularnoj kondiciji te crijevnoj mikrobioti između košarkaša u odnosu na udio dnevne energije iz prerađene hrane.

2.8. Određivanje unosa hrane i pića kod sportaša

Dijetetičke metode određivanja hrane i unosa pića se provode u različite svrhe, za istraživanje, za poboljšanje zdravlja ljudi pri procjeni različitih programa, za razvoj novih proizvoda itd. Dijetetičke metode mogu biti direktne i indirektne. Direktne metode uzimaju u obzir podatke o prehrani pojedinca dok indirektne koriste sekundarne podatke poput zalihe hrane ili izdatke za hranu kako bi se procijenila dostupnost hrane (Šatalić i Jirka Alebić, 2008). Od retrospektivnih dijetetičkih metoda koriste se 24-satno prisjećanje o unosu hrane i pića, upitnik o učestalosti konzumiranja hrane i pića (engl. Food frequency questionnaire, FFQ) i povijest prehrane. Te retrospektivne metode ovise o pamćenju pojedinca i njihovoj sposobnosti da se sjete svega konzumiranog za razliku od prospektivnih metode koje se provode u realnom vremenu i

uključuju duplikat dijetu, dnevnik prehrane i dnevnik prehrane uz vaganje. Prospektivne metode zahtijevaju veliku predanost i posvećenost ispitanika.

Prije odabira dijetetičke metode potrebno je definirati vrstu, dizajn i cilj istraživanja te razinu tehničkih i financijskih uvjeta. Primarni uvjet je da izabrana metoda ne izaziva preveliko opterećenje, ali da istovremeno osigurava pouzdane i točne informacije o prehrani pojedinca (Šatalić i Jirka Alebić, 2008).

Dnevnik prehrane kao jedna od dijetetičkih metoda za praćenje unosa hrane se provodi na način da ispitanik zapisuje količinu i vrstu konzumirane hrane neposredno prije ili nakon konzumacije. Zapisivanje se provodi uglavnom od 1 do 7 dana, a najčešće se provodi 3 dana od čega su dva kroz tjedan te jednom vikendom. Iskazivanje unosa hrane i pića u dnevnik prehrane može biti prema jedinici (npr. 1 breskva manje veličine, 1 čaša jogurta...) ili prema kućanskom posuđu (npr. 1 šalica mlijeka, 1 čajna žličica ulja...). Ipak je najpreciznije vaganje hrane i pića kuhinjskom vagom što zahtjeva veću suradnju samih ispitanika.

Važno je naglasiti da dnevnik prehrane ne ovisi o memoriji ispitanika jer u idealnim uvjetima ispitanik odmah zapisuje sve što je popio i pojeo. Ujedno dnevnik prehrane od više dana je vjerniji pokazatelj stvarnog unosa nego što je to metoda 24-satnog prisjećanja ili jednodnevni dnevnik prehrane (Thompson i Subar, 2017).

Nedostaci dnevnika prehrane su što zahtijeva pismenog i voljnog ispitanika s dosta vremena posvećenog zapisivanju prehrane, a također i napor za pažljivije praćenje svega što jede i pije. U manjem uzorku, odnosno s ograničenim brojem strogo kontroliranih ispitanika vjerojatnost točnog zapisivanja je veća. Ipak jedan takav ispitanik nije pravi primjer za populaciju. Čak i najmotiviraniji ispitanici nakon nekoliko dana mogu smanjiti količinu hrane i pića koje su konzumirali ili pojednostaviti recepte radi lakšeg zapisivanja namirnica. Zato dnevnik prehrane može prikazati značajno manji unos energije i nutrijenata (van Staveren i Ocke, 2006).

Dijetetička metoda bilježenja unesene hrane i pića je i 24-satno prisjećanje. Takvo prisjećanje ne mora nužno biti samo prijašnjeg dana već može biti i unazad 7 dana, ali tada dolazi do mogućnosti zaboravljanja neke hrane ili pića koja je bila konzumirana (Thompson i Subar, 2017). U metodi 24-satnog prisjećanja sam istraživač pomaže sudionicima zapisujući odgovore prema postavljenim pitanjima i predloženim veličinama porcija koje su pojeli ili popili. Metoda obuhvaća konzumiranje tijekom cijelog dana počevši od buđenja do odlaska na spavanje. Postavljanjem pitanja o provedenim aktivnostima toga dana pomaže da se ispitanici sjete nekih grickalica ili hrane i pića koja se mogu previdjeti, a često budu vezane uz takve aktivnosti, kao

npr. konzumacija grickalica uz druženje, učenje ili gledanje televizija (Lee i Nieman, 2012). Prednosti ove metode su što je jeftina, jednostavna i brzo se provodi (kroz 20 minuta), lako se dobivaju informacije o pojedenoj hrani uz bilježenje brendova hrane te se tako lako može provjeriti nutritivna deklaracija. Ovisi o kratkotrajnom pamćenju i vrlo je prihvaćena jer ne zahtijeva veliku predanost od strane ispitanika (Zimmerman i sur., 2009). Nedostaci su što ispitanici mogu promijeniti neke informacije ili zadržati za sebe određenu hranu i piće ili zbog loše memorije ili zbog neugodnosti jer im je cilj zadiviti ili udovoljiti osobe koje provode ispitivanje. Ispitanici mogu umanjiti količinu hrane ako su imali fazu prejedanja ili mogu smanjiti količinu alkohola koju su stvarno popili. Ujedno, ispitanici često kažu da su jeli više hrane neke poznate marke ili jeli skuplji i bolji komad mesa (Lee i Nieman, 2012). Hrana koja je pojedena, a ne bude zapisana je hrana koja nedostaje, dok onu koja je zapisana, a nije pojedena se zove fantomska hrana. Unos energije često bude i veći nego što je prijavljen jer se umaci, pića i dresinzi često zaborave ili njihov unos podcijeni (Lee i Nieman, 2012).

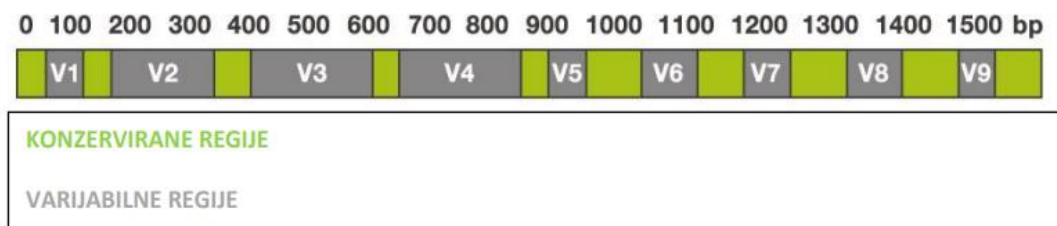
2.9. Analiza mikrobioma u identifikaciji mikroorganizama fecesa

Analiza mikrobioma podrazumijeva proučavanje mikrobnih zajednica pronađenih u simbiozi s čovjekom, dakle u i na ljudskom tijelu. Sve to dovodi do boljeg razumijevanja uloge mikroorganizama u bolesti i zdravlju, također i u drugim kategorijama poput sporta. Tradicionalne metode rasta i izolacije individualnih organizama nisu prikladne za analizu pojedinačnih uzoraka, te je razvijena nova generacija sekvenciranja. Nova generacija sekvenciranja predstavlja temeljni alat u brojnim projektima određivanja humanog mikrobioma poput Projekta humanog mikrobioma, upravo zbog svoje manje cijene i mogućnosti identificiranja i organizama koji se ne mogu kultivirati (HMP-Human Microbiome Project, 2016). Eksperimentalne metode koje spadaju u novu generaciju sekvenciranja uključuju i sekvenciranje 16S rRNA gena, metodu za identifikaciju i usporedbu bakterija prisutnih u uzorku, najčešće pomoću Illumina MiSeq uređaja za sekvenciranje.

2.9.1. Sekvenciranje gena za 16S rRNA

Za identifikaciju bakterijskih vrsta se kao bitan alat koriste molekularni markeri. To su fragmenti DNA sekvence povezane s genomom koji se koriste za identifikaciju određene DNA sekvence (Liu i sur., 2012). Smješteni su i u kodirajućim i u ne kodirajućim regijama DNA, te imaju nekoliko karakteristika - (a) sadrži „housekeeping“ gene, to su geni čiji produkti nemaju ulogu u složenim metaboličkim putevima (Boto, 2009), a čine većinu prisutnih gena u svim bakterijskim vrstama, (b) visok stupanj polimorfizma im omogućava razlikovanje među bakterijskim vrstama i (c) markeri su konzervirani u pojedinim regijama što olakšava dizajniranje potrebnih početnica za PCR metodu. Molekularnih markera postoji više vrsta (geni 16S rRNA, 23S rRNA, rpoB, gyrB, dnaK i drugi), a dokazano je da su kombinacijom više markera mogući pouzdaniji rezultati klasifikacije bakterija (Roux i sur., 2011). Ipak, za sada je učestalija upotreba samo jednog markera u analizama.

S obzirom na to da je upotreba jednog markera učestalija, od svih molekularnih markera, najviše se koristi 16S rRNA gen kao marker. Najčešće se koristi kod identifikacije rodova i vrsta bakterija koje se ne mogu identificirati prema biokemijskom profilu, kod sojeva koji se ne mogu identificirati uobičajenim postupcima, ili za identifikaciju vrsta koje se rijetko povezuje sa zaraznim bolestima u ljudi, a prednosti su mu prisutnost u gotovo svim bakterijama, nepromjenjivost njegove funkcije tijekom vremena i dostatna veličina za informatičke potrebe (Janda i Abbott, 2007). Sekvenca 16S rRNA gena duga je otprilike 1.5 kb, sadrži konzervirane i varijabilne regije što je prikazano i na Slici 2 (Alimetrics, 2016).



Slika 2. Prikaz 16S rRNA gena sa konzerviranim i varijabilnim regijama. Bakterijski gen za 16S ribosomalnu RNA sadrži devet hipervarijabilnih regija: V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8 i V9.

Sekvence DNA postale su glavni izvor novih informacija u području evolucije i razumijevanja genetičkih poveznica, a glavna ideja teorije „barkodova“ je da kratka standardna sekvenca može razlikovati individue vrste jer je genetička različitost među vrstama veća od one unutar vrsta (Hajibabaei i sur., 2007). Napredak modernih tehnologija u području sekvenciranja učinio je

korištenje „barkodova“ točnijim, bržim i pouzdanijim (Purty i Chatterjee, 2016). Dakle, DNA „barkod“ je jedna ili više relativno kratkih sekvenci gena (500 – 1000 pb) prisutnih u genomu, dovoljno jedinstvena za identifikaciju vrste.

Bakterijski 16S rRNA gen opisan je kao bitan marker u ljudskim kliničkim uzorcima jer je konzerviran u bakterijama i upravo se zato može koristiti kao DNA „barkod“ za različite vrste (Clarridge, 2004). Postupak identifikacije s pomoću „barkoda“ predstavlja pronalaženje željenog dijela genoma preko usporedbe s knjižnicom referentnih „barkodova“, dobivenih od poznatih vrsta. Identifikacija je omogućena u slučaju poklapanja uzorka s nekom od sekvenci u knjižnici. U suprotnom, taj „barkod“ predstavlja novi slijed za određenu vrstu.

2.9.2. Sekvencioniranje pomoću Illumina MiSeq uređaja

Sekvenciranje i analiza 16S rRNA gena pomoću Illumine MiSeq uređaja slijedi određeni protokol. Protokol uključuje (a) ekstrakciju DNA, (b) odabir početnica s obzirom na varijabilne regije, (c) pripremu knjižnice, odnosno umnožavanje varijabilnih regija pomoću PCR-a, (d) sekvenciranje pomoću samog MiSeq uređaja i (e) interpretaciju dobivenih rezultata pomoću QIIME programa (Illumina, 2016; Kuczynski i sur., 2012). Illumina tehnologija sekvenciranja koristi se za brza i precizna sekvenciranja, te omogućava široku primjenu (Illumina, 2010).

3. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

U modernom sportu je općeprihvaćen savjet o izostavljanju topljivih prehrambenih vlakana iz prehrane vrhunskih sportaša, jedan dan prije i na dan natjecanja. Razlog izostavljanja su moguće gastrointestinalne smetnje kao nuspojave konzumacije. No time se zanemaruju mogući benefiti prehrambenih topljivih vlakana na sportske performanse, vjerojatno iz razloga slabe istraženosti te teme.

Stoga je primarni cilj istraživanja utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na povećanje sportske učinkovitosti (poboljšanje aerobne i anaerobne izdržljivosti te eksplozivne snage), dok je sekundarni cilj utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na odgodu umora kod vrhunskih košarkaša tijekom natjecateljskog perioda.

Shodno navedenim ciljevima postavljene su sljedeće hipoteze:

H1: Konzumacijom topljivih vlakana postoje značajne razlike u povećanju aerobne i anaerobne izdržljivosti eksperimentalne skupine prema kontrolnoj skupini u finalnom mjerenju.

H2: Konzumacijom topljivih vlakana postoje značajne razlike u povećanju eksplozivne snage eksperimentalne skupine prema kontrolnoj skupini u finalnom mjerenju.

H3: Konzumacijom topljivih vlakana postoje značajne razlike u subjektivnom osjećaju odgode umora tijekom natjecateljske sezone između eksperimentalne skupine prema kontrolnoj skupini.

4. ISPITANICI, MATERIJALI I METODE

4.1. Dizajn istraživanja

Istraživanje je poduprla Hrvatska zaklada za znanost u okviru istraživačkog projekta „Istraživanje ravnoteže crijevnog mikrobioma“ (potpora HRZZ_IP_06_2016_3509). Protokol istraživanja osmišljen je i proveden u skladu s Helsinškom deklaracijom, a istraživanje je odobrilo Etičko povjerenstvo Medicinskog fakulteta u Zagrebu, klasa: 641-01/21-02/01, Ur. Broj: 380-59-10106-21-111/108. Istraživanje su također odobrili i Etičko povjerenstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta u Zagrebu, 251-69-11-21-7, te Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, 4/2021.

Istraživanje je navedeno u ClinicalTrials.gov, javnoj bazi podataka Nacionalne medicinske knjižnice SAD-a pod sljedećim identifikatorom: NCT05726435. Svi prateći materijali dostupni su i na: www.ftb.com.hr. pod naslovom: “Protokolni zapisnik Sveučilišta u Zagrebu IP-2016-06-3509, Učinci topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost i odgodu umora kod vrhunskih košarkaša”.

Dizajn istraživanja je dvostruko slijepa studija gdje je neovisnom statističaru povjerena randomizacija ispitanika u dvije skupine, eksperimentalnu i kontrolnu. Neovisni statističar nije imao doticaja s ispitanicima niti ih je poznao, podijelio je ispitanike u dvije grupe i dodijelio im brojeve te nasumičnim izvlačenjem svakom broju dodijelio suplement označen drugim brojem (vlakna ili kontrolu). Suplemente je prethodno također nasumično označio brojem. Suplementi su bili upakirani u jednaku neprozirnu plastičnu ambalažu. Topljiva vlakna i kontrolni suplement su jednake teksture i okusa te ih nije moguće identificirati prilikom spravljanja napitka, a napitak je spravljan prema označenim brojevima.

Istraživanje je trajalo ukupno 4 tjedna, tijekom kojih su i eksperimentalna i kontrolna skupina uzimala za njih predviđenu suplementaciju.

Nakon ispunjavanja trodnevnog dnevnika prehrane, započeta su inicijalna mjerenja morfoloških obilježja ispitanika, a zatim su testovima procjenjeni živčano-mišićna izdržljivost odnosno eksplozivna snaga, te srčano-dišna izdržljivost kao aerobni i anaerobni kapaciteti. Nakon toga su provedena navedena 4 tjedna suplementacije vlaknima za eksperimentalnu skupinu i određenom drugom suplementacijom za kontrolnu grupu. Suplementacija je provedena tijekom natjecateljskog dijela sezone, a nakon ta 4 tjedna, završetkom suplementacije, pristupilo se finalnim mjerenjima morfoloških obilježja i testiranjima eksplozivne snage te aerobnih i anaerobnih kapaciteta. Nakon svakog treninga, jutarnjeg i

večernjeg, kao i nakon svake utakmice, ispitanici su ispunjavali upitnik o subjektivnom osjećaju umora na RPE ljestvici.

4.2. Ispitanici

Osamnaest mladih, muških, zdravih, punoljetnih profesionalnih košarkaša iz istog košarkaškog tima je sudjelovalo u istraživanju. Prosječna dob im je bila $18,44 \pm 0,70$ godina, prosječna visina $193,6 \pm 6,35$ cm, a prosječna težina $85,28 \pm 7,65$ kg. Sudionici koji su koristili antibiotike u zadnja 3 mjeseca su isključeni iz istraživanja kao i sudionici s dijabetesom tipa 1 i 2, te sudionici koji su koristili druge ergogene agense kroz zadnjih 30 dana prije početka studije. Sudionicima je savjetovano da ne mijenjaju svoje prehrambene navike i obrasce dva tjedna prije, kao ni tijekom istraživanja. Ispitanicima je savjetovano da tijekom istraživanja ne uzimaju nikakve dodatke prehrani, kao ni ergogene agense jer će time biti isključeni iz istraživanja. Budući da su i kontrolna i eksperimentalna skupina imale istu prosječnu tjelesnu masu kao i visinu, šanse da antropometrijski parametri utječu na rezultate bile su u najboljem slučaju vrlo ograničene. Među sudionicima je bilo 7 bivših ili sadašnjih hrvatskih reprezentativaca, u dvije dobne skupine, juniori i seniori, a glavni trener je imao FIBA licencu (licencu internacionalne košarkaške organizacije - International Basketball Federation).

Uzorak ispitanika je slučajnim odabirom podijeljen u dvije skupine: eksperimentalna skupina koja je konzumirala testirana vlakna te kontrolna skupina koja je konzumirala placebo. Sudionici su dali pisani pristanak za sudjelovanje u istraživanju. Informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju se nalazi u prilogima (Prilog 1).

Korištenjem softvera G-Power (verzija 3.1.9.2; Sveučilište Heinrich Heine Dusseldorf, Dusseldorf, Njemačka) procijenjeno je da bi 18 ispitanika pružilo odgovarajuću veličinu uzorka za razlike u uparenim uzorcima čime je osigurana adekvatna snaga istraživanja.

4.2.1. Režim treninga i natjecanja

Sudionici su odbrani kao košarkaši iz jednog tima, bez mogućnosti promjene sudionika trenažnog procesa ili dodavanja zasebnih, individualnih treninga tijekom natjecateljske sezone unutar perioda istraživanja, kako bi se eliminirala pristranost, te kako bi se uklonili vanjski

čimbenici koji bi mogli utjecati na tijek i pravilnost istraživanja. Svi sudionici su u dotadašnjem dijelu sezone uredno trenirali, te za vrijeme intervencije također radili i jutarnji i popodnevni trening. Jutarnji treninzi sastojali su se od kondicijskih treninga u teretani, i košarkaških individualnih treninga s loptom u sportskoj dvorani, u trajanju od 60-90 minuta (ponedjeljak, utorak, četvrtak i petak), dok su se večernji treninzi sastojali od timskog rada na terenu u sportskoj dvorani, ponedjeljak, utorak i srijeda u trajanju od 90 do 120 minuta, a četvrtak i petak u trajanju od 80 do 90 minuta. Pregled režima treninga sažet je u Tablici 2.

Tablica 2. Tjedni raspored treninga

DAN	Ponedjeljak	Utorak	Srijeda	Četvrtak	Petak	Subota	Nedjelja
	Vrijeme	Vrijeme	Vrijeme	Vrijeme	Vrijeme	Vrijeme	Vrijeme
Prvi trening	9.00-10.30	9.00-10.30	-	9.00-10.00	9.00-10.00	-	-
Drugi trening	18.00-20.00	18.00-20.00	18.00-19.30	18.00-19.30	18.00-19.20	Utakmica	-

Intervencija dodavanja vlakana je provedena tijekom natjecateljske sezone, točnije u drugoj polovici natjecateljske sezone, kako bi se ograničila mogućnost poboljšanja aerobnih i anaerobnih performansi s promjenama volumena treninga kao u prednatjecateljskom periodu sezone ili u periodu mikrociklusa tijekom kratke zimske stanke u prvenstvu. Svake subote bila je jedna službena prvenstvena utakmica, a nedjelja je bila slobodan dan. Ako je neki sudionik morao preskočiti neki od navedenih treninga, to je trebalo zamijeniti dodatnim treningom tijekom nedjelje, u istom obimu i opterećenju kao i za preskočeni trening. Opterećenje treninga bilo je veće početkom tjedna i ovo opterećenje se postupno smanjivalo prije svake subotnje utakmice.

U četiri višestrana mezociklusa od kojih je svaki bio po 7 trenažnih dana (računajući i dan odmora) provelo se 9 ili 10 treninga i odigrala 1 utakmica. Intenzitet je, prema procjeni trenera, bio konstantan kao i u dotadašnjem dijelu sezone, prilagođen natjecateljskom periodu i u prosjeku je bio 80 % od maksimalnog. Tjedni način rada kroz mezociklus od 9 treninga koji je prethodio utakmici je prikazan u Tablici 3. Sva četiri tjedna su imala jednak raspored treninga i trenažnog opterećenja, te se mezociklus ponavljao točno četiri puta.

Tablica 3. Mezociklus trenažnog procesa od 9 treninga tjedno.

DAN	Ponedjeljak	Utorak	Srijeda	Četvrtak	Petak
	Sadržaj treninga	Sadržaj treninga	Sadržaj treninga	Sadržaj treninga	Sadržaj treninga
Prvi trening	<p>10' ergometar veslanje;</p> <p>10' vježbe pokretljivosti i rastezljivosti;</p> <p>35' jedna grupa dvorana, individualni trening, druga grupa teretana-eksplozivna snaga;</p> <p>35' zamjena grupa;</p> <p>10' istezanje</p>	<p>10' vijača;</p> <p>10' vježbe pokretljivosti i rastezljivosti;</p> <p>35' jedna grupa dvorana, individualni trening, druga grupa teretana-bazična snaga;</p> <p>35' zamjena grupa;</p> <p>10' istezanje</p>	slobodno	<p>10' zagrijavanje s loptom;</p> <p>25' jedna grupa dvorana individualni trening, druga grupa teretana-agilnost;</p> <p>25' zamjena grupa;</p>	<p>10' zagrijavanje igra bez vođenja;</p> <p>20' šuterski trening pod opterećenjem;</p> <p>20' relaksacijski šuterski trening;</p>
Drugi trening	<p>15' igra bez lopte;</p> <p>5' vježbe pokretljivosti i rastezljivosti;</p> <p>15' obrambeni zadaci kroz igru 1:1;</p> <p>15' otvaranje kontranapada 2:2 i 3:3, poslije zagrađivanja;</p> <p>5' slobodna bacanja;</p> <p>15' igra 4:4 nakon hendikep situacija sa zadacima, bez pick&rolla</p> <p>15' igra 4:4 bez pick&rolla, obrambeni zadaci;</p> <p>5' šut pod pritiskom;</p> <p>20' igra 4:4 s pick&rollom;</p> <p>10' relaksacijski šut i istezanje</p>	<p>15' dinamički stretching;</p> <p>15' obrambeni zadaci kroz igru 2:2;</p> <p>15' otvaranje kontranapada 3:3 i 4:4, poslije zagrađivanja;</p> <p>5' slobodna bacanja;</p> <p>15' igra 4:4 nakon hendikep situacija sa zadacima, bez pick&rolla;</p> <p>15' igra 4:4 bez pick&rolla, obrambeni zadaci;</p> <p>5' šut pod pritiskom;</p> <p>20' igra 4:4 s pick&rollom;</p> <p>15' relaksacijski šut i istezanje</p>	<p>10' igra s jednim vođenjem</p> <p>5' vježbe pokretljivosti i rastezljivosti;</p> <p>15' obrana pick&roll u situacijama 3:3;</p> <p>15' specifične agresivne obrane cijeli teren i pola terena;</p> <p>15' napadačke akcije kroz specifične izlaze 4:4;</p> <p>15' napadačke akcije 5:5;</p> <p>10' igra 5:5 do 11;</p> <p>5' slobodna bacanja</p>	<p>15' dinamički stretching;</p> <p>10' tonizacija obrambenih kretnji;</p> <p>15' igra 4:4 s agresivnom obranom preko cijelog terena;</p> <p>5' slobodna bacanja;</p> <p>15' napadačke kretnje protivničkog tima;</p> <p>10' specifične obrane protivničkog tima;</p> <p>15' prilagodba napada na protivničku obranu;</p> <p>5' natjecanje u šutu</p>	<p>15' igra bez vođenja;</p> <p>5' vježbe pokretljivosti i rastezljivosti i slobodna bacanja;</p> <p>15' otvaranje kontranapada 3:3 i 4:4;</p> <p>10' priprema napada 1 i 2 za utakmicu;</p> <p>15' priprema specijala za utakmicu;</p> <p>15' igra 5:5 sa zadacima;</p> <p>5' slobodna bacanja i istezanje;</p>

4.2.2. Covid-19 protokol

Budući da se tijekom razdoblja istraživanja provodio režim Covid-19, bilo je lakše kontrolirati ponašanje sudionika na terenu i izvan terena. Svakodnevno je mjerena temperatura prije treninga, ispitivani simptomi bolesti i provođena dezinfekcija ruku. Nijedan sudionik nije morao biti isključen zbog infekcije Covid-19. Natjecanje je također provedeno pod strogim Covid-19 protokolom. Zabranjen je ulazak gledatelja, rukovanje prije početka natjecanja je isključeno, mjerenje temperature tijela i dezinfekcija ruku su bili obavezni.

4.3. Dijetetičke metode

Dijetetičke metode su korištene u svrhu kontrole prehrambenih navika i unosa vlakana prije početka testiranja te u svrhu kontrole zadržavanja prehrambenih navika i izračuna unosa vlakana tijekom intervencije. Od metoda su korišteni dnevnik prehrane (trodnevni), a kao nenajavljena kontrola dnevnog unosa hrane jednom tjedno korišteno je 24-satno prisjećanje unosa hrane i pića. Trodnevni dnevnik prehrane je omogućio je procjenu kakvoće prehrane odnosno dnevnog unosa prehrambenih vlakana neposredno prije početka testiranja, a nenajavljeno prisjećanje dnevnog unosa hrane je bio dokaz o nepromijenjenim prehrambenim navikama tijekom istraživanja te je pokazala unos vlakana tijekom eksperimenta. Svi prikupljeni dijetetički podaci su obrađeni pomoću hrvatskih prehrambenih tablica (Kaić-Rak i Antonić, 1990) uz nadopunu američkim tablicama za sve namirnice čiji kemijski sastav nije dostupan u nacionalnim tablicama (USDA, 2011). Za neke prehrambene proizvode specifične za naše tržište preuzete su vrijednosti o količini vlakana s nutritivnih deklaracija proizvoda.

4.3.1. Dnevnik prehrane

Trodnevni dnevnicima iskorišteni su za bilježenje prehrane sudionika prije početka suplementacije. Svi ispitanici su dobili obrasce za vođenje dnevnika prehrane. Ispitanici su tijekom tri uzastopna dana, prema uputama, evidentirali u dnevnik prehrane svoj prehrambeni unos (2 dana u tjednu i 1 dan vikenda). Vođenje dnevnika prehrane je provedeno u dva dana prije vikenda (četvrtak i petak) i prvi dan vikenda (subota), a završilo je dan prije inicijalnog

mjerenje antropometrije i motoričkih testova (nedjelja), te dva dana prije početka eksperimenta i suplementacije prehranbenim topljivim vlaknima (ponedjeljak).

Detaljne upute o vođenju dnevnika prehrane i mjerenju unosa hrane dobili su pismeno i usmeno kroz dva sastanka s voditeljem istraživanja. Svu konzumiranu hranu i piće trebali su izvagati ili prijaviti u kuhinjskim mjerama ako nije bilo načina da se hrana izvaže. Procjena koristeći posuđe i porcije se pokazala dovoljno učinkovitom prilikom istraživanja, jer postoji mogućnost da vaganje hrane nekim ispitanicima može biti naporno (Lee i Nieman, 2012).

Osim količine hrane u dnevniku prehrane ispitanici su morali navesti vrijeme konzumacije, vrstu obroka i termičku obradu jela. U slučaju gotovih jela ispitanici su također uz masu hrane trebali navesti proizvođača. Ergogeni dodaci prehrani su bili isključujući za ispitanika i sudjelovanje u istraživanju, a ispitanicima je savjetovano da ne konzumiraju niti druge dodatke prehrani. U slučaju da je neki ispitanik konzumirao neergogene dodatke prehrani na dnevnoj bazi kroz duži period, što je zabilježeno u dnevniku prehrane, morao je prijaviti i proizvođača.

Nakon što su dnevnici predani detaljno su pregledani kako bi utvrdili moguće nejasnoće sportaša oko unosa podataka. Nejasnoća nije bilo pošto su ispitanici imali mogućnost kontaktiranja voditelja istraživanja na dnevnoj bazi oko unosa podataka. Jedan trodnevni dnevnik prehrane je izostavljen iz obrade zbog nepotpunog unosa, pošto je ispitanik naknadno dojavio da je zaboravio unijeti tekućinu u koju spada unos mlijeka i izotonika tijekom trenažnog procesa. Dnevni unos vlakana ispitanika iz tog dnevnika, kao i iz kontrole tijekom intervencije je jasno vidljiv pošto navedena tekućina ne sadrži prehrambena vlakna.

Dakle, procjena unosa energije i makronutrijenata izražena je kao prosječna vrijednost unosa zabilježenog tijekom tri dana dnevnika prehrane, a zastupljenost namirnica obzirom na stupanj procesiranja procijenjen je na isti način. Rezultati su izraženi kao srednja vrijednost podataka o potrošnji za 3 dana.

Unos energije i makronutrijenata analiziran je programom Prehrana (Infosistem d.d, Zagreb, Hrvatska) na temelju hrvatskih tablica sastava hrane (Kaić-Rak i Antičić, 1990.). Za proizvode koji nisu bili uključeni u tablice sastava hrane, softver je dopunjen energijskim i nutritivnim sastavom iz nutritivnih informacija na etiketama proizvoda.

Sva hrana i pića navedeni u evidenciji prehrane podijeljeni su u podskupine unutar četiri skupine prema NOVA sustavu klasifikacije hrane (Monteiro et al., 2019.). Četiri grupe su: neprocesirana ili minimalno procesirana hrana (UMPF), procesirani kulinarski sastojci (PCI),

procesirana hrana (PF) i visoko procesirana ili ultra procesirana hrana (UPF). Grupa neprocesirane (ili neprerađene) i minimalno procesirane (ili minimalno prerađene) hrane (UMPF) sastojala se od sedam podskupina hrane koje su uključivale prirodne jestive dijelove biljaka i životinja, jaja, gljive, alge, pitku vodu, svježe ili pasteurizirano mlijeko, jogurt i drugu minimalno procesiranu hranu. Skupina procesiranih (ili prerađenih) kulinarskih sastojaka (PCI) podijeljena je u četiri podskupine koje uključuju sol, mast, maslac, biljna ulja, šećer, melasu, med i škrob. Skupina procesirane (ili prerađene) hrane (PF) sastojala se od pet podskupina i uključivala je proizvode dobivene dodatkom sastojaka iz 2. skupine te proizvode konzervirane bezalkoholnom fermentacijom, konzerviranjem i punjenjem u boce. Deset podskupina pripadalo je skupini ultra procesirane (ili ultra prerađene) hrane (UPF), koja je uključivala formulacije sastojaka koji su uglavnom industrijski, proizvedeni nizom industrijskih procesa. Ova skupina uključuje proizvode gotove za konzumaciju, prethodno pripremljene proizvode i proizvode gotove za zagrijavanje. Relativni energetske unos skupina i podskupina izračunat je kao postotak ukupnog dnevnog energetske unosa za svakog igrača .

Dnevnik prehrane u formi spremnoj za ispunjavanje nalazi se u prilogu (Prilog 2).

4.3.2. 24-satno prisjećanje unosa hrane i pića

Tijekom četiri tjedna suplementacije vlaknima prikupljeni su 24-satno prisjećanje unosa hrane i pića u tri navrata za svakog ispitanika. Prvo prikupljanje je bilo između devetog i jedanaestog dana od završetka vođenja dnevnika prehrane, drugo i treće prikupljanje tijekom predzadnjeg i zadnjeg tjedna intervencije u vremenskim rokovima od po tri dana. Prikupljanje 24-satnog prisjećanja unosa hrane i pića nije bilo isti dan za sve ispitanike.

Prvo prikupljanje je bilo početkom drugog tjedna suplementacije vlaknima u dane od ponedjeljka do srijede za vrijeme dijela trenažnog procesa jačeg intenziteta, dok su drugo i treće prikupljanje podataka bili krajem tjedna prije utakmice, kad je bio predviđen dio trenažnog procesa manjeg intenziteta. Podaci su prikupljeni prije jutarnjeg treninga za prethodni dan, u vidu intervjua licem u lice. Pošto su ispitanici imali iskustva s vođenjem dnevnika prehrane količine su se izražavale kroz kuhinjsko posuđe, uz pomoć sa slikama namirnica u kuhinjskom posuđu i njihovim težinama. Ako su sami pripremali hranu zabilježene su i recepture, a u slučaju gotovih namirnica i obroka zabilježeni su proizvođači.

24-satno prisjećanje je prikupljeno na obrascu koji se nalazi u prilogu, u formi spremnoj za ispunjavanje (Prilog 3).

4.4. Morfološka obilježja ispitanika

Kao varijable za procjenu morfoloških karakteristika mjerili smo visinu tijela, masu tijela, kožni nabor nadlaktice, kožni nabor na leđima, kožni nabor na prsima, kožni nabor trbuha 1., kožni nabor suprailiokristalno, kožni nabor natkoljenice, kožni nabor aksilarni, čime smo dobili postotak masti izračunat putem algoritma sedam kožnih nabora. Sve morfološke mjere mjerene su jedanput, osim kožnih nabora, koji su mjereni tri puta u nizu. Srednja vrijednost izmjerenih kožnih nabora svake točke, koristila se u daljnjim analizama.

Antropometrijske varijable su izabrane u skladu s modelom strukture morfološkog statusa. Varijabilitet i kovarijabilitet morfoloških varijabli ovisi o četiri latentne morfološke dimenzije: longitudinalne dimenzionalnosti skeleta (LDS), transverzalne dimenzionalnosti skeleta (TDS), volumena i mase tijela (VMT) te potkožno masno tkivo (PMT) (Momirović, 1969).

Mjerenje morfoloških obilježja provedeno je u suradnji sa Sportskim dijagnostičkim centrom Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

4.4.1. Tjelesna visina

Visina tijela – mjeri se antropometrom s preciznošću $\pm 0,1$ cm (Harpندن Anthropometer, UK). Ispitanik stoji na ravnoj podlozi, s težinom jednako raspoređenom na obje noge. Ramena su relaksirana, pete skupljene, a glava postavljena u položaj tzv. frankfurtske horizontale, što znači da je zamišljena linija koja spaja donji rub lijeve orbite i tragu heliksa lijevog uha u vodoravnom položaju. Vodoravni krak antropometra spušta se do tjemena glave (točka vertex) tako da pranja čvrsto, ali bez pritiska. Mjerenje je rađeno samo jedanput, prije suplementacije.

4.4.2. Tjelesna masa

Tjelesna masa je izmjerena na oktopolarnoj vagi (OMRON BF-511, OMRON Healthcare Europe, Nizozemska) preciznošću $\pm 0,1$ kg. Ispitanik stoji na vagi s minimalnom količinom odjeće. Mjerenje je rađeno dva puta, prije suplementacije i nakon supementacije.

4.4.3. Udio masnog tkiva

Ova antropometrijska mjerenja obavljena su dva puta – prije i nakon intervencije suplementacije. Za procjenu postotka masnog tkiva korišteno je mjerenje sedam kožnih nabora: kožni nabor nadlaktice, kožni nabor na leđima, kožni nabor na prsima, kožni nabor trbuha 1., kožni nabor suprailiokristalno, kožni nabor natkoljenice, kožni nabor aksilarni, a postotak masti izračunat je iz tih sedam kožnih nabora pomoću algoritma (Jackson i Pollock, 1978). Mjerali smo i kožni nabor bicepsa te potkoljenice kako bi kompletirali sve varijable za jednadžbu s devet kožnih nabora, kako bi je imali za zamjensku metodu određivanja postotka masnog tkiva. Za mjerenje kožnih nabora korišten je kaliper s preciznošću od $\pm 0,2$ mm (Harpenden Skinfold Caliper, UK). Na Slici 3 prikazano je mjerenje jednog kožnog nabora.



Slika 3. Mjerenje kožnog nabora bicepsa

Za procjenu postotka tjelesne masti korištena je opća jednadžba gustoće tijela (ρ) za muškarce (Jackson i Pollock, 1978):

$$\rho = 1,11200000 - 0,00043499 * (X1) + 0,00000055 * (X1)^2 - 0,00028826 * (X2) \quad /1/$$

gdje je ρ gustoća tijela, X1 je zbroj sedam kožnih nabora i X2 je dob u godinama. Određena tjelesna gustoća (ρ) korištena je za procjenu udjela masnog tkiva Brozekovom formulom (Brozek i sur., 1963):

$$\text{Tjelesna mast} = ((4,57/\rho) - 4,142) * 100 \quad /2/$$

U Tablici 4 navedeni su testovi kožnih nabora za potrebne jednadžbe izračuna tjelesne mase.

Tablica 4. Testovi mjerenja kožnih nabora za određivanje postotka masnog tkiva

Redni broj	ID testa	Naziv testa	Mjerna jedinica
1.	ANNAD	Kožni nabor nadlaktice	mm
2.	ANL	Kožni nabor na leđima	mm
3.	ANP	Kožni nabor na prsima	mm
4.	ANT	Kožni nabor trbuh 1.	mm
5.	ANSIL	Kožni nabor suprailiokristalno	mm
6.	ANNAT	Kožni nabor natkoljenice	mm
7.	ANAKS	Kožni nabor aksilarni	mm

4.4.3.1. Kožni nabor nadlaktice (tricepsa)

Kožni nabor nadlaktice (tricepsa) mjeri se kaliperom na dorzalnoj strani nadlaktice. Prilikom mjerenja kožnog nabora nadlaktice ispitanik stoji mirno, rukama opuštenim uz tijelo. Oko 1 cm

iznad mjesta mjerenja (sredina nadlaktice) podigne se koža i pločice na kracima kalipera prislonu na označenom mjestu otprilike 1 cm ispod ruba nabora.

Nabor kože treba ići u kranio-kaudalnom smjeru. Vrijednosti se očitavaju odmah (2 s) nakon postavljanja uređaja. Dobivene se vrijednosti prikazuju u mm uz jednu decimalu.

4.4.3.2. Kožni nabor leđa (supskapularni)

Kožni nabor leđa (supskapularni) se mjeri kaliperom ispod donjeg ruba lijeve lopatice. Prilikom mjerenja kožnog nabora nadlaktice ispitanik stoji mirno, rukama opuštenim uz tijelo, relaksiranih ramena. Kažiprstom i palcem lijeve ruke mjerilac odigne uzdužni nabor neposredno ispod vrha lijeve lopatice. Nabor treba biti vertikalni ili pod laganim kutom prema osovini lopatice, te se prihvati vrhovima kalipera i očita. Mjerenje se provodi triput u nizu s mjerenjem ostalih kožnih nabora.

4.4.3.3. Kožni nabor na prsima

Kožni nabor na prsima mjeri se kaliperom. Ispitanik stoji relaksiranih ramena. Kažiprstom i palcem lijeve ruke odigne se uzdužni nabor iznad desetog rebra u mamilarnoj ravnini i prihvati krakovima kalipera. Rezultat se očita. Mjerenje se provodi triput u nizu s mjerenjem ostalih kožnih nabora.

4.4.3.4. Kožni nabor trbuha 1.

Kožni nabor trbuha mjeri se kaliperom 1 cm iznad i 2 cm medijalno od koštane izbočine – spina iliaca anterior superior. Ispitanik stoji opušteno. Lijevom rukom mjerilac odigne poprečni kožni nabor u visini umbilikusa i 2 cm lateralno od njega, prihvati ga vrhovima kalipera i očita se rezultat. Mjerenje se provodi tri puta u nizu s mjerenjem drugih kožnih nabora.

4.4.3.5. Suprailiokristalni kožni nabor

Suprailiokristalni kožni nabor mjeri se kaliperom. Ispitanik stoji relaksiranih ramena. Kažiprstom i palcem lijeve ruke odigne se uzdužni nabor na mjestu koje se nalazi 1 cm iznad i 2 cm medijalno od koštane izbočine zdjelice (spina iliaca superior anterior) i prihvati krakovima kalipera. Rezultat se očita. Mjerenje se provodi tri puta u nizu uzimanja ostalih kožnih nabora.

4.4.3.6. Kožni nabor natkoljenice

Kožni nabor natkoljenice mjeri se kaliperom. Ispitanik sjedi na rubu stolice sa potpuno ispruženom i potpuno relaksiranom desnom nogom. Uzima se uzdužni nabor u području najšireg dijela gornje trećine natkoljenice s prednje strane noge. Mjerenje se provodi tri puta u nizu.

4.4.3.7. Aksilarni kožni nabor

Aksilarni kožni nabor mjeri se kaliperom. Ispitanik stoji opuštenu. Kažiprstom i palcem lijeve ruke odigne se uzdužni nabor kože na sredini aksilarne jame i prihvati krakovima kalipera. Rezultat se očita. Mjerenje se provodi tri puta u nizu uzimanja ostalih kožnih nabora.

4.4.3.8. Kožni nabor bicepsa

Kožni nabor bicepsa mjeri se kaliperom. Ispitanik mirno stoji, relaksiranih ramea i ima opruženu ruku. Mjeritelj lijevom rukom s kažiprstom i palcem hvata nabor na mjestu gdje se vrši i opseg bicepsa. Rezultat se očita. Mjerenje se provodi tri puta u nizu uzimanja ostalih kožnih nabora. Mjerenje smo proveli kao rezervnu varijablu.

4.4.3.9. Kožni nabor potkoljenice

Kožni nabor potkoljenice mjeri se kaliperom. Ispitanik sjedi da mu je noga flektirana u koljenu pod pravim kutom, a stopalo položeno na ravnu podlogu. Lijevom rukom mjerilac odigne uzdužni nabor kože na unutrašnjoj strani potkoljenice na najširem mjestu, tamo gdje se mjeri opseg potkoljenice i prihvati taj nabor vrhovima kalipera. Mjerenje se provodi tri puta u nizu s mjerenjima ostalih kožnih nabora. Mjerenje smo proveli kao rezervnu varijablu.

4.5. Živčano-mišićni sustav

Kod procjene sportske učinkovitosti sportaša naglasak je stavljen na eksplozivnu snagu donjih ekstremiteta (koncentrične i ekscentrične kontrakcije).

Koristili smo testove za procjenu eksplozivne snage tipa sprinta (5 m sprint - EP052, 10 m sprint - EP102 i 20 m sprint - EP20M) sa sustavom Powertimer Newtest (Oulu, Finska) i eksplozivne snage vertikalnog tipa (SJ - skok bez pripreme iz čučnja, CMJ - skok s pripremom, CMJLF i CMJRF - jednonožni skok s pripremom, VJMAX – maksimalni skok s pripremom uz zamah rukama, RJ15S - ponavljajući skokovi s pripremom, te RJ5RF - pet ponavljajućih skokova iz stopala) sustavom Optojump (Microgate, Bolzano, Italija).

4.5.1. Testovi za procjenu eksplozivne snage tipa sprint

Glavni razlog procjene eksplozivne snage tipa sprint je što tijekom utakmice igrači sprintaju u prosjeku svakih 90 sekundi, a svaki sprint traje u prosjeku oko 2 do 4 sekunde (Rienzi i sur., 2000; Reilly i Thomas, 1976). Tijekom sprinta na 20 metara ispitanicima su se mjerili prolazi na 5 i 10 metara.

Dionice do 20 metara predstavljaju prve dvije faze sprinta: startna faza (do 10 m) i akcelerirajuća faza (između 10 m i 20 m) (Baker i Nance, 1999; Delecluse i sur., 1995).

Ove dvije faze sprinta dominantno ovise o eksplozivnim karakteristikama ispitanika košarkaša (Vittori, 1995). U Tablici 5 su navedeni testovi eksplozivne snage tipa sprint.

Tablica 5. Testovi eksplozivne snage tipa sprint

Redni broj	ID testa	Naziv testa	Mjerna jedinica
1.	EP05M	Trčanje na 5 m	sek
2.	EP10M	Trčanje na 10 m	sek
3.	EP10M	Trčanje na 20 m	sek

Test se izvodi u sportskoj dvorani na košarkaškom terenu na sustavu mjerenja Powertimer Newtest (Oulu, Finska). Na 20 metara od startne linije postavljena je ciljna linija, s pet parova foto-ćelija. Linije su međusobno paralelne i duge 1 metar. Za mjerenje vremena u kojem će ispitanik prijeći razdaljinu od 20 metara koristiti će se sustav za elektronsko mjerenje vremena.

Prilikom mjerenja ispitanik zauzima položaj visokog starta i na znak (priprema – pozor – startni zvuk) počinje trčati. Ispitaniku košarkašu se mjeri vrijeme prolaza na 5 i 10. Mjerenja prestaje kada ispitanikova prsa prijeđu ciljnu liniju. Zadatak se ponavlja tri puta s pauzom između svakog trčanja, upisuje se vrijeme za koje su pretrčana sve dionice, prolazne i finalna, u stotinkama sekunde za sva tri mjerenja, a kao meritorni rezultat uzima se najbolji rezultat. Test se izvodi na Newtest Powertimer platformi. Na Slici 4 je prikazan test za procjenu eksplozivne snage tipa sprint.



Slika 4. Test za procjenu eksplozivne snage tipa sprint

4.5.2. Testovi za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti

Uz izdržljivost (aerobnog i anaerobnog tipa), eksplozivna i maksimalna snaga podjednako su bitne za uspjeh u košarci. Eksplozivna snaga tipa skočnosti najčešće se procjenjuje Boscovim testovima, skokom bez pripreme iz čučnja (Squat jump; SJ) i testom vertikalni skok s pripremom (Counter-movement jump; CMJ) (Bosco, 1992). Za točniju analizu procjene stanja eksplozivne snage tipa skočnosti koristili smo i testove: maksimalni skok s pripremom (maximal countermovement jump) - test eksplozivne snage tipa maksimalne skočnosti, vertikalni skok s pripremom s lijeve noge, vertikalni skok s pripremom s desne noge, višekratni skokovi iz skočnog zgloba i višekratni skokovi i polučučnja. U Tablici 6 navedeni su testovi eksplozivne snage tipa skočnosti.

Tablica 6. Testovi eksplozivne snage tipa skočnosti

Redni broj	ID testa	Naziv testa	Mjerna jedinica
1.	SJ	Skok bez pripreme iz čučnja	cm
2.	CMJ	Skok s pripremom	cm
3.	VJMAX	Skok s pripremom uz zamah rukama	cm
4.	CMJLF	Jednonožni skok s pripremom s lijeve noge	cm
5.	CMJRF	Jednonožni skok s pripremom s desne noge	cm
6.	RSJ5	Ponavljajući skokovi s pripremom	cm
7.	RJ15S	Ponavljajući skokovi iz polučučnja	cm

4.5.2.1. Skok bez pripreme iz čučnja – “squat jump” SJ

Testom se procjenjuje eksplozivna snaga mišića nogu u koncentričnom (SJ) mišićnom radu. Test se izvodi na sustavu mjerenja Optojump Next OPTOJUMP®, proizvođača Microgate (Italija). Ispitanik u početnoj poziciji stoji u polučučnju (noge savijene pod 90°), podbočen je rukama na kukovima i izvodi skok uvis bez prethodne pripreme. U takvom skoku nema

doprinosu energije elasticiteta. Zadatak se izvodi tri puta bez izlaženja iz mjernog polja (pauza 15”).

Zapis rezultata je automatski u memoriju računala, uz mogućnost naknadnog ispisa rezultata. Kao meritorni rezultat uzima se najbolji postignuti rezultat.

Cilj je ostvariti što veću visinu skoka (cm), a testom se mjeri eksplozivna snaga nogu, svaki centimetar više skoka u ovom testu znači bitno veću brzinu pokreta, a također treba procijeniti koncentričnu komponentu eksplozivnosti skoka.

4.5.2.2. Skok s pripremom – “counter movement jump” CMJ

Testom se procjenjuje eksplozivna snaga elastičnog karaktera u sporom ekscentričnom-koncentričnom režimu rada mišića (CMJ). Test se izvodi na sustavu mjerenja Optojump Next OPTOJUMP®, proizvođača Microgate (Italija).

Ispitanik iz početne pozicije (stoji na mjestu mjerenja pruženih nogu, podbočen je rukama na kukovima) ide u polučučanj (noge savijene pod 90°) i zatim se odražava u vis (učinak opruge). U takvom skoku osigurava se određena količina potencijalne energije elasticiteta nastale za vrijeme ekscentrične aktivnosti i koristi se, barem njezin dio, za vrijeme kasnije pozitivne aktivnosti. Zadatak se izvodi tri puta bez silaženja sa strunjače (pauza 15”).

Razlika SJ i CMJ je da se kod izvedbe "countermovement" skoka u točki promjene smjera kretanja tzv. "breaking" faze u mišiću i tetivama nalazi zaliha elastične energije koja se dalje usmjerava u sljedeću koncentričnu fazu skoka.

Zapis rezultata je automatski u memoriju računala, uz mogućnost naknadnog ispisa rezultata. Kao meritorni rezultat uzima se najbolji postignuti rezultat.

Cilj je ostvariti što veću visinu skoka (cm) i procijeniti doprinos elastične energije na skok. Testom se mjeri eksplozivna snaga elastičnog karaktera i svaki centimetar više u ovom testu znači veću eksplozivnost pokreta.

4.5.2.3. Skok s pripremom uz zamah rukama – “vertical jump maximum”

VJMAX

Testom se procjenjuje eksplozivna snaga elastičnog karaktera u sporom ekscentričnom-koncentričnom režimu rada mišića uz pomoć zamaha rukama. Test se izvodi na sustavu mjerenja Optojump Next OPTOJUMP®, proizvođača Microgate (Italija).



Slika 5. Test za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti – skok s pripremom uz zamah rukama VJMAX

Skok s pripremom uz zamah rukama gotovo je jednak izvedbi skoka iz čučnja s pripremom. Prikazan je na Slici 5. Faze skoka se povezuju; drugim riječima, u trenutku promjene smjera sportaševa kretanja nema pauze. Pri izvođenju maksimalnog skoka s pripremom ruke se ne izoliraju na kukovima, već su u funkciji zamaha, radi postizanja maksimalne visine skoka. Skokovi iz čučnja s pripremom i zamahom rukama karakteriziraju većinu situacijskih vertikalnih skokova u većini sportova pa tako i nogometu. Koordinirani zamah rukama u funkciji skoka doprinosi njegovoj visini otprilike 10 % (Harman i sur., 1990).

4.5.2.4. Ponavljajući skokovi s pripremom – “five repeated stiffness jumps”

RSJ5

Testom se procjenjuje elastična snaga mišića prednje strane natkoljenice i mišića stražnjice. Test se izvodi na sustavu mjerenja Optojump Next OPTOJUMP®, proizvođača Microgate (Italija).

Ispitanik iz početne pozicije (stoji na polju za mjerenje pruženih nogu, podbočen je rukama na kukovima) izvodi uzastopnih 5 skokova, obraća osobitu pažnju da noge budu ispružene u zglobu koljena tijekom faze kontakta s podlogom. Skokovi se izvode iz skočnog zgloba. Kod ovog testa bitna je komponenta visine svakog od skokova.

Zadatak se mjeri od startnog znaka za skok, te do samog doskoka na polje mjerenja, rezultat se mjeri u centimetrima. Ode izvedenih skokova se izračuna aritmetička sredina. Zapis rezultata je automatski u memoriju računala, uz mogućnost naknadnog ispisa rezultata.

Svrha testa je mjerenje elastične eksplozivne snage u plantarnim fleksorima - mišićima stražnje strane potkoljenice. Cilj je izvesti 5 tehnički i rezultatski najboljih skokova.

4.5.2.5. Ponavljajući skokovi iz polučučnja – "repeated jumps 15 s" RJ15S

Test se izvodi na sustavu mjerenja Optojump Next OPTOJUMP®, proizvođača Microgate (Italija).

Ispitanik iz početne pozicije (stoji na polju za mjerenje pruženih nogu, podbočen je rukama na kukovima) izvodi uzastopne „countermovement“ skokove u trajanju od 15 sekundi, na taj način da prilikom svakog doskoka ide u lagani polučučanj. Važno je paziti da kut natkoljenice i potkoljenice bude oko 90 stupnjeva u trenutku kontaktne faze doskoka. Kod ovog testa bitne su najmanje dvije komponente – frekvencija izvođenja skokova (broj skokova u 15 sek) i visina svakog od skokova.

Zapis rezultata je automatski u memoriju računala, uz mogućnost naknadnog ispisa rezultata. Kao meritorni rezultat uzima se najbolji postignuti rezultat.

Cilj testa je u trajanju od 15 sekundi izvesti što više tehnički pravilnih skokova te ostvariti što veću visinu skokova (cm). Testom se procjenjuje izdržljivost u eksplozivnoj snazi tipa skočnosti.

4.5.2.6. Jednonožni skok s pripremom s lijeve noge – "countermovement jump left foot" CMJLF

Testom se procjenjuje eksplozivna snaga elastičnog karaktera u sporom ekscentričnom-koncentričnom režimu rada mišića zasebno lijeve i desne noge. Ispitanik iz početne pozicije (stoji na mjestu mjerenja na lijevoj ispruženoj nozi, podbočen je rukama na kukovima) ide u polučučanj na lijevoj nozi (noga savijena pod 90°) i zatim se odražava u vis (učinak opruge). Desna noga je flektirana u koljenu. U takvom skoku osigurava se određena količina potencijalne energije elasticiteta nastale za vrijeme ekscentrične aktivnosti i koristi se, barem njezin dio, za vrijeme kasnije pozitivne aktivnosti. Zadatak se izvodi tri puta bez silaženja sa strunjače (pauza 15").

Zapis rezultata je automatski u memoriju računala, uz mogućnost naknadnog ispisa rezultata. Kao meritorni rezultat uzima se najbolji postignuti rezultat.

Cilj je ostvariti što veću visinu skoka (cm) i procijeniti doprinos elastične energije na skok. Testom se mjeri eksplozivna snaga elastičnog karaktera lijeve noge i svaki centimetar više u ovom testu znači veću eksplozivnost pokreta. Test je prikazan na Slici 6.



Slika 6. Test za procjenu eksplozivne snage tipa skočnosti – jednonožni skok s pripremom s lijeve noge

4.5.2.7. Jednonožni skok s pripremom s desne noge – "countermovement jump right foot" CMJRF

Testom se procjenjuje eksplozivna snaga elastičnog karaktera u sporom ekscentričnom-koncentričnom režimu rada mišića zasebno lijeve i desne noge. Ispitanik iz početne pozicije (stoji na mjestu mjerenja na desnoj ispruženoj nozi, podbočen je rukama na kukovima) ide u polučučanj na desnoj nozi (noga savijena pod 90°) i zatim se odražava u vis (učinak opruge). Lijeva noga je flektirana u koljenu. U takvom skoku osigurava se određena količina potencijalne energije elasticiteta nastale za vrijeme ekscentrične aktivnosti i koristi se, barem njezin dio, za vrijeme kasnije pozitivne aktivnosti. Zadatak se izvodi tri puta bez silaženja sa strunjače (pauza 15").

Zapis rezultata je automatski u memoriju računala, uz mogućnost naknadnog ispisa rezultata. Kao meritorni rezultat uzima se najbolji postignuti rezultat.

Cilj je ostvariti što veću visinu skoka (cm) i procijeniti doprinos elastične energije na skok. Testom se mjeri eksplozivna snaga elastičnog karaktera desne noge i svaki centimetar više u ovom testu znači veću eksplozivnost pokreta.

4.5.3. Opis mjerenja kinematičkih parametara Optojump Next sustavom

Optojump Next OPTOJUMP®, proizvođača Microgate (Italija) je optički sustav mjerenja koji se sastoji od dvije vrste ćelija: prve prenose signale, a druge primaju signale, te od kamere i prijenosnog računala. Optojump sustavom mjerimo brzinsko-snažna svojstva ispitanika. Mjerenja se temelje na optičkoj tehnologiji, a za vrijeme izvedbe testa moguće je dobiti tri vrste povratnih informacija u realnom vremenu: brojčane, grafičke i video (od jedne ili dvije videokamere). Kada je izabrani test potvrđen, sve tri vrste podataka automatski se pohranjuju i postaju odmah dostupni za pregled ili za daljnje analize. Optojump Next sustav je vrlo jednostavan i lagan za transport i instalaciju u bilo kojem prostoru. U softverskim postavkama Optojump Next sustava kreirani su posebni protokoli za hodanje, skokove i ostale kretnje te su usklađeni i sinkronizirani sa spiroergometrijskim protokolima.

4.6. Srčano-dišni sustav

Za procjenu srčano-dišnog sustava koristili smo testove za procjenu izdržljivosti aerobnog tipa (BEEP test sa zvučnim signalom), te test za procjenu izdržljivosti anaerobnog tipa 300MRT (300 m (15x20)) sa sustavom *Powertimer Newtest (Oulu, Finska)* (Paradisis i sur., 2014).

4.6.1. Test za procjenu izdržljivosti aerobnog tipa – BEEP test

BEEP test (test sa zvučnim signalom) je razvio Leger 1982. godine, a koristi se u terenskim mjerenjima za procjenu aerobne izdržljivosti sportaša. U praksi se susreću varijacije protokola ovog testa pod različitim nazivima, ‘Shuttle Run Test’, ‘MultiStage Fitness Test’, ‘Yo Yo Endurance Test’, a sve ih povezuje postojanje zvučnog signala (BEEP) emitiranog s nekog od medija (kasete ili CD). Medij za emitiranje zvučnog signala se koristi za kontrolu vremenskih intervala tijekom mjerenja. BEEP test je jedan od najčešće primjenjivanih specifičnih testova za procjenu aerobne izdržljivosti u košarci.

Na temelju rezultata BEEP testa se izračuna primitak kisika (VO_{2max}) po formuli Legera i Lamberta (Leger i Lambert, 1982).

Test se izvodi na otvorenom ili zatvorenom terenu u koridoru koji ima minimalne tlocrtne dimenzije 30 x 10 m. Za provedbu su potrebni CD ili audio kasete, CD uređaj ili odgovarajući kasetofon, dva markera u obliku čunjeva ili stalaka koji se postavljaju na međusobnoj udaljenosti od 20 metara te obrazac za bilježenje istrčanih intervala. BEEP-test se sastoji od dvadeset jedne ili više razina (zavisno od vrste protokola) intervala istrčavanja dionica od 20 m. Vrijeme trajanja svake razine traje približno 60 sekundi, pri čemu ‘brzinu’ (vrijeme trajanja svakog intervala) ispitanika diktira interval zvučnih signala na CD-u ili kaseti. Na prvi zvučni signal (BEEP), ispitanik starta i pretrčava laganim tempom prostor od 20 m, da bi na sljedeći signal (BEEP), bio u prostoru kod nasuprotne markacije i krenuo istim tempom do polazišne točke. Svaki sljedeći signal (BEEP) odnosi se za sljedeći interval. Dakle, pri svakom od intervala košarkaš pretrčava dionicu od 20 m zadanim tempom. Krajevi dionica označeni su određenim markerima, a zadatak je ispitanika da u trenutku emitiranja zvučnog signala (BEEP), bude u blizini tog markera. Početna brzina na prvoj dionici je 8 ili 8,5 km/h (ovisno

o varijaciji testa), a brzina trčanja se povećava tako što se smanjuje interval između zvučnih signala. Istekom jedne minute završava jedna razina i počinje sljedeća razina. U slučaju da ispitanik prerano dođe do oznake (prebrzo istrči dionicu od 20 m), treba kaskati u mjestu do oglašavanja zvučnog signala. Završetak testa je kada ispitanik, unutar istog intervala, ne stiže (kasni) dva puta doći u zadani prostor u trenutku oglašavanja signala što je pokazatelj da ispitanik više ne može održavati zadani tempo trčanja. Dakle, ako ispitanik zakasni dva puta na istoj razini, smatra se da je test završen, a dosegnuta razina i interval smatra se njegovim rezultatom na testu. Istrčavanje se bilježi na obrascu, a vrijeme se mjeri u stotinkama sekunde od starta do cilja. Upisuju se vrijeme i dionica do koje je sportaš istrčao.

Cilj je istrčati što je moguće veći broj dionica u zadanom vremenu (BEEP signala) kako bi procijenili aerobne kapacitete košarkaša.

4.6.2. Test za procjenu izdržljivosti anaerobnog tipa – 300MRT

Jedan od najpoznatijih testova za procjenu anaerobnog kapaciteta ili brzinske izdržljivosti je test 300 m. U testu se uzastopno, bez odmora, istrčavaju dionice od 20 m odnosno 15 dionica po 20 m. Ispitanicima je savjetovano da ne krenu maksimalnom brzinom, kreću na prvi znak mjeritelja i trče 15 dužina trudeći se maksimalno istrčati zadanih 300 m. Mjeri se konačno vrijeme, ali se mjere i prolazna vremena kako bi se naknadno analizirao pad brzine kroz dionice i analiza postotka od maksimalne brzine na 20 m istrčane u zasebnom testu sprinta na 20 m. Cilj je istrčati što je moguće brže sve dionice kako bi procijenili anaerobne kapacitete košarkaša. Test je prikazan na Slici 7.



Slika 7. Test za procjenu izdržljivosti anaerobnog tipa

4.6.3. Opis mjerenja kinematičkih parametara sustavom Newtest Powertimer

U ovom istraživanju je korišten Newtest Powertimer za procjenu kardiovaskularne izdržljivosti, a sastoji se od ručnog računala koje je upravljačka jedinica za sustav, kontaktne podloge koja ima visoku gustoću senzora s velikom mjernom površinom, fotočelija koje imaju uski infracrveni snop i prijenosna aktovke s ugrađenim priključcima i punjivim baterijama. Fotočelije su bilježile prolaze, a rezultati testa pretvoreni su u numeričke vrijednosti koje je lako razumjeti i lako usporediti. Testom mjerimo brzinsko-snažna svojstva ispitanika.

4.7. Suplementacija prehranbenim topljivim vlaknima

Eksperimentalna grupa koja je konzumirala topljiva prehranbena vlakna je uzimala proizvod komercijalnog naziva Nutriose® (Roquette Frères, Lestrem, France) dobiven iz kukuruza i koji je općenito vrlo dobro podnošljiv u gastrointestinalnom traktu te nisu zabilježene nikakve alergijske reakcije. Nutriose®, vlakna dobivena iz kukuruza i korištena u istraživanju na 10 g proizvoda sadrže <0,3% proteina, 0 g masti, <15% mono i disaharida, <0,5% R.O.I (sulfatnog pepela), 8,5 g dekstrina. Ispitanici su u informiranom pristanku upoznati s time.

Ekperimentalna skupina (n=9) konzumirala je, tijekom četiri tjedna, ukupno 20 g ovog proizvoda, koji sadrži prehrambena topljiva vlakna. Doza je podijeljena u dvije odvojene doze od po 10 g (svaka doza sadrži 8,5 g vlakana) koje su konzumirane dva puta dnevno, kontrolna skupina (n=9) konzumirala je kontrolne ugljikohidrate umjesto vlakana, u obliku maltodekstrina, na potpuno isti način i u jednakom pakiranju. Maltodekstrin ima istu konzistenciju kao Nutriose®, sličnu topljivost i okus u usporedbi s Nutriose® i iako neke nedavne studije pokazuju da također može utjecati na crijevnu mikrobiotu (Staicu i Cutov, 2010; Barber i sur., 2020), on ostaje jedan od najčešće korištenih placebo ili kontrolnih spojeva kada se istražuju prebiotski učinci vlakana (Lorenz i sur., 2013; Sansone i sur., 2020). U kontrolnom ugljikohidratu maltodestrinu nije detektirano topljivo prehrambeno vlakno Nutriose. Oba suplementa sudionici su uzimali nakon svakog treninga (dva treninga dnevno – dvije doze od po 10 g svaka) u prisustvu voditelja istraživanja, koji nije bio obaviješten o sadržaju suplementa. U slučaju slobodnog jutra (srijeda) ili slobodnog dana (nedjelja), ispitanicima je savjetovano da sami konzumiraju suplement, te im je naloženo da putem aplikacije za slanje poruka na mobilnom telefonu pošalju slike prazne vrećice nakon što su konzumirali određen im suplement. Vrećice s prehrambenim vlaknima ili kontrolnim ugljikohidratom, ovisno o grupi ispitanika, su im podijeljene prethodnog dana, u dozi za to slobodno jutro ili slobodni dan.

Trajanje suplementacije određeno je prema dostupnom istraživanju o učincima topljivih prehrambenih vlakana na sportsku izvedbu (Sugiyama i sur., 2017). Pandemija Covid-19, koja je trajala, nametnula je neka ograničenja, ta ograničenja su utjecala na takozvane „prijateljske” kontrolne utakmice, a te utakmice nisu zakazivane jer povećavaju neizbježni rizik od kontakta sa zaraženom osobom i time moguće izolacije ispitanika te isključivanja iz istraživanja. Čak i uz nametnuta ograničenja, dulje trajanje eksperimenta i suplementacije neizbježno bi povećalo rizike odustajanja sudionika. Kad se sve uzme u obzir, 4 tjedna suplementacije odabrana su kao prihvatljiv kompromis, iako bi duže trajanje istraživanja moglo pružiti dodatne povratne informacije.

4.8. Ocjena subjektivnog osjećaja umora, RPE

Kako bi razumjeli utjecaj konzumacije topljivih prehrambenih vlakana na percepciju umora, nakon svakog treninga i utakmice ispitanici su davali ocjenu subjektivnog osjećaja umora

(napora) na skali od 1 do 10 (RPE, *rate of perceived exertion*) (Williams, 2017; Arney i sur., 2019). Ocjene subjektivnog osjećaja umora bi zapisali i poslali putem za to predviđene mobilne aplikacije za razmjenu poruka. Percepcije umora odnosile su se na percepciju ispitanika tijekom određenog treninga ili utakmice, a ne na stanje ispitanika nakon treninga ili same utakmice. Ocjene su ostale zapisane u aplikaciji, a svakodnevno nakon treninga su provjeravane od strane voditelja istraživanja zbog anuliranja izostanka ili nepravilnosti unosa.

4.9. Analiza mikrobioma

4.9.1. Prikupljanje i pohrana uzoraka

Ispitanici su prikupili fekalne uzorke u sterilnu posudu i odmah zamrznuli na -20 °C. Zamrznute uzorke ispitanici su po mogućnosti isti dan donijeli na trening odakle su transportirani u zamrzivač na -80 °C pomoću prijenosne kutije za zamrzavanje. Uzorci fecesa pohranjeni su na -80 °C do daljnje analize.

4.9.2. Ekstrakcija DNA iz bakterijske biomase

Za ekstrakciju DNA korišteno je 0,5 g odmrznute fekalne tvari, pomoću QIAamp® PowerFecal® DNA Kita, u skladu s uputama proizvođača.

Ekstrakcija DNA provedena je u Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura, Zavoda za biokemijsko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Pročišćena DNA spremljena je za daljnje analize bez potrebe za predobradom (centrifugiranjem, precipitacijom ili rehidracijom) DNA taloga. Uklanjanje RNA učinjeno je dodatkom enzima RNaze. Daljnja obrada učinjena je prema zadanom protokolu za pokretanje Maxwell 16 uređaja te izborom programa ovisno o tipu kompleta za izolaciju. Sam postupak izolacije u Maxwell 16 uređaju trajao je 30-45 minuta. Prije analize uzorci su temperirani na sobnu temperaturu.

4.9.3. Određivanje koncentracije DNA

Koncentracija DNA je kvantificirana pomoću Promega Quantus Fluorometra i poslana na sekvenciranje. Quantus™ Fluorometer je dvokanalni fluorometar dizajniran za pružanje vrlo osjetljive fluorescentne detekcije pri kvantificiranju nukleinskih kiselina i proteina, od proizvođača Promega Corporation.

Volumen uzorka iznosio je 2 µl, a kao slijepa proba služio je pufer za eluciju iz Maxwell 16 kita za izolaciju. Duljina puta iznosila je 0,7 mm. Omjeri apsorbancije pri 260 nm i 280 nm odnose se na kvalitetu DNA i RNA. Za DNA omjer 260/280 je od 1,7-1,9, a za RNA vrijedi omjer oko 2,0. Ako je omjer manji to ukazuje na prisutnost proteina, fenola ili drugih prisutnih komaminacija. Kao dodatni kriterij koristi se omjer 260/230, a preporučene vrijednosti su u rasponu od 2,0 – 2,2. Ako je omjer manji moguća je kontaminacija spojevima kao što su EDTA, ugljikohidrati i fenoli.

4.9.4. Sekvenciranje gena za 16S rRNA

Sekvenciranje amplikona varijabilnih regija 3 i 4 gena 16S rRNA sa setom početnica 341F (5'- CCTAYGGGRBGCASCAG -3') 806R (5'- GGACTACNNGGGTATCTAAT -3') rađeno je u Laboratoriju za molekularna istraživanja (MR DNA) (Teksas, SAD).

Sekvenciranje je provedeno za 24 uzorka na jednoj ploči. MR DNA usluga sekvenciranja koristila je kraće početnice (50 pb barkod, i 20 pb početnice). V3 i V4 regije gena za 16S rRNA umnožene su u 30 ciklusa PCR-a pomoću početnica specifičnih za te regije. Koristio se HotStarTag Plus Master Mix Kit (Qiagen, SAD) pod sljedećim uvjetima: 94 °C kroz 3 minute, zatim 28 ciklusa na 94 °C po 30 sekundi, 53 °C kroz 40 sekundi i 72 °C kroz 1 minutu, te krajnji korak elongacije na 72 °C, 5 minuta. Poslije amplifikacije provedena je provjera uspješnosti amplifikacije i intenzitet vrpce na 2 %-om agaroznom gelu. Na temelju molekulske mase i koncentracije DNA, više je uzoraka skupljeno zajedno, u jednakim omjerima. Skupljeni uzorci pročišćeni su s Ampure XP kuglicama. Pročišćeni PCR produkti korišteni su za pripremu DNA knjižnice prateći Illumina TruSeq DNA protokol. Nukleotidni, jedinstveni barkod je dodijeljen svakom uzorku, što je omogućilo sekvenciranje više uzoraka odjednom. Dalje tijekom analize, sekvence barkoda su uklonjene, te je dobivena čista sekvenca DNA za korištenje u daljnjim analizama.

Za svaki produkt je DNA kreirana knjižnica, uobičajeno u 5'-3' orijentaciji, ali i u 3'-5' orijentaciji.

Nakon analize dobiveni su sirovi podaci u fastq formatu, a MR DNA usluga generira još nekoliko dokumenata u različitim formatima. Fastq podatci označeni su oznakom .fna, a QUAL podaci oznakom .qual. Primjer fastq formata je na Slici 8.

```
1 @ERR000589.41 EAS139_45:5:1:2:111/1
2 CTTTCCTCCCTGCTTCCTGGCCCCACCATTTCCAGGGAACATCTTGTCAT
3 +
4 3IIIIIIIIIIII>1IIIF9BG08E00I%IG+&?(4)%00646.C1#&(
5 @ERR000589.42 EAS139_45:5:1:2:1293/1
6 AGTTGTTAAATCCAAGCCAATTAAGATAGTCTTATCTTTTAAAGAAAT
7 +
8 IIIIIIGII.AIIII=?I9G-/II=+I=4?761BA2C9I+5A711+&>1$/I
```

Slika 8. Primjer fastq formata

Dobiveni sirovi podatci u fastq formatu korišteni su u daljnjoj analizi pomoću QIIME programa.

4.9.5. Analiza podataka dobivenih DNA sekvenciranjem – QIIME2

Neobrađeni podaci sekvenciranja preuzeti su s Illumina BaseSpace Sequence Huba u obliku uparenih, multipleksiranih fastq datoteka. Datoteke su prvo demultipleksirane pomoću sabre alata (Sabre, 2011) i uvezene pomoću datoteke manifesta u softver 'Quantitative Insights Into Microbial Ecology 2' (QIIME2), verzija 2020.6 (Boylen i sur., 2019). Uvezene sekvence su kvalitetno filtrirane, obrezane, pročišćene od šuma, spojene, pregledane na kimere i korištene za proizvodnju varijanti sekvenci amplicona (ASV) pomoću dodatka DADA2 (Callahan i sur., 2016). ASV-ovima je dodijeljena taksonomija pomoću prethodno istreniranog Naive Bayesovog klasifikatora. Klasifikator je obučen na SILVA verziji 138 baze podataka referentnih sekvenci 16S rRNA grupiranih na 99% sličnosti sekvenci (Quast i sur., 2013) pomoću QIIME2 dodatka za klasifikator značajki (Bokulich i sur., 2018). Filogenetsko stablo generirano je korištenjem fasttree2 na temelju mafft poravnanja ASV-ova kako je implementirano u dodatku q2-phylogeny.

QIIME (engl. Quantitative Insights Into Microbial Ecology) predstavlja bioinformatički alat za analizu sirovih podataka DNA sekvenciranja. Koraci obrade su *upstream* i *downstream*.

Upstream koraci služe za generiranje operativnih taksonomskih jedinica (engl. Operational taxonomic unit; OTU), dok downstream koraci služe za analizu i određivanje alfa i beta raznolikosti i njihovu vizualizaciju.

4.9.5.1. Pre-procesiranje

Pre-procesiranjem je započela analiza rezultata. Prvi korak je bio spajanje sljedova generiranih Illuminom. Spajanje sljedova je potrebno pošto pair-end metoda omogućava dobivanje duljih sekvenci do 600 pb. Metoda kojom su spajani sljedovi naziva se fastq-join. Kao krajnji rezultat dobivaju se dvije datoteke — fastqjoin.join.fna (FASTA format) i fastqjoin.join.qual (QUAL format). Drugi korak je bio provjera mapping dokumenta sa svim informacijama o uzorku, početnicama i barkodu, kako bi bio kompatibilan s QIIME-om, odnosno spreman za sljedeće korake u analizi.

Zadnji korak pre-procesiranja bio je demultipleksiranje i filtriranje sekvenci. Analiziranjem sekvenci koje zadovoljavaju uvjete zahtjeva kvalitete i preimenovanjem svakoga niza nazivom uzorka, formirani su podaci za downstream analizu. Isključene su sekvence uzoraka koje se ne nalaze u mapping dokumentu i sekvence bez odgovarajuće početnice. Postavljeni su zahtjevi za minimalnu i maksimalnu duljinu sekvence od 200 do 1000 nukleotida, kao i zahtjevi za maksimalni broj od 6 nesigurnih baza, isto kao i za maksimalnu dužinu homopolimera.

4.9.5.2. Analize raznolikosti

Raznolikost i bogatstvo svih uzoraka procijenjeni su pomoću alfa (promatrane značajke, Shannonov indeks i Faithova filogenetska raznolikost) i beta (ponderirani i neponderirani Unifrac) metrike raznolikosti pomoću QIIME-ovog dodatka za raznolikost, s uzorcima poduzorkovanim na 10 000 čitanja po uzorku.

4.9.5.3. Alfa raznolikost

Alfa raznolikost predstavlja raznolikost unutar uzorka te opisuje bogatstvo vrsta ili nedostatak istih u jednom uzorku i može se odrediti pomoću QIIME programa (Andermann i sur., 2022).

Određivanje alfa raznolikosti obuhvaća četiri koraka. Prvi korak je stvaranje OTU tablica koje predstavljaju bazu za određivanje alfa raznolikosti. Time se kreira serija poduzorkovanih OTU tablica slučajnim uzorkovanjem iz glavne OTU tablice. Svi uzorci koji sadrže manje sekvenci od traženog broja izostavljeni su iz analize.

Drugi korak određivanja alfa raznolikosti uključuje mjerenje raznolikosti za svaku OTU tablicu dobivenu u prethodnom koraku. Naredba uključuje OTU tablice iz prethodnoga koraka, odabrane metrike i filogenetsko stablo. Dobiveni dokumenti tablično prikazanoga tekstualnog oblika (stupci predstavljaju odabranu metriku, a redovi uzorke i njihove pripadajuće raznolikosti) su temelj za treći korak — razvrstavanje rezultata alfa raznolikosti. Cilj ove naredbe je povezivanje brojnih dokumenata u jedan kako bi se mogle generirati krivulje raznolikosti. Zadnji korak je generiranje dijagrama za vizualizaciju alfa raznolikosti pomoću mapiranja dokumenta i tablica iz trećeg koraka.

4.9.5.4. Beta raznolikost

Beta raznolikost predstavlja komparaciju mikrobne zajednice, temeljenu na njenom sastavu, između svih uzoraka u analizi (Andermann i sur., 2022). Temeljni rezultat određivanja beta raznolikosti je kvadratni, šuplji matriks u kojem je izračunata „udaljenost“ ili različitost između svakog uzorka. Dobiveni se podaci mogu vizualizirati analizom glavnih koordinata (engl. Principal Coordinates Analysis; PCoA). Za izračunavanje beta raznolikosti u QIIME-u korišten je pobičajen način mjerenja; UniFrac.

4.9.5.5. Skripta core diversity

Skripta core diversity je završna analiza podataka i nastala je objedinjavanjem QIIME analiziranih podataka. Tom zadnjom analizom mapirani su svi dokumenti i filogenetsko stablo.

4.10. Statistička analiza

4.10.1. Statistička analiza antropometrijskih mjerenja, neuromuskularnog i kardiovaskularnog opterećenja, te RPE vrijednosti

Podaci istraživanja analizirani su konvencionalnim metodama deskriptivne statistike: aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom (S.D.). ANOVA 2×2 korištena je za analizu varijabli između početnog i konačnog mjerenja unutar svake skupine i između skupina (Analiza ANOVA-T se nalazi u prilogu; Supplementary_ANOVA.xlsx). Za sve analize korišten je softver Statistica v. 13.3.0 (TIBCO Statistica, 2017). Statističke usporedbe provedene su s komercijalno dostupnim softverom Prism v. 8.0 (Prism, v. 8.0, 2022), a varijable stope percipiranog napora (RPE) analizirane su korištenjem dvosmjerne analize varijance ponovljenih mjerenja (ANOVA) kako bi se procijenile razlike između ispitivanja. Provedeni su testovi normalnosti i pretpostavki, a ako je utvrđena značajna povreda, napravljena je odgovarajuća prilagodba stupnjeva slobode. Za vrijeme do iscrpljenosti (TTE, time-to-exhaustion), zadnja vremenska točka bila je subjektivno vrijeme do neuspjeha zadatka. T-test dvosmjernih uparenih uzoraka korišten je za procjenu razlika između prije i poslije testa TTE, u kardiovaskularnim procjenama. Statistička značajnost je deklarirana kada je $p < 0,05$. Podaci su u tekstu i tablicama prikazani kao srednja vrijednost±SD (mean±SD), a na slikama kao srednja vrijednost±SEM (mean±SEM), osim ako nije drugačije navedeno.

4.10.2. Statistička analiza dnevnika prehrane

U statističkoj analizi dnevnika prehrane razlika između grupa u unosu makro i mikronutrijenata je mjerena pomoću neparametarskog Mann-Whitney U testa ($p < 0,05$).

4.10.3. Statistička analiza brojnosti mikrobioma

Statistička značajnost razlika u obilju mikroba procijenjena je korištenjem softvera STAMP v 2.1.3 (Parks i sur., 2014). Taksonomske dodjele na razini vrste dobivene pomoću QIIME2 izvezene su kao .csv datoteka i pripremljene u formatu potrebnom za STAMP. Statističke razlike u brojnosti mikrobiote između kontrolne i pokusne skupine određene su dvostranim Welchovim t-testom.

5. REZULTATI

5.1. Karakteristike ispitanika

Osamnaest mladih, zdravih, punoljetnih košarkaša, podijeljenih u dvije grupe, zadovoljilo je sve postavljene kriteriji za sudjelovanjem te su odradili sva potrebna mjerenja od početka do kraja istraživanja. U Tablici 7 su prikazane karakteristike ispitanika eksperimentalne i kontrolne grupe.

Tablica 7. Karakteristike ispitanika

	Eksperimentalna grupa (n=9)	Kontrolna grupa (n=9)	p vrijednost
Varijable	Medijan±SD	Medijan±SD	
Dob (godine)	18,33 ± 0,5	18,56 ± 0,89	0,315
Tjelesna visina (cm)	195,5 ± 5,88	191,6 ± 6,53	0,496
Tjelesna masa (kg)	87,7 ± 9,31	82,86 ± 4,95	0,326
Masno tkivo (%)	8,93 ± 2,57	8,97 ± 2,34	0,488
BMI (kg/m ²)	22,94 ± 2,19	22,62 ± 1,94	0,367

Vrijednosti su prikazane kao medijan ± standardna devijacija. BMI – indeks tjelesne mase (engl. body mass index)

5.2. Utjecaj topljivih vlakana na morfološka obilježja ispitanika

I prije i nakon suplementacije topljivim prehrambenim vlaknima, tjelesna masa (TM) bila je nešto viša u eksperimentalnoj skupini nego u kontrolnoj skupini: (87,7±9,3) u odnosu na (82,9±5,0) kg i (88,1±9,9) u odnosu na (82,3± 6,0) kg. Eksperimentalna i kontrolna skupina imale su sličan postotak tjelesne masti pri početnom mjerenju (8,9±2,6) naspram (9,0±2,3) %. Nakon 4 tjedna treninga, mjerenja tjelesne masti i dvosmjerna ANOVA s replikacijom pokazali su da grupa nije imala utjecaja na izmjerenu varijablu (p=0,945) u smislu sastava tijela. Nije bilo značajne razlike prije i poslije (p=0,894) uzimanja dodatka unutar svake skupine i nije bilo značajne interakcije između skupina prije i poslije uzimanja (p=0,979).

U trećoj i četvrtoj koloni u Tablici 8 je prikazan utjecaj vlakana na morfološka obilježja ispitanika.

Tablica 8. Karakteristike ispitanika

Varijable	POČETNO		p vrijednost	FINALNO		p vrijednost
	Eksperimentalna grupa (n=9)	Kontrolna grupa (n=9)		Eksperimentalna grupa (n=9)	Kontrolna grupa (n=9)	
	Medijan±SD	Medijan±SD		Medijan±SD	Medijan±SD	
Tjelesna masa (kg)	87,7 ± 9,31	82,86 ± 4,95	0,326	88,08 ± 9,9	82,33 ± 5,99	0,429
Masno tkivo (%)	8,93 ± 2,57	8,97 ± 2,34	0,488	8,8 ± 2,4	8,89 ± 2,17	0,211
BMI (kg/m ²)	22,94 ± 2,19	22,62 ± 1,94	0,367	23,06 ± 2,35	22,48 ± 2,06	0,151

Vrijednosti su prikazane kao medijan ± standardna devijacija. BMI – indeks tjelesne mase (engl. body mass index)

5.3. Prehrambene navike košarkaša

Prehrambene navike košarkaša procijenjene su iz trodnevnog dnevnika prehrane prije početka intervencije. Igrači su imali prosječni energijski unos od 3274 kcal (2669 kcal – 3926 kcal), najveći udio dnevnog energijskog unosa bio je iz masti (41,4 %; 36,7 % – 47,3 %), a zatim iz ugljikohidrata (38,7 %; 34,9 % – 43,2 %) i proteina (16,6 %; 14,7 % – 21,9 %). Od ključnih makronutrijenata, treba napomenuti da su igrači u prosjeku dnevno unosili 1,7 g/kg tjelesne mase (1,2 g/kg – 2,1 g/kg) proteina, 4,1 g/kg tjelesne mase (2,2 g/kg – 5,2 g/kg) ugljikohidrata i 27,7 g (20,2 g – 37,3 g) dijetalnih vlakana. Razlika između eksperimentalne i kontrolne skupine u kategorijama unosa proteina i ugljikohidrata nije statistički značajna. Unos masti eksperimentalne skupine je veći u nego u kontrolne skupine i to statistički značajno (Tablica 9, p=0.021), a odnosi se na mononezasićene i polinezasićene masne kiseline. Ipak razlika ukupnog energijskog kalorijskog unosa, u što ulaze i masti, između eksperimentalne i kontrolne skupine nije statistički značajna. Rezultati prosječnog dnevnog unosa energije i makronutrijenata u košarkaša procijenjenih trodnevnim dnevnikom prehrane prije intervencije su vidljivi u Tablici 9.

Tablica 9. Prosječan dnevni unos energije i makronutrijenata u košarkaša procijenjen trodnevnim dnevnikom prehrane prije intervencije ¹

Parametar	Ukupni uzorak (n = 17)	Kontrolna skupina (n = 8)	Eksperimentalna skupina (n = 9)	p vrijednost
Energija (kcal)	3274	3157	3625	0,167

	(2669 – 3296)	(1945 – 3600)	(3033- 4400)	
Proteini (g)	144,1 (117,4 – 171,3)	123,6 (90,1 – 151,9)	158,1 (135,0 – 212,4)	0,074
Proteini (g/kg TM)	1,7 (1,2 – 2,1)	1,4 (1,2 – 1,9)	1,8 (1,4 – 2,8)	0,167
Proteini (% kcal)	16,6 (14,7 – 21,9)	16,5 (14,5 – 21,6)	18,0 (14,7 – 21,9)	0,673
Masti (g)	141,8 (130,3 – 181,2)	128,1 (97,0 – 156,9)	173,8 (141,8 – 198,3)	0,021*
Masti (% kcal)	41,4 (36,7 – 47,3)	38,9 (34,0 – 46,7)	46,7 (38,2 – 47,3)	0,423
Zasićene masne kiseline (g)	46,2 (42,6 – 57,1)	44,6 (34,5 – 48,0)	51,2 (43,1 – 67,5)	0,139
Zasićene masne kiseline (% kcal)	12,8 (11,4 – 16,5)	12,2 (11,6 – 14,4)	14,1 (11,2 – 17,2)	0,743
Mononezasićene masne kiseline (g)	43,2 (31,2 – 53,9)	35,7 (27,6 – 43,3)	53,9 (40,2 – 63,4)	0,027*
Polinezasićene masne kiseline (g)	32,6 (23,6 – 45,4)	22,9 (18,1 – 25,6)	43,8 (33,8 – 45,6)	0,011*
Ugljikohidrati (g)	355,8 (225,6 – 426,2)	331,5 (169,4 – 423,4)	355,8 (227,9 – 464,3)	0,481
Ugljikohidrati (% kcal)	38,7 (34,9 – 43,2)	39,1 (35,5 – 49,1)	38,7 (34,9 – 41,8)	0,481
Monosaharidi (g)	83,7 (34,8 – 119,5)	69,2 (34,4 – 135,8)	88,2 (70,5 – 107,4)	1,000
Polisaharidi (g)	149,8 (104,7 – 229,9)	134,2 (85,8 – 193,4)	223,8 (129,7 – 230,5)	0,277
Prehrambena vlakna (g)	27,7 (20,2 – 37,3)	24,4 (20,2 – 32,5)	34,1 (25,5 – 39,0)	0,423

¹ Numeričke varijable su izražene kao medijan i interkvartilni raspon. *Razlika između kontrolne i eksperimentalne grupe testirana je pomoću Mann-Whitney U testa ($p < 0,05$).

Većina dnevnog unosa energije u kontrolnoj i eksperimentalnoj skupini, prema NOVA sustavu klasifikacije hrane, dolazi od neprocesirane ili minimalno procesirane hrane (42,0-43,2 % kcal), ultra procesirane hrane (29,7-34,8 % kcal), zatim procesirane hrane (17,2-16,0 % kcal) i procesiranih kulinarskih sastojaka (13,8-12,7 % kcal). Razlika unosa svake pojedinačne skupine NOVA sustava klasifikacije hrane, između grupa nije statistički značajna. Rezultati razlika među grupama sumirani su u Tablici 10.

Tablica 10. Prosječan dnevni udio relativnog unosa energije prema NOVA kategorijama i podskupinama namirnica u košarkaša procijenjeno dnevnikom prehrane prije intervencije¹

NOVA kategorije hrane	Kontrolna skupina (n = 8)	Eksperimentalna skupina (n = 9)	p vrijednost
Ne procesirana ili minimalno procesirana hrana (% kcal)	42,0 (20,7 – 53,0)	43,2 (20,9 – 47,2)	0,743
Meso i perad (% kcal)	10,1 (7,5 – 12,7)	9,7 (5,4 – 11,9)	0,673
Riba i morski plodovi (% kcal)	0,0 (0,0 – 2,3)	0,0 (0,0 – 0,0)	1,000
Jaja (% kcal)	4,0 (1,7 – 6,1)	4,3 (0,6 – 5,9)	1,000
Voće i voćni sokovi (% kcal)	2,9 (0,5 – 5,6)	2,6 (0,5 – 6,1)	1,000
Povrće i povrtni sokovi (% kcal)	0,9 (0,6 – 1,8)	0,7 (0,7 – 1,1)	0,481
Gomoljasto povrće (% kcal)	3,2 (2,3 – 4,4)	2,3 (0,6 – 2,9)	0,236

Leguminoze (% kcal)	0,0 (0,0 – 0,1)	0,0 (0,0 – 0,0)	0,963
Žitarice i brašna (% kcal)	2,8 (0,5 – 5,9)	2,5 (1,6 – 4,8)	0,815
Tjestenina (% kcal)	0,0 (0,0 – 3,3)	4,8 (0,0 – 6,8)	0,423
Mlijeko i jogurt (% kcal)	1,6 (0,4 – 4,6)	1,7 (0,1 – 2,9)	1,000
Ostalo ² (% kcal)	0,0 (0,0 – 3,9)	0,0 (0,0 – 2,4)	0,743
Procesirani kulinarski sastojci (% kcal)	13,8 (7,1 – 16,7)	12,7 (12,4 – 15,5)	0,963
Životinjska mast (% kcal)	0,0 (0,0 – 0,5)	0,0 (0,0 – 0,0)	0,423
Ulja (% kcal)	13,4 (7,1 – 16,7)	10,5 (9,1 – 10,8)	0,815
Šećer (% kcal)	0,0 (0,0 – 0,2)	0,0 (0,0 – 0,2)	0,743
Ostalo ³ (% kcal)	0,2 (0,0 – 1,2)	0,4 (0,0 – 1,9)	0,888
Procesirana hrana (% kcal)	17,2 (11,3 – 20,5)	16,0 (13,7 – 22,9)	1,000
Kruh (% kcal)	5,2 (0,0 – 11,0)	6,3 (5,1 – 11,1)	0,541
Konzervirano voće i povrće u naljevu ili sirupu (% kcal)	0,0 (0,0 – 1,2)	0,0 (0,0 – 0,3)	0,815
Sir (% kcal)	3,0 (1,6 – 3,8)	1,2 (0,0 – 4,1)	0,370
Ostalo ⁴ (% kcal)	1,5 (0,0 – 8,1)	0,1 (0,0 – 0,9)	0,321
Ultra-procesirana hrana (% kcal)	29,7 (21,5 – 46,7)	34,8 (21,4 – 37,2)	1,000
Keksi, kolači, slastice, slatki pekarski proizvodi (% kcal)	7,2 (0,0 – 17,7)	2,3 (0,0 – 9,1)	0,606
Instant i smrznuta gotovoga hrana (% kcal)	0,0 (0,0 – 0,0)	2,3 (0,0 – 8,1)	0,200
Zaslađena bezalkoholna pića, voćni nektar (% kcal)	0,7 (0,0 – 3,0)	0,0 (0,0 – 0,6)	0,481
Brza hrana (% kcal)	3,0 (0,0 – 9,7)	0,0 (0,0 – 8,3)	0,815
Margarin, umaci i namazi (% kcal)	0,3 (0,0 – 3,1)	0,7 (0,0 – 2,4)	0,743
Mesne preradevine (% kcal)	0,3 (0,0 – 2,8)	4,1 (0,4 – 5,6)	0,167
Slatkiši (% kcal)	1,8 (0,0 – 3,5)	0,0 (0,0 – 1,6)	0,370
Zaslađene žitarice za doručak (% kcal)	0,0 (0,0 – 4,7)	4,4 (0,0 – 8,3)	0,541
Aromatizirano mlijeko i mliječni proizvodi (% kcal)	0,0 (0,0 – 2,9)	0,0 (0,0 – 0,0)	0,606
Proteinski suplementi i hrana obogaćena proteinima (% kcal)	0,0 (0,0 – 3,4)	0,0 (0,0 – 6,3)	1,000
Ostalo ⁵ (% kcal)	0,0 (0,0 – 1,9)	0,0 (0,0 – 1,6)	0,673

¹ Numeričke varijable su izražene kao medijan i interkvartilni raspon. ² Uključuje čaj, sjemenke, začine, začinsko bilje, mineralnu i vodovodnu vodu. ³ Uključuje sol, ocat, kiselo vrhnje, nezaslađeni prah kaka. ⁴ Uključuje pivo, vino, kikiriki, kikiriki maslac, njoke i tortilje. ⁵ Uključuje krušne mrvice, čips i zobeni napitak

Unutar UMPF-ova, glavni izvori energije bili su podskupine meso, perad i jaja. PCI su sadržavali uglavnom biljno ulje, dok je u PF-i dominirala podskupina svježeg kruha. Dvije najveće podskupine zaslužne za dnevnu energiju iz UPF-a bili su keksi, kolači i slatki pekarski proizvodi te rekonstituirani mesni proizvodi.

Tijekom razdoblja suplementacije topljivim prehranbenim vlaknima, dijetetička metoda 24-satno prisjećanje unosa hrane i pića korištena je jednom tjedno, prethodno nenajavljeno, kako bi se pratila i kontrolirala prehrana ispitanika. Još jedan razlog provođenja te dijetetičke metode je i kako bi se odredio ukupni unos vlakana iz redovne prehrane prije i tijekom suplementacije vlaknima, te ukupni unos vlakana tijekom suplementacije topljivim prehranbenim vlaknima

kao što je prikazano u Tablici 11. Ukupni unos vlakana je značajno veći u eksperimentalnoj skupini za vrijeme provođenja intervencije nego u kontrolnoj.

Tablica 11. Konzumacija prehrambenih vlakana prije i za vrijeme intervencije

	Vlakna ukupno (1)	Vlakna ukupno (2)	Ukupno vlakna+Nutriose® (3)	P vrijednost
	Medijan±SD	Medijan±SD	Medijan±SD	
Eksperimentalna grupa (n=9)	28,43±11,76	29,63±11,25	46,63±11,25	0,021*
Kontrolna grupa (n=9)	24±8,39	22,42±8,15	22,42±8,15	

(1) Prosječan ukupan unos prehrambenih vlakana izračunat iz 3- dnevnog dnevnika prehrane prije početka suplementacije, (2) prosječan ukupan unos prehrambenih vlakana izračunat metodom 24-satno prisjećanje tijekom suplementacije, bez suplemenata, (3) Ukupan unos prehrambenih vlakana tijekom suplementacije, sa suplementima (Nutriose® ili kontrola u obliku maltodekstrina). *Razlika između kontrolne i eksperimentalne grupe ukupnog unosa vlakana testirana je pomoću Mann-Whitney U testa ($p < 0,05$)

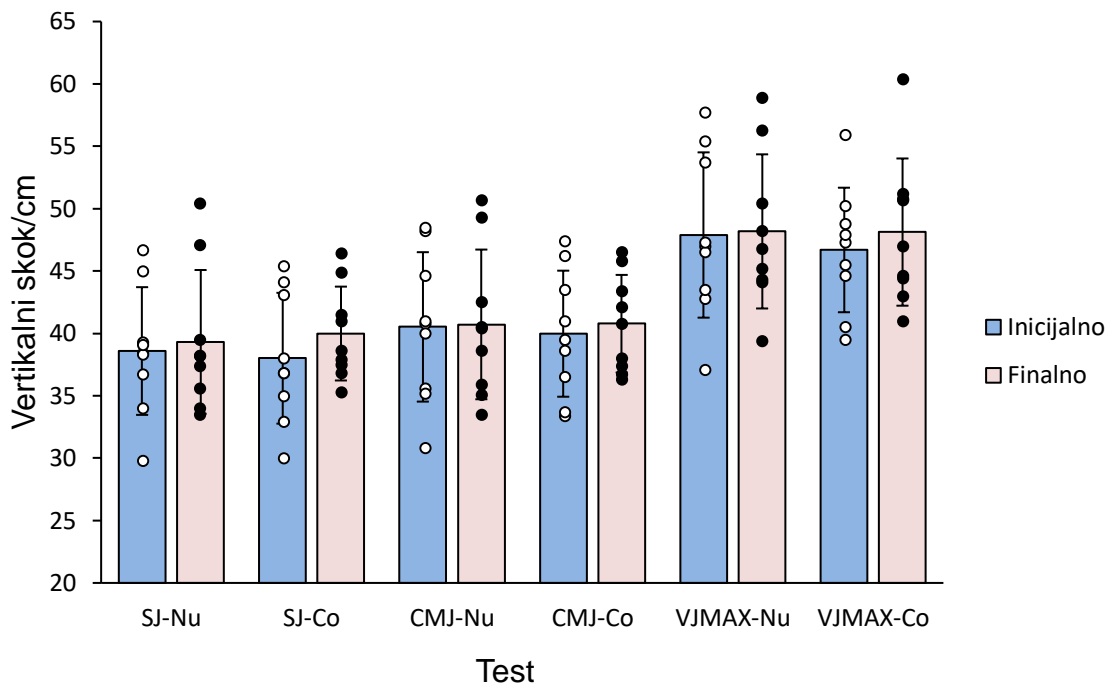
5.4. Utjecaj topljivih vlakana na živčano-mišićni sustav

Rezultati utjecaja topljivih vlakana, Nutriose®, na živčano-mišićni sustav zabilježeni su kao utjecaj na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa i utjecaj na eksplozivnu snagu tipa sprint.

5.4.1. Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa

Rezultati utjecaja suplementacije na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa (vertikalni skok) u testovima SJ, CMJ i VJmax nisu pokazali statističku značajnost ni u eksperimentalnoj ni u kontrolnoj skupini: SJ-Nutriose® ($35,6 \pm 5,1$) naspram ($39,3 \pm 5,8$) cm i SJ- kontrola ($38,0 \pm 5,2$) naspram ($40,0 \pm 3,8$) cm ($p=0,978$, $F=0,001$ s $F_{crit}=4,149$) unutar svake skupine, prije i poslije suplementacije ($p=0,424$, $F=0,655$ s $F_{crit}=4,149$), i interakcija između skupina prije i poslije suplementacije ($p=0,713$, $F=0,138$ s $F_{crit}=4,149$), CMJ-Nutriose ($40,52 \pm 5,99$) naspram ($40,72 \pm 5,99$) cm, CMJ-kontrola ($39,98 \pm 5,05$) naspram ($40,78 \pm 5,05$) 3,91) cm ($p=0,891$, $F=0,019$ s $F_{crit}=4,149$) unutar svake skupine, prije i poslije suplementacije ($p=0,779$, $F=0,079$ s $F_{crit}=4,149$) i interakcija između skupina prije i poslije ($p=0,866$, $F=0,029$ s $F_{crit}=4,149$), VJmax-Nutriose ($47,89 \pm 6,62$) naspram ($48,18 \pm 6,16$) cm, VJmax-kontrola ($46,69 \pm 4,99$) naspram ($48,12 \pm 5,9$) cm ($p=0,754$, $F=0,100$ s $F_{crit}=4,149$) unutar svake grupe, prije i poslije

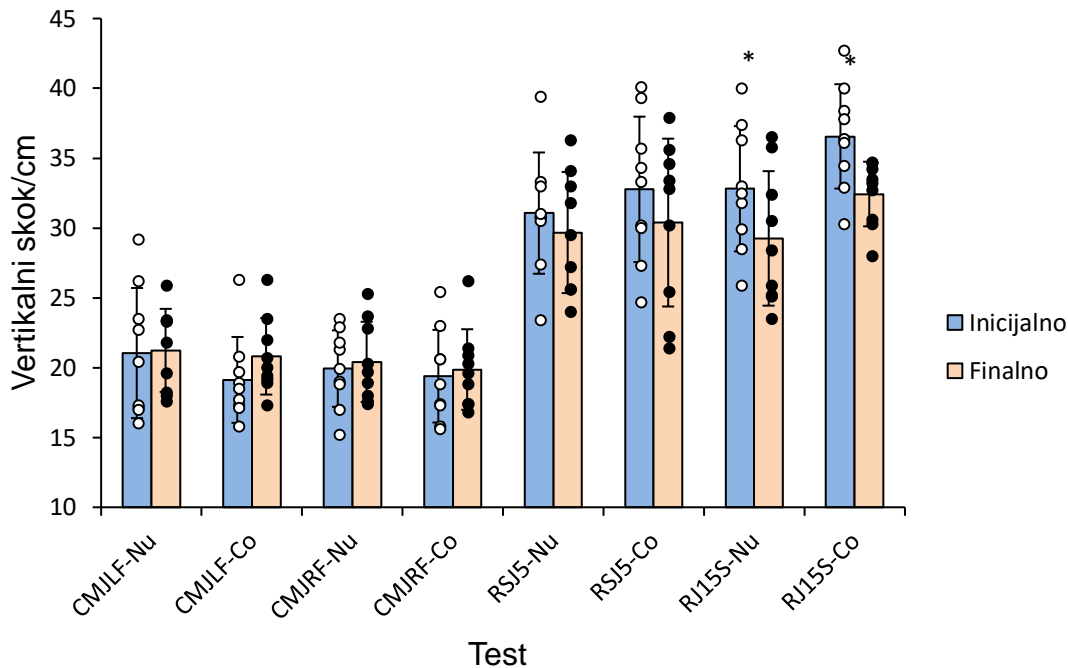
intervencije ($p=0,667$, $F=0,188$ s $F_{crit}=4,149$), i interakcija između grupa prije i poslije ($p=0,774$, $F=0,083$ s $F_{crit}=4,149$). Rezultati testova SJ, CMJ i VJmax su prikazani na Slici 9.



Slika 9. Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa, 1.set testova. Vrijednosti su prikazane kao individualni podaci i medijan \pm SD. Co=kontrola, Nu=nutriose, SJ=skok bez pripreme iz čučnja, CMJ=skok s pripremom, VJMAX=skok s pripremom uz zamah rukama.

Rezultati utjecaja suplementacije na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa (vertikalni skok) u testovima CMJLF, CMJRF i RSJ5 također nisu pokazali statističku značajnost ni u eksperimentalnoj ni u kontrolnoj skupini: CMJLF-Nutriose ($21,04\pm 4,66$) naspram ($21,23\pm 2,98$) cm, CMJLF- kontrolna ($19,12\pm 3,07$) naspram ($20,81\pm 2,74$) cm ($p=0,315$, $F=1,041$ s $F_{crit}=4,149$) unutar svake skupine, prije i poslije suplementacije ($p=0,419$, $F=0,668$ s $F_{crit}=4,149$), i interakcija između skupina prije i poslije ($p=0,518$, $F=0,426$ s $F_{crit}=4,149$), CMJRF-Nutriose ($19,93\pm 2,74$) naspram ($20,41\pm 2,87$) cm, CMJRF-kontrola ($19,39\pm 3,32$) naspram ($19,87\pm 2,88$) ($p=0,585$, $F=0,304$ s $F_{crit}=4,149$) unutar svake skupine, prije i poslije intervencije ($p=0,234$, $F=2,054$ s $F_{crit}=4,149$), te interakcija između skupina prije i poslije ($p=1,0$, $F=0,001$ s $F_{crit}=4,149$), RSJ5-Nutriose ($31,07\pm 4,34$) naspram ($29,68\pm 4,34$) cm, RSJ5-kontrola ($32,77\pm 5,21$) naspram ($30,39\pm 6,01$) cm ($p=0,477$, $F=0,518$ s $F_{crit}=4,149$) unutar svake skupine, prije i poslije intervencije ($p=0,269$, $F=1,265$ s $F_{crit}=4,149$), i interakcija između grupa prije i poslije ($p=0,769$, $F=0,087$ s $F_{crit}=4,149$). Rezultati unutar skupina RJ15S-Nutriose ($32,8\pm 4,5$) naspram ($29,3\pm 4,8$) cm ($p=0,013$, $F=6,895$ s $F_{crit}=4,149$), i RJ15S-kontrola

(36,6±3,7) naspram (32,4±2,3) cm ($p=0,0065$, $F=8,481$ s $F_{crit}=4,149$) pokazala je statističku značajnost unutar skupina prije i nakon suplementacije. Interakcija između skupina prije i nakon uzimanja suplementa nije imala značajan utjecaj na rezultat ($p=0,829$, $F=0,047$ uz $F_{crit}=4,149$), te se stoga smatra nerelevantnom. Rezultati testova CMJLF, CMJRF, RSJ5 i RJ15S su prikazani u Slici 10.

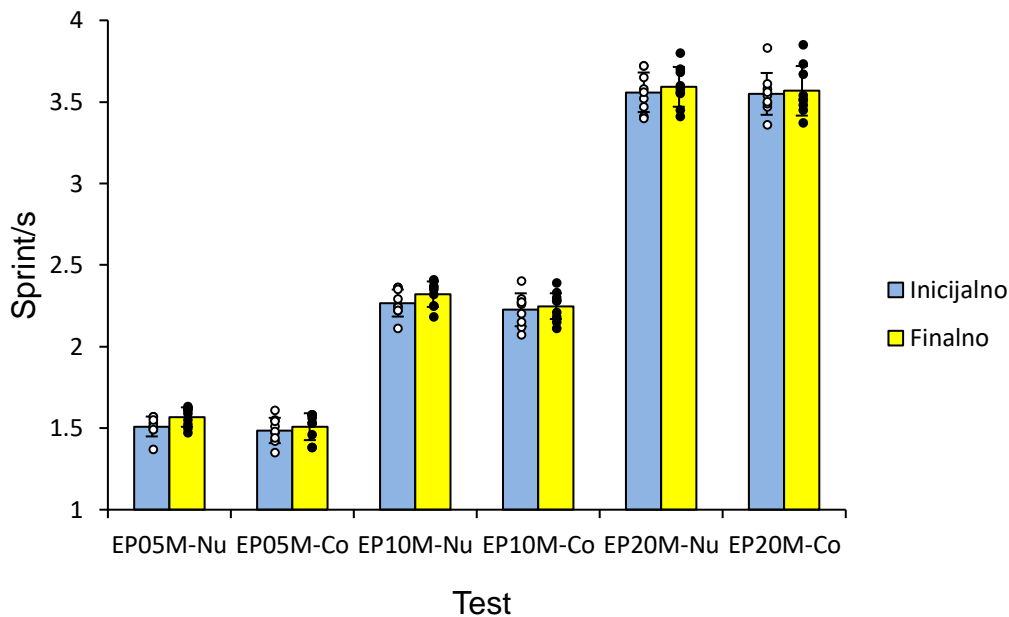


Slika 10. Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu vertikalnog tipa, 2. set testova. Vrijednosti su prikazane kao individualni podaci i medijan±SD. Co=kontrola, Nu=nutrioze, CMJLF=jednonožni skok s pripremom s lijeve noge, CMJRF= jednonožni skok s pripremom s desne noge, RSJ5= pet ponavljajućih skokova s pripremom, RJ15S=ponavljajući skokovi iz polučučnja u 15 s.

5.4.2. Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu tipa sprint

Za eksplozivnu snagu tipa sprint (EP05M, EP10M i EP20M), rezultati unutar eksperimentalne i kontrolne skupine tijekom intervencije suplementacije te konačni rezultati između skupina nisu pokazali statističku značajnost. Rezultati prvog testa bez statističke značajnosti: EP05M-Nutrioza ($1,51±0,06$) naspram ($1,57±0,06$) s, EP05M-kontrola ($1,49±0,08$) naspram ($1,51±0,08$) s, unutar skupina ($p=0,087$, $F=0,016$ s $F_{crit}=4,149$), prije i poslije intervencije ($p=0,095$, $F=2,951$ s $F_{crit}=4,149$) i interakcija između grupa prije i poslije intervencije ($p=0,471$, $F=0,532$ s $F_{crit}=4,149$). Također druga dva testa nisu pokazala statističku značajnost: EP10M-Nutrioza ($2,27±0,08$) naspram ($2,32±0,08$) s, EP10M-kontrola ($3,2±0,1$) naspram

($2,25 \pm 0,08$) s, unutar grupa ($p=0,062$, $F=3,750$ s $F_{crit}=4,149$), prije i poslije intervencije ($p=0,204$, $F=1,683$ s $F_{crit}=4,149$) i interakcija između grupa prije i poslije ($p=0,589$, $F=0,297$ s $F_{crit}=4,149$), EP20M-Nutrioza ($3,6 \pm 0,1$) naspram ($3,6 \pm 0,1$) s i EP20M-kontrola ($3,6 \pm 0,1$) naspram ($3,6 \pm 0,2$) s, unutar skupina ($p=0,697$, $F=0,0,155$ s $F_{crit}=4,149$), prije i poslije intervencije ($p=0,555$, $F=0,355$ s $F_{crit}=4,149$), te interakcija između grupa prije i poslije ($p=0,870$, $F=0,027$ s $F_{crit}=4,149$). Rezultati testova eksplozivne snage tipa sprint su prikazani u Slici 11.

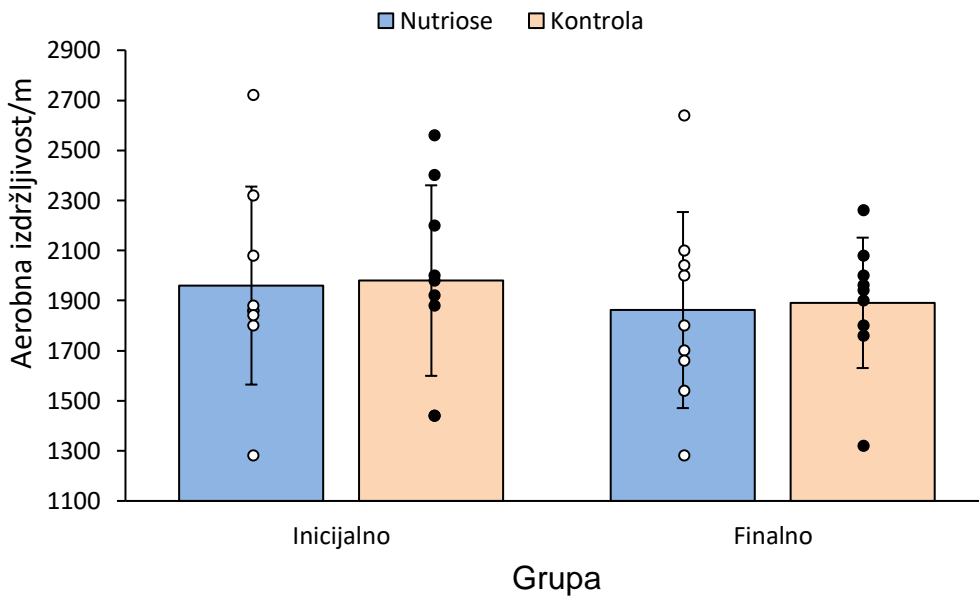


Slika 11. Utjecaj topljivih vlakana na eksplozivnu snagu tipa sprint. Vrijednosti su prikazane kao individualni podaci i medijan \pm SD. Co=kontrola, Nu=nutrioze, EP05M=trčanje na 5 metara, EP10M=trčanje na 10 metara, EP20M=trčanje na 20 metara.

5.5. Utjecaj topljivih vlakana na srčano-dišni sustav

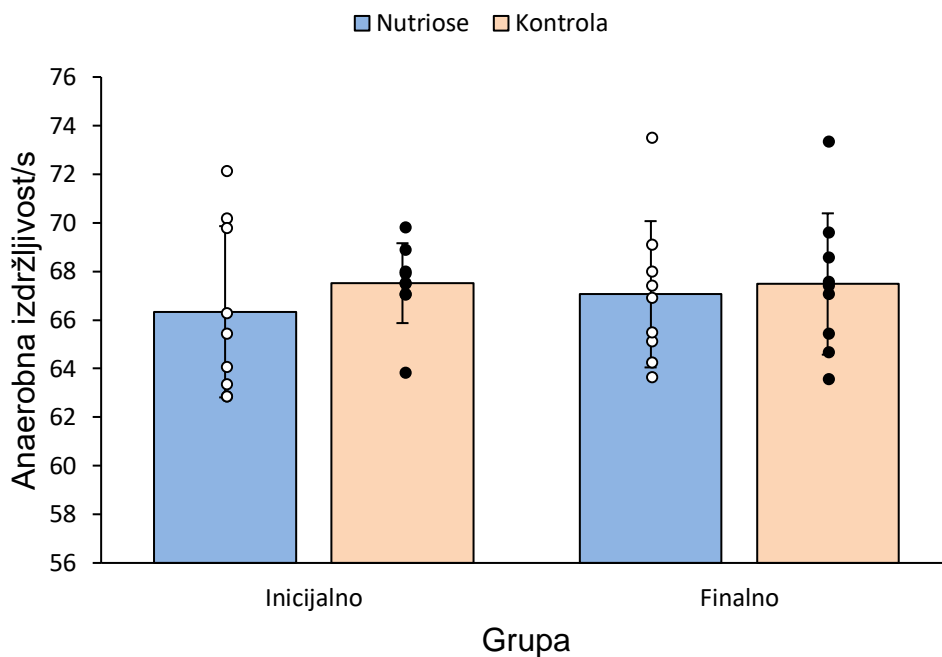
Rezultati BEEP testa u eksperimentalnoj i kontrolnoj skupini pokazuju slične vrijednosti na početku (($1960,0 \pm 395$) prema (1980 ± 380) m) i na kraju intervencije ((1862 ± 392) prema (1891 ± 260) m). Četiri tjedna treninga pokazalo je da grupa nije imala značajan utjecaj na rezultat ($p=0,840$, $F=0,041$ s $F_{crit}=4,149$). Također, nije bilo značajne razlike u rezultatima prije i poslije uzimanja dodatka prehrani ($p=0,444$, $F=0,601$ uz $F_{crit}=4,149$). Također nije bilo značajne interakcije između skupina prije i nakon uzimanja dodatka ($p=0,971$, $F=0,001$ s $F_{crit}=4,149$), kao što je prikazano na slici 2a.

Rezultati BEEP testa kod eksperimentalne i kontrolne grupe pokazuju slične vrijednosti kako na početku ($1960 \pm 395,3$ prema $1980 \pm 380,5$ m, $p > 0,05$) tako i na kraju intervencije ($1862 \pm 391,5$ prema $1891 \pm 260,4$ m, $p > 0,05$), bez statističke značajnosti. Rezultati su prikazani u Slici 12.



Slika 12. Utjecaj topljivih vlakana na izdržljivost aerobnog tipa BEEP. Vrijednosti su prikazane kao individualni podaci i medijan \pm SD.

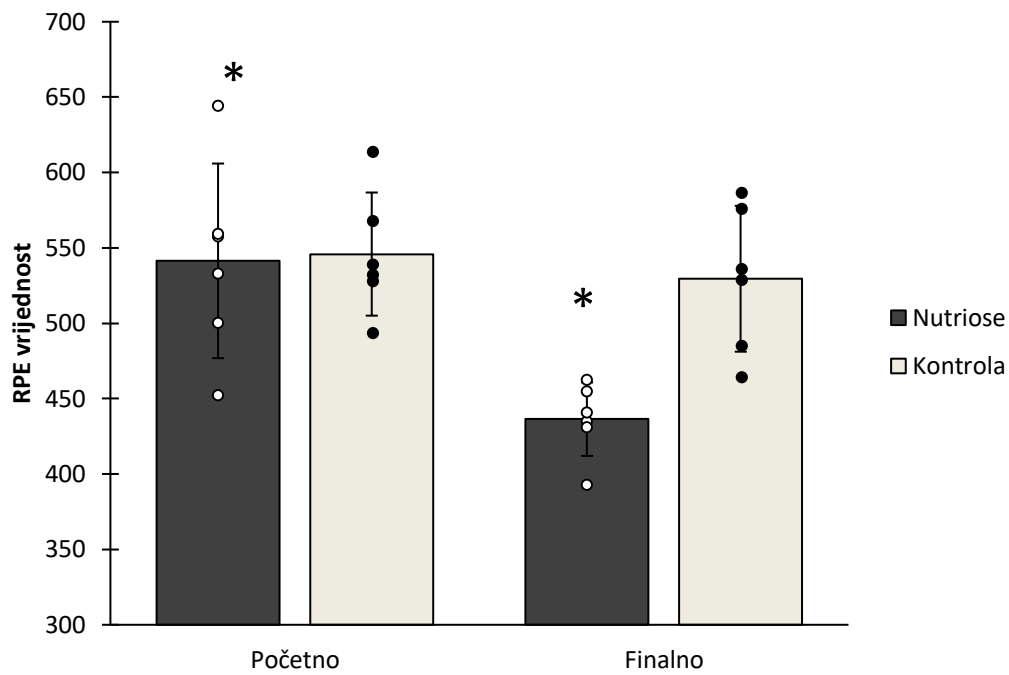
Rezultati 300MRT pokazuju slične vrijednosti na početku (eksperimentalni u odnosu na kontrolu: $(66,3 \pm 3,5)$ u odnosu na $(67,1 \pm 3,0)$) i na kraju uzimanja (eksperimentalni u odnosu na kontrolu: $(67,5 \pm 1,6)$ u odnosu na $(67,5 \pm 2,9)$). Nakon četiri tjedna treninga, utvrđeno je da grupa nije imala značajan utjecaj na rezultat ($p = 0,407$, $F = 0,707$ s $F_{crit} = 4,149$). Također, nije bilo primjetne razlike u rezultatima prije i poslije suplementacije ($p = 0,721$, $F = 0,129$ uz $F_{crit} = 4,149$). Također nije bilo značajne interakcije između skupina prije i nakon suplementacije ($p = 0,695$, $F = 0,157$ s $F_{crit} = 4,149$). Konačna mjerenja također nisu pokazala statističku značajnost između skupina sudionika koji su primali vlakna i kontrolne skupine ($(67,1 \pm 3,0)$ naspram $(67,5 \pm 2,9)$). Rezultati su prikazani u Slici 13.



Slika 13. Utjecaj topljivih vlakana na izdržljivost anaerobnog tipa 300MRT. Vrijednosti su prikazane kao individualni podaci i medijan \pm SD.

5.6. Utjecaj topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora (RPE)

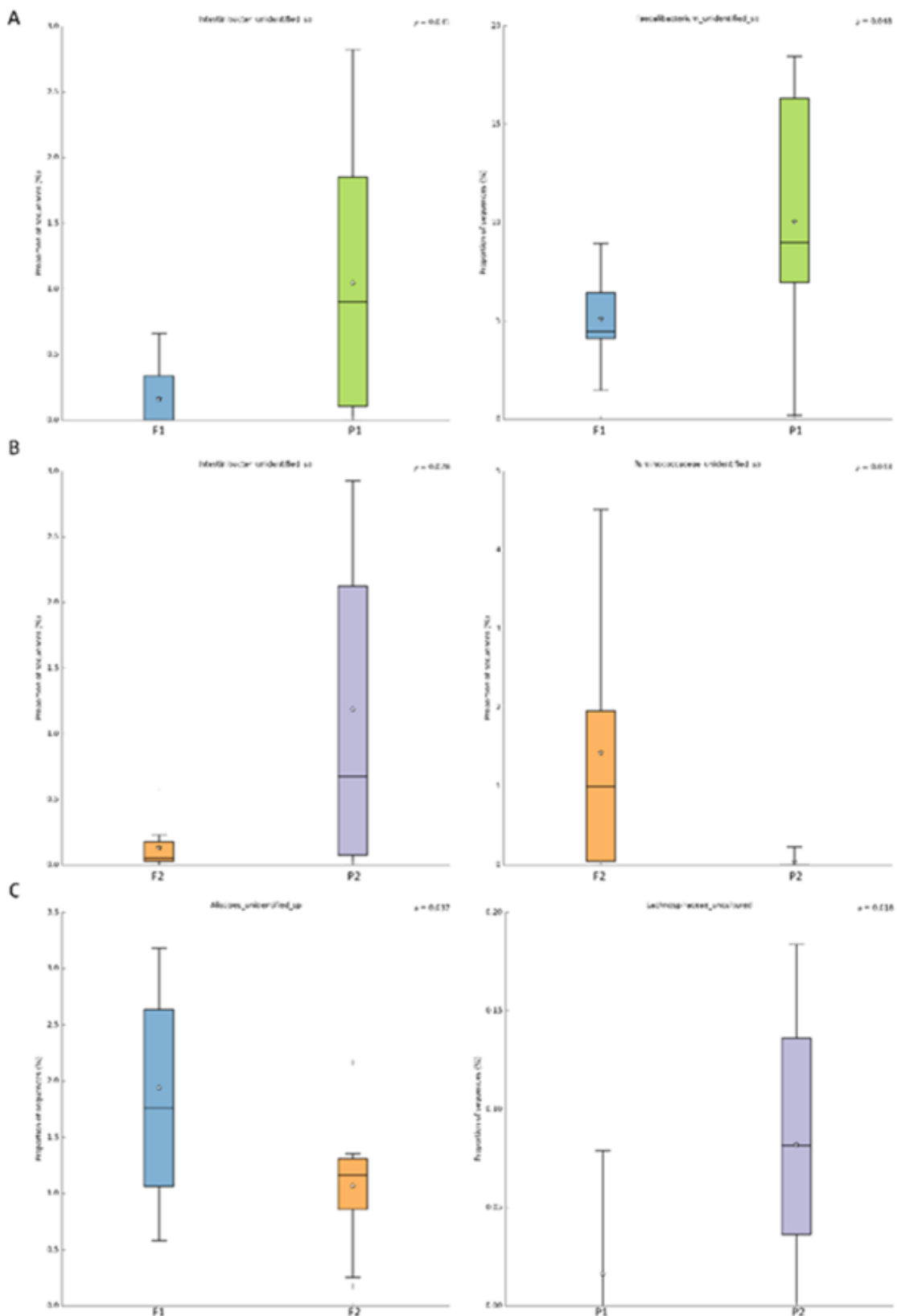
Vrijednosti RPE razlikuju se unutar eksperimentalne skupine prije i nakon uzimanja suplementa ((9,0 \pm 1,1) prema (7,3 \pm 0,4)) te na kraju između eksperimentalne i kontrolne skupine (8,8 \pm 0,1 prema 7,3 \pm 0,4). Dvosmjerna ANOVA s replikacijom pokazala je da je grupa imala značajan učinak na rezultat ($p=0,0193$, $F=6,472$ s $F_{crit}=4,351$). Također je postojala značajna razlika između rezultata prije i nakon uzimanja vlakana za subjektivni osjećaj umora ($p=0,0049$, $F=10,019$ s $F_{crit}=4,351$). Također je postojala značajna interakcija između skupina, prije i nakon uzimanja dodatka Nutriose ($p=0,0313$, $F=5,3607$ s $F_{crit}=4,351$). Rezultati su prikazani u Slici 14.



Slika 14. Utjecaj topljivih vlakana na subjektivni osjećaj umora, RPE. Statistička značajnost je kod eksperimentalne grupe * $p=0,0049$, za razliku od kontrolne. Vrijednosti su prikazane kao individualni podaci i medijan \pm SD.

5.7. Utjecaj topljivih vlakana na mikrobiom

Utjecaj dodavanja vlakana na mikrobiom crijeva procijenjen je praćenjem relativnog taksonomskog obilja u obje skupine sudionika u dvije vremenske točke. Vremenska točka 1, neposredno prije početka intervencije suplementacije i vremenska točka 2 neposredno nakon 4 tjedna perioda suplementacije vlaknima. I kontrolna skupina, koja je primala maltodekstrin prije (P1) i 4 tjedna nakon (P2), kao i eksperimentalna skupina s Nutriose® vlaknima prije (F1) i 4 tjedna nakon (F2), pokazale su sličnu distribuciju mikrobnih svojti na razini koljena – pri čemu je koljeno *Firmicutes* najzastupljenija u obje skupine (61,1 – 69,2 %), a slijede je koljeno *Bacteroidetes* (22,3 – 28,9 %) i *Actinobacteria* (7,3 – 11,2 %). Nisu pronađene značajne razlike u obilju na razini koljena, kako između skupina tako i između različitih vremenskih točaka. Na razini porodice najdominantnija u obje skupine bila je porodica *Lachnospiraceae*, s brojnošću u rasponu od 21,2 do 29,5 %, koja je bila zastupljenija u skupini koja je dobivala Nutriose® vlakna. Druga najzastupljenija porodica u obje skupine bila je *Ruminococcaceae* (17,9 – 18,8 %), a slijede je porodica *Bacteroidaceae* (8,5 – 17,5 %) i *Bifidobacteriaceae* (6,7 – 10,2 %). Nisu otkrivene značajne razlike u obilju na razini porodice. Samo su značajne razlike u brojnosti otkrivene na razini vrste. Brojnost dviju vrsta bila je značajno promijenjena između kontrolne skupine i skupine s dodatkom Nutriose® u početnoj vremenskoj točki 1 (P1 i F1) – neidentificirana vrsta iz roda *Intestinibacter* ($p=0,031$) i neidentificirana vrsta iz roda *Faecalibacterium* ($P=0,048$), oba su obilnija u kontrolnoj skupini (P1). Jedna vrsta – neidentificirana vrsta iz roda *Alistipes* pokazala je značajnu razliku u relativnoj brojnosti ($p=0,037$) između dvije vremenske točke u skupini koja je primala Nutriose® vlakna (F1 i F2), pokazujući pad brojnosti tijekom razdoblja intervencije od 4 tjedna. U skupini koja je dopunjena kontrolom u obliku maltodekstrina nije bilo vrsta sa značajno različitom zastupljenošću između dvije vremenske točke u kojima su uzeti uzorci fecesa. Na kraju intervencije relativna brojnost dviju vrsta značajno se razlikovala između kontrolne skupine i eksperimentalne skupine koja je dobivala Nutriose® vlakna – neidentificirane vrste iz roda *Intestinibacter* ($p=0,028$), koja je bila brojnija u skupini koja je uzimala maltodekstrin, i neidentificirane vrste iz roda *Ruminococcaceae* ($p=0,033$) koji je bio obilniji u skupini koja je primala Nutriose® vlakna. Utjecaj dodavanja vlakana na crijevni mikrobiom prikazan je na Slici 15.



Slika 15. Utjecaj suplementacije vlaknima na crijevnu mikrobiotu. (a) Razlika u obilju *Intestibacter unidentified sp.* i *Faecalibacterium unidentified sp.* (b) Razlika u brojnosti neidentificirane vrste iz roda *Intestinibacter* i neidentificirane vrste iz roda *Ruminococcaceae*. (c) Razlika u brojnosti neidentificirane vrste iz roda *Alistipes* i obitelji *Lachnospiraceae sp.*

6. RASPRAVA

U istraživanju je sudjelovalo 18 ispitanika iz istog kluba, u istom trenažnom procesu, u natjecateljskom periodu sezone, dakle u kontroliranim uvjetima s minimalnom mogućnošću vanjskih negativnih i/ili pozitivnih utjecaja na sportske performanse.

Primarni cilj istraživanja bio je odrediti utjecaj prehrambenih topljivih vlakana na sportske performanse. Dosad je samo jedno istraživanje povezivalo direktan utjecaj konzumiranja prebiotika tj., prehrambenih topljivih vlakana, na sportske performanse aerobnog i anaerobnog kapaciteta (Sugiyama i sur., 2017). Taj rad istražuje i utjecaj topljivih vlakana na negativno raspoloženje (engl Anger-Hostility score), odnosno test koji povezuje moguće utjecaje konzumacije prehrambenih vlakana na agresivno ponašanje i negativne emocije, no navedeni rad ne istražuje utjecaj prehrambenih topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora (RPE) (Staicu i Cutov, 2010). Iako navedeno istraživanje sugerira povezanost konzumacije topljivih prehrambenih vlakana i poboljšanja sportskih performansi tipa aerobnog i anaerobnog kapaciteta, a i prva hipoteza ovog rada govori da će ovo razdoblje suplementacije utjecati kako na aerobni, tako i na anaerobni kapacitet sudionika, u istraživanju nije utvrđeno poboljšanje navedenih kapaciteta odnosno poboljšanje kardiovaskularne izdržljivosti.

Osim toga, ovo istraživanje jedno je od rijetkih koje pokušava potvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na neuromuskularnu izdržljivost, odnosno na eksplozivnu snagu donjih ekstremiteta, eksplozivnu snagu vertikalnog tipa i tipa sprinta. Dakle, druga hipoteza istraživanja navodi da će 4 tjedna kontinuiranog uzimanja vlakana imati vidljiv učinak na neuromuskularnu izvedbu donjih ekstremiteta. Ova hipoteza nije potvrđena rezultatima, jer nisu dokazani nikakvi značajni učinci kod ovog konkretnog trajanja suplementacije vlaknima.

Sekundarni cilj istraživanja formuliran je u trećoj hipotezi kao utjecaj prehrambenih topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora, a prema dostupnim podacima, ovo istraživanje je jedno od rijetkih koje pokušava utvrditi takav direktan utjecaj prebiotika na subjektivan osjećaj umora prema RPE ljestvici. Rezultati istraživanja pokazuju statistički značajan utjecaj prehrambenih topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora.

Prema inicijalnim mjerenjima morfoloških karakteristika, a tiču se udjela masnog tkiva, mladi aktivni košarkaši, koji već imaju nizak udio masnog tkiva, nisu idealna skupina za proučavanje učinka suplementacije vlaknima na njezino smanjenje (Sansone i sur., 2022).

Zbog te spoznaje, razmatrala se mogućnost utjecaja vlakana na sastav tjelesne masti, ali to nije formulirano kao radna hipotezu, pošto je dobro poznata činjenica da je bez velikih intervencija

u prehrani ili drastičnijih promjena u volumenu i/ili intenzitetu treninga, vrlo teško smanjiti udio masnog tkiva za sportaše koji već imaju manje od 9 % udjela masnog tkiva.

Međutim, rezultati inicijalnih testova motoričkih vještina ukazali su na određeni prostor za poboljšanja, što je u skladu s nekim prethodnim studijama (Lorenz i sur., 2013).

Učinak trenažnog procesa dovodi do promjena u sastavu crijevne mikrobiote, bakterija koje obitavaju u ljudskom probavnom sustavu, a neka istraživanja pokazuju da postoji razlika u sastavu crijevne mikrobiote kod sportaša i nesportaša (O'Sullivan i sur., 2015; Mörkl i sur., 2017; Petersen i sur., 2017; Barton i sur., 2018).

Međutim, još uvijek nema konačnih studija koje povezuju konzumaciju probiotika i/ili prebiotika s poboljšanjem atletske izvedbe (Nichols, 2007; Salarkia i sur., 2013; Coqueiro i sur., 2017). Većina postojećih studija općenito ukazuje na zdravstvene dobrobiti konzumiranja probiotika i prebiotika, ali nema čvrstih dokaza o njihovim ergogenim svojstvima (Nichols, 2007; Barton i sur., 2018; Leite i sur., 2019). Učinci topljivih vlakana na morfološke karakteristike, tjelesnu masu i postotak potkožnog masnog tkiva kod prekomjerne tjelesne mase i pretilih osoba dobro su dokumentirani (Shing i sur., 2014; Thompson i sur., 2017). U tim slučajevima povećana konzumacija dijetalnih vlakana utječe na smanjenje udjela masnog tkiva, što nije slučaj kod sportaša u natjecateljskom programu (Garcin i sur., 1998; Díaz-Jiménez i sur., 2021).

Što se tiče preporuka za konzumaciju prehrambenih vlakana, preporuke za sportaše se ne razlikuju od ostatka populacije, osim na dan prije i na sam dan natjecanja kada se sugerira smanjenje konzumiranja prebiotika (Parker i sur., 2023). Rezultati dostupnih istraživanja ne pokazuju značajnije učinke na povećanje mišićne mase ili smanjenje udjela masnog tkiva (Díaz-Jiménez i sur., 2021).

Sukladno tome, ovo istraživanje nije pokazalo značajno smanjenje udjela masnog tkiva na ispitanicima s postotkom udjela masnog tkiva ispod 9 %.

6.1. Analiza dnevnika prehrane

Dijetetičke metode imaju određene nedostatke prilikom primjene u općoj populaciji, posebice one retrospektivne, a mahom se odnose na poteškoće u prisjećanju i pravilnoj procjeni porcija. Ti su nedostaci naprimjer neprijavlivanje uzimanja grickalica, preuveličavanja i podcjenjivanje

unos energije i tako dalje, no sportaši se susreću s nekim njima svojstvenim problemima prilikom analize prehrane i zaboravljanja prilikom procjene kakvoće prehrane. Prvi problem je periodizacija kod sportaša u smislu vremena treninga i vremena hranjenja, sljedeći problem je unos tekućine sportaša, a mogući nedostaci su i kod vegetarijanskog načina prehrane sportaša, određenih gastrointestinalnih problema, specifičnosti suplemenata i drugi. Sportaši najčešće zanemare ili zaborave ovakve stvari prilikom evaluacije njihove prehrane (Driskell i Wolinsky, 2016). Pravilnim i ponavljanim upoznavanjem ispitanika s principima ispunjavanja dnevnika prehrane u ovom istraživanju, pokušalo se ukloniti ili smanjiti utjecaj navedenih problema. Jedan ispitanik je naknadno prijavio da je izostavio kompletan unos tekućine u vidu mlijeka i izotonika. Taj trodnevni dnevnik prehrane je uklonjen iz jednadžbi ukupnog kalorijskog unosa, no bez obzira, takvi dnevnici vrijedni su bili u analizi unosa prehrambenih vlakana pošto navedene tekućine ne sadrže vlakna.

Iako ne postoji gornja granica preporučene konzumacije prehrambenih vlakana u danu, prema preporukama Europske agencije za sigurnost hrane, dnevno bi osobe starije od 18 godina trebale unositi 25 g prehrambenih vlakana (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies, 2010; O'Keefe, 2018). Preporuke se razlikuju, pa su tako preporuke za unos prehrambenih vlakana i do 38 g za osobe starije od 18 godina (Stephen i sur., 2017). Prema podacima dostupnim na službenim stranicama EU Science Hub-a Europske komisije, stanovnici u većini zemalja Europske Unije ne unose dovoljnu količinu prehrambenih vlakana (EU Science Hub: Dietary Fibre, 2011).

U ovom istraživanju je prosječni unos vlakana, dobiven analizom dnevnika prehrane prije početka uzimanja suplemenata i kroz 24-satno prisjećanje za vrijeme uzimanja suplemenata, pokazao razliku između skupina koja nije statistički značajna. Unos prehrambenih vlakana bio je ispod preporučene vrijednosti i u kontrolnoj i u eksperimentalnoj skupini (Stephen i sur., 2017). Uz suplementaciju, ukupni unos vlakana u eksperimentalnoj skupini porastao je iznad preporučene doze, dok je ukupni unos vlakana u kontrolnoj skupini ostao ispod preporučene vrijednosti.

Osim unosa prehrambenih vlakana, u dostupnim istraživanjima je primijećeno i veliko variranje unosa makronutrijenata u dnevnom unosu sportaša. Prilikom analize dnevnika prehrane španjolskih košarkaša i košarkašica starijih od 18 godina primijećena je velika razlika u unosu makronutrijenata, muškarci su konzumirali $2,7 \pm 0,8$ g/kg/dan ugljikohidrata dok je unos proteina bio $1,4 \pm 0,4$ g/kg/dan. S druge strane žene su konzumirale $1,4 \pm 0,4$ g/kg/dan

ugljikohidrata, a proteini su isto bili $1,4 \pm 0,5$ g/kg/ dan. Stvarni unos makronutrijenata i mikronutrijenata i jednima i drugima je većinom bio manji od preporučenog (Zamora i Belmonte, 2020).

Ovo istraživanje je pokazalo prosječni energetske unos kod svih ispitanika od 3274 kcal, eksperimentalna grupa 3625 kcal i kontrolna grupa 3157 kcal, što se čini niže od preporuka i potreba za ovu vrstu trenažnog procesa i antropometrijskih karakteristika igrača, pogotovo unutar natjecateljske sezone. Razlika u ukupnom kalorijskom unosu između eksperimentalne i kontrolne grupe je mala i nije statistički značajna. Najveći udio dnevnog energijskog unosa bio je iz masti (41,4 %), što dosta odskaka od preporuka za energetske raspodjelu dnevnog unosa za sportaše košarkaše (Castillo i sur., 2018). Unos masti u eksperimentalne grupe je 173,8 g/dan, a u kontrolne 128,1 g/dan, što čini statistički značajnu razliku unosa u količini, no kad se preračuna u postotak masti u energijskom unosu makronutrijenata, razlika više nije statistički značajna. Od masnih kiselina razlika se očitovala u unosu mononezasićenih masnih kiselina (eksperimentalna grupa 53,9 g prema kontrolnoj grupi 35,7 g) i polinezasićenih masnih kiselina (eksperimentalna grupa 43,8 prema kontrolnoj grupi 21,9 g). Dostupna istraživanja o utjecaju unosa slične količine masti u energetske raspodjeli, ne sugeriraju da povećani unos ove količine masti ima pozitivan utjecaj na sportske performanse (Burke, 2015). S druge strane, povećan unos masti utječe na crijevni mikrobiom i mijenja njegov sastav što može imati zdravstvene posljedice (Su i Liu, 2021). Istraživanje provedeno na 217 mladih, odraslih osoba (18 do 35 godina; indeks tjelesne mase ispod 28 kg/m^2 ; 48 % muškarci) kroz 6-mjesečno randomizirano kontrolirano ispitivanje uz tri različita obrasca prehrane (20 %, 30 %, i 40 % masti u dnevnoj energetske raspodjeli), pokazalo je da je visok unos masti kod zdravih mladih ljudi povezan s nepovoljnim promjenama u mikrobiomu crijeva, fekalnim metaboličkim profilima i proupalnim čimbenicima u plazmi (Wan i sur., 2019). Moguće benefite u optimizaciji prehrane s većim postotkom masti u dnevnoj energetske raspodjeli treba potražiti u naknadnom uspostavljanju uravnoteženog sastava crijevnog mikrobioma, što je moguće upravo s unosom prehrambenih vlakana. Takvo istraživanje o utjecaju sniženja previsokog unosa masti iz prehrane na sportske performanse, bilo bi interesantno provesti.

Nakon unosa masti, kao prvog izvora energije kod ispitanika, slijedi energetske unos iz ugljikohidrata (38,7 %) i proteina (16,6 %), čime su jedino proteini unošeni po pravilnim preporukama. Niži unos ugljikohidrata i namirnica bogatih ugljikohidratima može objasniti i niži unos prehrambenih vlakana. Iz dnevnika prehrane je dakle vidljivo da su igrači u prosjeku dnevno unosili 1,7 g/kg tjelesne mase proteina, 4,1 g/kg tjelesne mase ugljikohidrata i 27,7 g

prehrambenih vlakana. Razlike između grupa u unosu ugljikohidrata i proteina nisu statistički značajne.

Od četiri skupine hrane prema NOVA sustavu klasifikacije većina dnevnog unosa energije dolazi od neprocesirane i minimalno procesirane hrane (eksperimentalna grupa 43,2 % kcal prema kontrolnoj grupi 42,0 % kcal). Nema statističke značajnosti između grupa. Zatim slijedi dnevni unos od ultra procesirane hrane (eksperimentalna grupa 34,8 % kcal prema kontrolnoj grupi 29,7 % kcal) i procesirane hrane (eksperimentalna grupa 16,0 % kcal prema kontrolnoj grupi 17,2 % kcal) i obje ove skupine hrane, NOVA sustava klasifikacije, nemaju statističku značajnost. Takva raspodjela unosa energije ovog sustava klasifikacija je iznad preporuka, ali se poklapa s istraživanjima koja potvrđuju takav unos prerađene hrane u razvijenim zemljama (Moubarac i sur., 2017; Machado i sur., 2019). Procesirani kulinarski sastojci (eksperimentalna grupa 12,7 % kcal prema kontrolnoj grupi 13,8 % kcal) su posljednji po dnevnom unosu energije, s detektiranim problemom što su sadržavali uglavnom biljno ulje. Dvije najveće podskupine koje su davale dnevnu energiju iz UPF-a bili su keksi, kolači i slatki pekarski proizvodi te rekonstituirani mesni proizvodi, a u PF-u dominira svježih kruh. Iako nema točnih preporuka za unos pojedine skupine hrane prema NOVA klasifikaciji, za skupinu sportaša s posebnom brigom za zdravlje i kvalitetu sportske izvedbe, unos UPF i PF je previsok.

Analiza dnevnika prehrane je pokazala kako je nema razlike između grupa u unosu makronutrijenata kao niti u unosu procesiranih namirnica. Jedina statistički značajna razlika je bila u unosu količine masti, no kad se preračuna u postotak masti u energijskom unosu makronutrijenata, razlika više nije statistički značajna. Također nema razlike niti u unosu prehrambenih vlakana prije intervencije, te je jedina značajno promijenjena varijabla unos topljivih prehrambenih vlakana kod eksperimentalne grupe prema kontrolnoj grupi za vrijeme suplementacije ($p=0,021$). Analiza 24-satnog prisjećanja unosa hrane i pića je poslužila kako bi odredili ukupan unos vlakana za vrijeme intervencije.

6.2. Utjecaj topljivih vlakana na živčano-mišićni sustav

Topljiva prehrambena vlakna imaju nisku a ponekad i negativnu energijsku vrijednost. Na njihovim svojstvima poput osjećaja sitosti i slabljenja apsorpcije makronutrijenata baziraju se antinutritivni učinci i očekivani gubitak tjelesne mase i masnog tkiva (Coqueiro i sur., 2017). O tjelesnoj masi i brzim mišićnim vlaknima ovisi eksplozivna snaga vertikalnog tipa i tipa

sprinta (Macaluso i sur., 2012). Prilikom smanjenja masnog tkiva, a time i tjelesne mase tijekom trenažnog procesa, povećava se efikasnost eksplozivne snage vertikalnog tipa te time i visina skoka (Nikolaidis i sur., 2015).

S druge strane, nakon 4 tjedna suplementacije vlaknima u istraživanju nije utvrđeno značajno smanjenje tjelesne mase i potkožnog masnog tkiva, a također ni mjerenjima statistički značajne promjene visine u sedam različitih testova skoka. Test ponavljajućih skokova s pripremom, RJ15S, je pokazao statistički značajno smanjenje visine skoka unutar grupa, no finalni rezultat između grupa nisu pokazali statističku značajnost pa je taj rezultat mogao biti zanemaren. Pretpostavka je da trenažni proces tijekom natjecateljske sezone varira te je ukupno opterećenje prilagođeno natjecanju. Sustav dvostrukih dnevnih treninga i završna priprema za natjecanja može značajno utjecati na psihički i fizički umor te na rezultat eksplozivne snage, pogotovo na razliku opterećenja tijekom jednog tjedna (Budgett, 1998; Kataoka i sur., 2022). Kontrolom trenažnog procesa izbjegnute su moguće razlike u trenažnim opterećenjima tijekom svih tjedana suplementacije topljivim vlaknima. Dakle, nisu utvrđene statistički značajne razlike u eksplozivnoj snazi vertikalnog tipa, a također nisu utvrđene ni promjene u eksplozivnoj snazi tipa brzine. Moguće je da doza topljivih prehrambenih vlakana, od 17 grama dnevno, korištena u israživanju nije dovoljno velika za značajniji utjecaj na gubitak masnog tkiva kao i na brza mišićna vlakna.

6.3. Utjecaj topljivih vlakana na srčano-dišni sustav

Većina istraživanja utjecaja probiotika na sportske performanse uglavnom su orijentirana na srčano-dišni sustav, odnosno na kardiovaskularnu izdržljivost i to najviše u sportovima izdržljivosti (Díaz-Jiménez i sur., 2021). Nedostaju istraživanja utjecaja prebiotika na sportske performanse. Kao što je dosad navedeno, samo jedno istraživanje pokazuje mogući izravni utjecaj prebiotika na kardiovaskularnu izdržljivost (Sugiyama i sur., 2017). Posredni utjecaj se može tražiti preko zdravstvenih prednosti probiotika i prebiotika kod sportaša, kroz smanjenje oksidativnog stresa, mogućnost poboljšanja imuniteta i smanjenja slučajeva infekcija dišnog trakta te tako neizravnom vezom s pozitivnim učinkom na sportsku izvedbu (Macaluso i sur., 2012; Coqueiro i sur., 2017)

Kod većeg tjelesnog napora, poput treninga izdržljivosti, ovi pozitivni učinci mogu dovesti do kraćeg razdoblja oporavka od infekcije i ubrzane rehabilitacije infekcije dišnog sustava, što

dovodi do ranijeg povratka u trenažni proces (Marttinen, 2020). Osim spomenutih dobrobiti, studije nisu pokazale ergogene učinke nakon konzumacije (Garcin i sur., 1998; Barton i sur., 2018; Leite i sur., 2019). Nedostaju, dakle, druga istraživanja koja bi ukazala na izravan utjecaj prebiotika na kardiovaskularnu izdržljivost kao što ukazuje to jedno navedeno istraživanje (Sugiyama i sur., 2017). Prebiotička, topljiva vlakna, mogu imati uloge u organizmu sportaša na kojima bi se mogao temeljiti njihov pretpostavljeni ergogeni učinak povećanjem osjećaja sitosti, promicanjem zdrave mikrobiote i njezinih korisnih metabolita, poput omogućavanja sinteze kratkolančanih masnih kiselina (SCFA) (Guérin-Deremaux i sur., 2011; Clark i Mach, 2016). Sinteza SCFA mogla bi objasniti produženi unos energije i poboljšani anaerobni kapacitet. Međutim, u istraživanju nije pronađen statistički značajan učinak na srčano-dišni sustav, odnosno na aerobni i anaerobni kapacitet. Na temelju toga može se pretpostaviti da doza topljivih vlakana, kao i trajanje intervencije, možda nisu bili dovoljni za značajan učinak na kardiovaskularnu spremnost sportaša.

6.4. Utjecaj topljivih vlakana na subjektivan osjećaj umora

U jedan od dodatnih modela kod ocjenjivanja ograničavajućih čimbenika submaksimalnog treninga spada i psihološki model. Fiziološki, metabolički i biomehanički čimbenici mogu biti uzroci ograničenja ovog modela (Noakes, 2000; Lee i sur., 2021). Topljiva vlakna kroz svoje uloge u organizmu mogu utjecati na te uzroke na razne načine kao, naprimjer, poticanjem rasta zdrave mikrobiote i njezinih metabolita te omogućavanjem sinteze SCFA (Adams i sur., 2018). SCFA kao dodatni supstrat za metabolizam uglavnom se metabolizira u crijevnim i jetrenim enterocitima, a može se naći u plazmi, gušterači i mozgu (Kekkonen i sur., 2007; Marttinen i sur., 2020).

SCFA također djeluju kao signalna molekula koja modulira metabolizam drugih supstrata (Carey i Montag, 2021). Jedino istraživanje koncentracije SCFA u fecesu na ljudskim modelima, pokazuje da sportaši imaju veću koncentraciju SCFA u fecesu od kontrolne grupe opće populacije (Morrison i Preston, 2016). To može ukazivati na veću raznolikost mikrobiote i/ili pozitivan učinak treninga na sastav mikrobiote.

Poznato je da se SCFA, nastao kao produkt crijevne mikrobiote, koristi direktno u poprečno-prugastim mišićima te da postoje receptori za SCFA u cijelom živčanom sustavu čime posjeduje

sposobnost poboljšanja simpatičke aktivnosti (Nohr i sur., 2015; Nabney i Henagan, 2017; Barton i sur., 2018).

Ova istraživanja postavljaju pitanja o mogućem utjecaju topljivih prehrambenih vlakana kao supstrata za proizvodnju SCFA, na sportske performanse.

Utjecaj topljivih vlakana na ocjenu subjektivnog osjećaja umora, odnosno RPE sportaša dosad nije bio predmet istraživanja (Clark i Masch, 2016; Stavovci i sur., 2017; Quagliani i Felt-Gunderson, 2017; Rinninella i sur., 2019).

Dobiveni rezultati istraživanja su pokazali statističku značajnost u smanjenju subjektivnog osjećaja umora unutar eksperimentalne grupe na početku i kraju istraživanja, te finalnih rezultata između dvije grupe, eksperimentalne i kontrolne. Time je konzumacija topljivih prehrambenih vlakana Nutriose® tijekom 4 tjedna umanjila subjektivni osjećaj umora ispitanika eksperimentalne grupe. Objašnjenje rezultata se možda može protumačiti već spomenutim ulogama SCFA, ali bi bilo interesantno mjeriti koncentraciju SCFA u krvnoj plazmi tijekom trenažnog procesa i natjecanja, za vrijeme trajanja intervencije.

Iako sportski trening pozitivno utječe na zdravlje crijevne mikrobiote, nedostatak istraživanja na ljudskim modelima postavlja pitanje imaju li zdravlje crijevne mikrobiote, i unos prebiotika, utjecaj na sportske performanse. Potrebna su daljnja istraživanja u budućnosti kako bi dobili odgovor na to pitanje. Nedostatke istraživanja o utjecaju vlakana na subjektivan osjećaj umora možemo potražiti u količini suplementiranih topljivih prehrambenih vlakana od 17 g/dan, što je dosta ispod suplementirane doze od 50-60 g/dan koja je u nekim dostupnim istraživanjima davala nuspojave konzumiranja (Vacca i sur., 2020; Bojović i sur., 2020).

6.5. Utjecaj topljivih vlakana na mikrobiom

Iako je crijevna mikrobiota povezana s brojnim stanjima, njezin utjecaj na sportsku izvedbu uvelike je nedovoljno istražen (Mohr i sur., 2020). Pojmovi i koncepti kao što su disbioza, probiotici, prebiotici, zdrava mikrobiota ili zdrave bakterije sve se više koriste, no postojeće definicije za te pojmove u najboljem su slučaju nejasne (Rinninella i sur., 2019). U ovom istraživanju, latentna tema studije bila je prebiotički potencijal dodavanja više topljivih prehrambenih vlakana postojećoj prehrani, bez bilo kakvih promjena navika prehrane ili uvođenja drugih suplemenata. Iako je vremensko razdoblje same intervencije, odnosno

suplementacije topljivim prehranbenim vlaknima, bilo prilično kratko, a broj sudionika ograničen, ova ograničenja također imaju neke prednosti. Značajna prednost je mogućnost proučavanja visoko homogene i strogo kontrolirane grupe sudionika u vremenskom okviru u kojem će svaka značajna razlika koja se bilježi vjerojatno proizaći iz intervencije koja se proučava. Kako bi se procijenio utjecaj dodanih vlakana na crijevni mikrobiom, uzorci fecesa uzeti su neposredno prije intervencije s vlaknima i neposredno nakon 4 tjedna perioda suplementacije. Ove dvije vremenske točke pružile su uvid u sastav crijevne mikrobiote u obliku relativne zastupljenosti bakterijskih vrsta koje je čine.

U kontrolnoj skupini koja je uzimala maltodekstrin nije bilo zabilježenih vrsta sa značajno različitom zastupljenošću između dvije vremenske točke u kojima su uzeti uzorci fecesa.

Međutim, u tom su razdoblju postojale razlike između kontrolne skupine i eksperimentalne skupine koja je dodatno konzumirala topljiva vlakna. Jedna značajna razlika bila je relativno obilje bakterija koje pripadaju porodici *Lachnospiraceae*, koje su jedna od temeljnih porodica mikrobiote ljudskog crijeva za koje se zna da igraju ulogu i u zdravlju i u bolesti (Vacca i sur., 2020). Članovi taksona *Lachnospiraceae* uključeni su u proizvodnju različitih spojeva koji utječu na ljudsko zdravlje, prvenstveno kratkolančane masne kiseline (SCFA), a te su bakterije bile zastupljenije u skupini koja je primala vlakna. Postoje pokazatelji da dodavanje više vlakana prehrani može dovesti do više bakterija koje proizvode SCFA u crijevima, što čak može utjecati na naše ponašanje (Bishehsari i sur., 2018; Bojović i sur., 2020; Medawar i sur., 2021). Rodovi *Intestinibacter* i *Ruminococcaceae* također su pokazali značajnu statističku razliku između skupina, s manje *Intestinibacter* i više *Ruminococcaceae* u eksperimentalnoj skupini, koja je primala vlakna, nakon razdoblja intervencije, u usporedbi s kontrolnom skupinom. Najvjerojatnije su te bakterije među onima koje najbrže reagiraju na dodavanje vlakana u našu prehranu, budući da čak i intervencije s vlaknima u kraćem vremenskom razdoblju potvrđuju ove rezultate (Tian i sur., 2021).

Naposljetku, *Alistipes* je relativno novi dodatak mikrobioti, izoliran prvenstveno iz medicinskih kliničkih uzoraka, iako je mnogo manje zastupljen u usporedbi s drugim članovima iz roda *Bacteroidetes*, koji se često povezuju sa stanjima disbioze i bolesti (Nagai i sur., 2010). Ove su bakterije pokazale značajan pad zastupljenosti u relativnom obilju u skupini koja je primala Nutriose® vlakna. Saznanje da je ova bakterija povezana s nizom zdravstvenih problema povezanih s disbiozom ukazuje na prebiotski potencijal dodavanja topljivih vlakana u prehrani sportaša (Parker i sur., 2020).

6.6. Nedostaci istraživanja

Nedostaci istraživanja se prema već navedenom mogu naći u malom uzorku od 18 košarkaša samo jednog spola. Nedostatak istraživanja može biti i samostalna prehrana svakog ispitanika tijekom intervencije jer bi veću kontrolu imali u kompletno kontroliranoj prehrani, a nedostatak istraživanja je i kratko vremensko razdoblje od samo 4 tjedna. Bilo bi interesantno provesti istraživanje utjecaja vlakana na sportske performanse na većem broju ispitanika u strogo kontroliranim uvjetima individualizirane i praćene prehrane kroz duži vremenski period.

Sljedeći nedostatak je u samom provođenju dijetetičkih metoda, naprimjer neprijavlivanje uzimanja grickalica, preuveličavanja i podcjenjivanje unosa energije, no ispitanici se susreću i s problemom periodizacije kod sportaša u smislu vremena treninga i vremena hranjenja, unosa tekućine, vegetarijanskog načina prehrane, određenih gastrointestinalnih problema i specifičnosti suplemenata, ali to su i nedostaci dijetetičkih metoda.

Nedostaci istraživanja mogu se pronaći i u prikupljanju uzoraka fecesa, transportu i čuvanja do skladištenja.

Nedostatke istraživanja o utjecaju vlakana na subjektivan osjećaj umora možemo potražiti u količini suplementiranih topljivih prehrambenih vlakana od 17 g/dan. Ta količina suplementacije je ispod zabilježene suplementirane doze od 50-60 g/dan koja je davala nuspojave konzumiranja. Moguće je da ova doza topljivih prehrambenih vlakana, od 17 grama dnevno, nije dovoljna za znatniji utjecaj na živčano-mišićni i srčano-dišni sustav.

7. ZAKLJUČCI

U ovom radu procijenjen je utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na živčano-mišićni sustav, srčano-dišni sustav, subjektivan osjećaj umora prema RPE ljestvici, te je procijenjena hranjiva vrijednost i unos makronutrijenata grupe košarkaša u odnosu na prehrambene strategije i općeprihvaćene smjernice u prehrani sportaša.

Iz analize svih podataka unutar ove disertacije mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Rezultati istraživanja sugeriraju da topljiva prehrambena vlakna u dozi od 17 g/dan kroz 4 tjedna suplementacije ne utječu na živčano-mišićni sustav.
- Rezultati istraživanja sugeriraju da topljiva prehrambena vlakna u dozi od 17 g/dan kroz 4 tjedna suplementacije ne utječu na srčano-dišni sustav.
- Može se zaključiti da topljiva prehrambena vlakna smanjuju subjektivni osjećaj umora što bi mogao biti rezultat pozitivnog utjecaja topljivih prehrambenih vlakana na crijevni mikrobiom i njegove metabolite. Rezultati istraživanja sugeriraju da povećanje unosa prehrambenih vlakana u dozi od 17 g/dan kroz 4 tjedna u košarkaša poboljšava crijevni mikrobiom i odgađa treningom inducirani umor.
- Također se može zaključiti da topljiva prehrambena vlakna u dozi od 17 g/dan kroz 4 tjedna suplementacije ne izazivaju nikakve negativne nuspojave.
- Doza vlakana od 17 g/dan i kroz samo 4 tjedna suplementacije mijenja i poboljšava crijevni mikrobiom, time direktno utječe na opće zdravlje, ali istraživanje nije pokazalo takav direktan utjecaj suplementacije vlaknima u ovoj dozi na poboljšanje sportskih performansi. Potrebna su dodatna istraživanja koja bi dala odgovor imaju li prebiotici direktan utjecaj na sportske performanse, u kojoj dozi i pri kojem trajanju suplementacije.

Prehrambene navike ispitanika odgovaraju prehrambenim navikama opće populacije što nije dobar korak prema vrhunskom rezultatu u košarci. Prosječan unos procesirane hrane i nedostatan unos prehrambenih vlakana su prvi pokazatelji nedovoljno kvalitetne prehrane te bi se na tome trebala temeljiti promjena prehrambenih strategija ovih košarkaša. Buduća istraživanja trebaju dodatno istražiti trenutnu prehranu igrača kako bi se osigurala pravilne prehrambene strategije, a prehrambena vlakna postavila na zasluženno mjesto.

8. LITERATURA

- Abad, C.L., Safdar, N. (2009) The role of lactobacillus probiotics in the treatment or prevention of urogenital infections--a systematic review. *J. Chemother.* **21**(3), 243-52. doi: 10.1179/joc.2009.21.3.243.
- Abdelkrim, N. B., Castagna, C., El Fazaa, S., El Ati, J. (2010). The effect of players standard and tactical strategy on game demands in men's basketball. *J. Strength Cond. Res.* **24**(10), 2652-2662. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e2e0a3.
- Abdelkrim, N. B., Chaouachi, A., Chamari, K., Chtara, M., Castagna, C. (2010) Positional role and competitive-level differences in elite-level men's basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **24**(5), 1346-1355. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cf7510.
- Abdelkrim, N. B., El Fazaa, S., El Ati, J. (2007) Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Brit. J. Sport Med.* **41**(2), 69-75. doi: 10.1136/bjism.2006.032318.
- Adams, S., Sello, C.T., Gui-Xin, Q., Dongsheng, C., Rui, H. (2018) Does Dietary Fiber Affect the Levels of Nutritional Components after Feed Formulation? *Fibers* **6**(2), 29. doi: 10.3390/fib6020029.
- Aliasgharzadeh, A., Dehghan, P., Gargari, B.P., Asghari-Jafarabadi, M. (2015) Resistant dextrin, as a prebiotic, improves insulin resistance and inflammation in women with type 2 diabetes: a randomised controlled clinical trial. *Br. J. Nutr.* **113**(2), 321-30. doi: 10.1017/S0007114514003675.
- Alimetrics (2016) *DNA Sequence Analysis – The only species-specific approach for novel bacteria*, <<http://www.alimetrics.net/en/index.php/dna-sequence-analysis>>. Pritupljeno 18. lipnja 2022.
- Alkahtani, S., Aldayel, A. and Hopkins, M. (2019) Effects of Acute Eccentric Exercise on Appetite-Related Hormones and Food Preferences in Men. *American Journal of Men's Health* **13**(4), 155798831986158. doi:10.1177/1557988319861587.
- American College of Sports Medicine, American Dietetic Association and Dietitians of Canada (2000) Nutrition and Athletic Performance. *Med. Sci. Sport. Exer.* **32**(12), 2130–2145. doi:10.1097/00005768-200012000-00025.
- American Heart Association Nutrition Committee; Lichtenstein, A.H., Appel, L.J., Brands, M., Carnethon, M., Daniels, S., Franch, H.A., Franklin, B., Kris-Etherton, P., Harris, W.S., Howard, B., Karanja, N., Lefevre, M., Rudel, L., Sacks, F., Van Horn, L., Winston, M., Wylie-Rosett, J. (2006) Diet and lifestyle recommendations revision 2006: a scientific statement from the American Heart Association Nutrition Committee. *Circulation* **114**(1), 82-96. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.176158.
- Andermann, T., Antonelli, A., Barrett, R.L., Silvestro, D. (2022) Estimating Alpha, Beta, and Gamma Diversity Through Deep Learning. *Front Plant Sci.* **13**, 839407. doi: 10.3389/fpls.2022.839407.

- Anderson, J.W., Baird, P., Davis Jr, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V. and Williams, C.L. (2009) Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* **67**(4), 188–205. doi:10.1111/j.1753-4887.2009.00189.
- Arney, B.E., Glover, R., Fusco, A., Cortis, C., de Koning, J.J., van Erp, T., Jaime, S., Mikat, R.P., Porcari, J.P., FosterInt, C. (2018) Comparison of RPE (Rating of Perceived Exertion) Scales for Session RPE. *J. Sports Physiol. Perform.* **14**(7), 994-996. doi: 10.1123/ijsp.2018-0637.
- Baker, D., Nance, S. (1999) The Relation Between Strength and Power in Professional Rugby League Players. *J. Strength Cond. Res.* **13**(3), 224-229. doi:10.1519/1533-4287.
- Baker, L.B., Rollo, I., Stein, K.W., Jeukendrup, A.E. (2015) Acute effects of carbohydrate supplementation on intermittent sports performance. *Nutrients* **7**, 5733–5763. doi: 10.3390/nu7075249.
- Barber, T.M., Kabisch, S., Pfeiffer, A.F.H., Weickert, M.O. (2020) The health benefits of dietary fibre. *Nutrients* **12**(10), 3209. doi.org/10.3390/nu12103209.
- Barton, W., Penney, N.C., Cronin, O., Garcia-Perez, I., Molloy, M.G., Holmes, E., Shanahan, F., Cotter, P.D., O’Sullivan, O. (2018) The microbiome of professional athletes differs from that of more sedentary subjects in composition and particularly at the functional metabolic level. *Gut* **67**, 625–633. doi: 10.1136/gutjnl-2016-313627.
- Beck, K., Thomson, J.S., Swift, R.J. and von Hurst, P.R. (2015) Role of Nutrition in Performance Enhancement and Postexercise Recovery. *Open Access Journal of Sports Medicine* **6**(6), 259. doi:10.2147/oajsm.s33605.
- Beelen, M., Burke, L.M., Gibala, M.J. and van Loon, L.J.C. (2010) Nutritional Strategies to Promote Postexercise Recovery. *Int. J. Sport Nutr. Exe* **20**(6), 515–532. doi:10.1123/ijsnem.20.6.515.
- Bishehsari, F., Engen, P.A., Preite, N.Z., Tuncil, Y.E., Naqib, A., Shaikh, M., Rossi, M., Wilber, S., Green, S.J., Hamaker, B.R. (2018) Dietary Fiber Treatment Corrects the Composition of Gut Microbiota, Promotes SCFA Production, and Suppresses Colon Carcinogenesis. *Genes (Basel)* **9**(2), 102. doi: 10.3390/genes9020102.
- BLAST (2016) *Query Input and database selection*. BLAST – Basic Local Alignment Search Tool, <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?CMD=Web&PAGE_TYPE=BlastDocs&DOC_TYPE=BlastHelp>. Pristupljeno 3. kolovoza 2022.
- Bojović, K., Ignjatović, Đ., Soković Bajić, S., Vojnović Milutinović, D., Tomić, M., Golić, N., Tolinački, M. (2020) Gut Microbiota Dysbiosis Associated With Altered Production of Short Chain Fatty Acids in Children With Neurodevelopmental Disorders. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* **10**, 223. doi: 10.3389/fcimb.2020.00223.

- Bokulich, N.A., Kaehler, B.D., Rideout, J.R., Dillon, M., Bolyen, E., Knight, R. (2018) Optimizing taxonomic classification of marker-gene amplicon sequences with QIIME 2's q2-feature-classifier plugin. *Microbiome* **6**(1), 90. doi.org/10.1186/s40168-018-0470-z.
- Bolyen, E., Rideout, J.R., Dillon, M.R., Bokulich, N.A., Abnet, C.C., Al-Ghalith, G.A.. (2019) Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat. Biotechnol.* **37**(8), 852–857. doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9.
- Bongiovanni, T., Yin, M.O.L., Heaney, L.M. (2021) The athlete and gut microbiome: short-chain fatty acids as potential ergogenic aids for exercise and training. *Int. J. Sports Med.* **42**(13), 1143–1158. doi.org/10.1055/a-1524-2095.
- Borg, G.A. (1970) Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med.* **2**(2), 92-98. PMID: 5523831.
- Borg, G.A. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.* **14**(5), 377-81. PMID: 7154893.
- Bosco, C. (1992) La Valutazione della Forza con in Test di Bosco. Roma: Società Stampa Sportiva.
- Boto, L. (2009) Horizontal gene transfer in evolution: facts and challenges. *Proc. R. Soc. B.* **277**, 819–827,.doi:10.1098/rspb.2009.1679.
- Brini, S., Boullosa, D., Calleja-González, J., Ramirez-Campillo, R., Nobari, H., Castagna, C., Clemente, F.M., Ardigò, L.P. (2023) Neuromuscular and balance adaptations following basketball-specific training programs based on combined drop jump and multidirectional repeated sprint versus multidirectional plyometric training. *PLoS One* **18**(3):e0283026. doi: 10.1371/journal.pone.0283026.
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J.T., Keys, A. (1963) Densitometric Analysis of Body Composition: Revision of Some Quantitative Assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **110**, 113–140. doi: 10.1111/j.1749-6632.1963.tb17079.
- Budget, R. (1998) Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *Br. J. Sports Med.* **32**, 107–110.
- Burke, L.M., Loucks, A.B., Broad, N. (2006) Energy and carbohydrate for training and recovery. *J. Sport. Sci.* **24**, 675–685. doi: 10.1080/02640410500482602.
- Burke, L. (1995) Practical issues in nutrition for athletes. *J. Sport. Sci.* **13**, S83–S90. doi: 10.1080/02640419508732281.
- Burke L.M. (2015) Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the 'Nail in the Coffin' Too Soon? *Sports Med.* **45**(1), 33-49. doi: 10.1007/s40279-015-0393-9.
- Calero, C.D.Q., Rincón, E.O., Marqueta, P.M. (2020) Probiotics, prebiotics and synbiotics: useful for athletes and active individuals? A systematic review. *Benef. Microbes.* **11**(2), 135-149. doi: 10.3920/BM2019.0076.

- Calleja-González, J., Terrados, N., Mielgo-Ayuso, J., Delextrat, A., Jukic, I., Vaquera, A., Torres, L., Schelling, X., Stojanovic, M. and Ostojic, S.M. (2016) Evidence-based post-exercise recovery strategies in basketball. *The Physician and sports medicine*, **44**(1), 74–8. doi:10.1080/00913847.2016.1102033.
- Carey, R.A., Montag, D. (2021) Exploring the relationship between gut microbiota and exercise: short-chain fatty acids and their role in metabolism. *BMJ open Sport Exerc. Med.* **7**(2):e000930. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000930.
- Castillo, M., Lozano-Casanova, M., Sospedra, I., Norte, A., Gutiérrez-Hervás, A., Martínez-Sanz, J.M. (2018) Energy and Macronutrients Intake in Indoor Sport Team Athletes: Systematic Review. *Nutrients* **14**(22):4755. doi: 10.3390/nu14224755.
- Chaouachi, A., Brughelli, M., Chamari, K., Levin, G.T., Ben Abdelkrim, N., Laurencelle, L., Castagna, C. (2006) Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **23**(5), 1570-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e7f0.
- Clark, A., Mach, N. (2016) Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* **13**(43). doi: 10.1186/s12970-016-0155-6.
- Clarridge, J. E. (2004) Impact of 16S rRNA gene sequence analysis for identification of bacteria on clinical microbiology and infectious diseases. *Clin. Microbiol. Rev.* **7**(4), 840-62. doi: 10.1128/CMR.17.4.840-862.2004.
- Cock, P. J. A., Fields, C.J., Goto, N., Heuer, M.L., Rice, P.M. (2010) The Sanger FASTQ file format for sequences with quality scores, and the Solexa/Illumina FASTQ variants, *Nucl. Acids Res.* **38**, 1767-1771. doi: 10.1093/nar/gkp1137.
- Coffin, C.S. and Shaffer, E.A. (2006) The Hot Air and Cold Facts of Dietary Fibre. *Can. J. Gastroenterol.* **20**(4), 255–256. doi:10.1155/2006/390953.
- Coqueiro, A.Y., de Oliveira Garcia, A.B., Rogero, M.M., Tirapegui, J. (2017) Probiotic supplementation in sports and physical exercise: Does it present any ergogenic effect? *Nutr. Health* **23**, 239–249. doi: 10.1177/0260106017721000.
- Cuevas-Sierra, A., Milagro, F. I., Aranaz, P., Martínez, J. A., & Riezu-Boj, J. I. (2021) Gut microbiota differences according to ultra-processed food consumption in a Spanish population. *Nutrients* **13**(8), 2710. doi.org/10.3390/nu13082710.
- Čepnija, M., Hadžić, E., Oros, D., Melvan, E., Starcevic, A., Zucko J. (2023) Current Viewpoint on Female Urogenital Microbiome-The Cause or the Consequence? *Microorganisms* **11**(5), 1207. doi: 10.3390/microorganisms11051207.
- Davani-Davari, D., Negahdaripour, M., Karimzadeh, I., Seifan, M., Mohkam, M., Masoumi, S.J., Berenjian, A., Ghasemi, Y. (2019) Prebiotics: Definition, Types, Sources, Mechanisms, and Clinical Applications. *Foods* **8**(3), 92. doi: 10.3390/foods8030092.

Davis, J.K., Oikawa, S.Y., Halson, S., Stephens, J., O'Riordan, S., Luhrs, K., Sopena, B., Baker, L.B. (2022) In-Season Nutrition Strategies and Recovery Modalities to Enhance Recovery for Basketball Players: A Narrative Review. *Sports Med.* **52**(5):971-993. doi: 10.1007/s40279-021-01606-7.

Delecluse, C., Coppenolle, H., van Willems, E., Diels, R., Goris, M., Leemputte, M., Vuylsteke, M. (1995) Analysis of 100 m sprint performance as a multidimensional skill. *J. Hum. Mov. Stud.* **28**(2), 87-101. PMID: 7476066.

Den Besten G., van Eunen K., Groen A.K., Venema K., Reijngoud D.J., Bakker B.M. (2013) The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. *J. Lipid Res.* **54**,2325–2340. doi: 10.1194/jlr.R036012.

De Munter, J.S.L., Hu, F.B., Spiegelman, D., Franz, M. and van Dam, R.M. (2007) Whole Grain, Bran, and Germ Intake and Risk of Type 2 Diabetes: A Prospective Cohort Study and Systematic Review. *PLoS Medicine* **4**(8), 261. doi:10.1371/journal.pmed.0040261.

Díaz-Jiménez, J., Sánchez-Sánchez, E., Ordoñez, F.J., Rosety, I., Díaz, A.J., Rosety-Rodriguez, M., Rosety, M.Á., Brenes, F. (2021) Impact of Probiotics on the Performance of Endurance Athletes: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **18**(21):11576. doi: 10.3390/ijerph182111576.

Driskell, J.A. and Wolinsky, I. (2016) Nutritional assessment of athletes: Second edition. *Nutritional Assessment of Athletes: Second Edition*, pp.1–393.

Eck, K.M., Byrd-Bredbenner, C. (2021) Food choice decisions of Collegiate Division I Athletes: A qualitative exploratory study. *Nutrients* **13**(7), 2322. doi.org/10.3390/nu13072322.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (2010) Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* **8**, 1462.

Elizabeth, L., Machado, P., Zinöcker, M., Baker, P., & Lawrence, M. (2020) Ultra-processed foods and health outcomes: A narrative review. *Nutrients* **12**(7), 1955. doi.org/10.3390/nu12071955.

Esen, O., Rozwadowski, K., Cepicka, L., Gabrys, T., & Karayigit, R. (2022) Practical nutrition strategies to support basketball performance during international short-term tournaments: A narrative review. *Nutrients* **14**(22), 4909. doi.org/10.3390/nu14224909.

EU Science Hub: Dietary Fibre. European Commission.

Farhangi, M.A., Javid, A.Z., Sarmadi, B., Karimi, P., Dehghan, P. (2016) A randomized controlled trial on the efficacy of resistant dextrin, as functional food, in women with type 2 diabetes: Targeting the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and immune system. *Clin. Nutr.* **37**(4), 1216-1223. doi: 10.1016/j.clnu.2017.06.005.

Forshee, M.D., Sharda, D.R. (2018) Unlocking gut health with the prebiotic galactooligosaccharide (GOS) and probiotic *L. reuteri* to keep pathogenic *S. typhimurium* at bay. *The FASEB journal* **32**(S1), 874.4-874.4. doi.org/10.1096/fasebj.2018.32.1_supplement.874.4.

- Fox, E.L. (1980) Sport physiology. Saunders, Philadelphia.
- Galazoulas, C. (2017) Acute effects of static and dynamic stretching on the sprint and countermovement jump of basketball players. *Journal of Physical Education and Sport* **17**(1), 219 – 223. doi:10.7752/jpes.2017.01033
- Garcin, M., Vautier, J.F., Vandewalle, H., Wolff, M., Monod, H. (1998) Ratings of perceived exertion (RPE) during cycling exercises at constant power output. *Ergonomics* **41**, 1500–1509. doi: 10.1080/001401398186234.
- Gentle, H., Love, T., Howe, A. and Black, K. (2014) A randomised trial of pre-exercise meal composition on performance and muscle damage in well-trained basketball players. *J. Int. Soc. Sport Nutr.* **11**(1), 33. doi:10.1186/1550-2783-11-33.
- Gibson, G.R., Scott, K.P., Rastall, R.A., Tuohy, K.M., Hotchkiss, A., Dubert-Ferrandon, A., Gareau, M., Murphy, E.F., Saulnier, D., Loh, G., et al. (2010) Dietary prebiotics: Current status and new definition. *Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods* **7**, 1–19. doi: 10.1616/1476-2137.15880.
- Grieshober, J.A., Mehran, N., Photopolous, C., Fishman, M., Lombardo, S.J., Kharrazi, F.D. (2018) Vitamin D Insufficiency Among Professional Basketball Players: A Relationship to Fracture Risk and Athletic Performance. *Orthop. J. Sports Med.* **6**(5), 2325967118774329. doi: 10.1177/2325967118774329.
- Guérin-Deremaux, L., Pochat, M., Reifer, C., Wils, D., Cho, S., Miller, L.E. (2011) The soluble fiber NUTRIOSE induces a dose- dependent beneficial impact on satiety over time in humans. *Nutr. Res.* **31**(9), 665-672. doi: 10.1016/j.nutres.2011.09.004.
- Guillon, F. and Champ, M. (2000) Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Research International* **33**(3-4), 233–245. doi:10.1016/s0963-9969(00)00038-7.
- Hajibabaei, M., Singer, G.A., Hebert, P.D., Hickey, D.A. (2007) DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends Genet.* **23**(4), 167-72. doi: 10.1016/j.tig.2007.02.001.
- Harman, E.A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., Rosenstein, R.M. (1990) The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med. Sci. Sports Exer.* **22**(6), 825-33. doi: 10.1249/00005768-199012000-00015.
- Hampson, D.B., St Clair Gibson, A., Lambert, M.I., Noakes. T.D. (2001) The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. *Sports Med.* **31**(13), 935-52. doi: 10.2165/00007256-200131130-00004.
- Hassapidou, M.N., Fourtounopoulos, D., Efstratiou, E., Kitsou, S., Papakitsos, C. (2003) Dietary intakes of Greek basketball players. *Nutr. Food Sci.* **33**, 23–27. doi: 10.1108/00346650310459536.
- Hedrick, A. (1993) SPORTS-SPECIFIC: Strength and Power Training for Basketball. *Strenght Cond. J.* **15**(4), 31-36.

Hekmat, S., Soltani, H., Reid, G. (2009) Growth and survival of *Lactobacillus reuteri* RC-14 and *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 in yogurt for use as a functional food. *Innov. Food. Sci. Emerg.* **10**(2), 293-296. doi.org/10.1016/j.ifset.2008.10.007.

Hijová, E., Bertková, I., Štofilová, J. (2019) Dietary fibre as prebiotics in nutrition. *Cent. Eur. J. Publ. Heal.* **27**(3), 251–255. doi:10.21101/cejph.a5313.

Holway, F. E., Spriet, L. L. (2011) Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *J. Sport. Sci.* **29**(1), 115–125. doi.org/10.1080/02640414.2011.605459.

Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013 – 2024. Pristupljeno 3.4.2024.

Illumina (2016) 16S Metagenomic Sequencing library Preparation, <http://www.illumina.com/content/dam/illumina-support/documents/documentation/chemistry_documentation/16s/16s-metagenomic-library-prep-guide-15044223-b.pdf>. Pristupljeno 16. lipnja 2022.

Illumina (2010) Illumina Sequencing Technology, <http://www.illumina.com/documents/products/techspotlights/techspotlight_sequencing.pdf>. Pristupljeno 16. lipnja 2022.

Jackson, A.S., Pollock, M.L. (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *Br. J. Nutr.* **40**(3), 497-504. doi: 10.1079/bjn19780152.

Jakovljevic, S. T., Karalejic, M. S., Pajic, Z. B., Macura, M. M., & Erculj, F. F. (2012) Speed and agility of 12-and 14-year-old elite male basketball players. *J. Strength Cond. Res.* **26**(9), 2453-2459. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823f2b22.

Janda, J. M., Abbott, S. L. (2007) 16S rRNA Gene Sequencing for Bacterial Identification in the Diagnostic Laboratory: Pluses, Perils, and Pitfalls. *J. Clin. Microbiol.* **45**(9), 2761-4. doi: 10.1128/JCM.01228-07.

Jäger, R., Mohr, A. E., Carpenter, K. C., Kerksick, C. M., Purpura, M., Moussa, A., Townsend, J. R., Lamprecht, M., West, N. P., Black, K., Gleeson, M., Pyne, D. B., Wells, S. D., Arent, S. M., Smith-Ryan, A. E., Kreider, R. B., Campbell, B. I., Bannock, L., Scheiman, J. Antonio, J. (2019) International Society of Sports Nutrition Position Stand: Probiotics. *J. Int. Soc. Sport. Nutr.* **16**(1). doi.org/10.1186/s12970-019-0329-0.

Jelaska, I. (2011) Konstrukcija i evaluacija novog modela za evaluaciju uspješnosti u kompleksnim sportskim aktivnostima. *Split: Kineziološki fakultet, Doktorska disertacija.*

Kaić-Rak, A. i Antičić, K. (1990) *Tablice o sastavu namirnica i pića*, Zavod za zaštitu zdravlja SR Hrvatske, Zagreb.

Kariyawasam, A., Ariyasinghe, A., Rajaratnam, A., Subasinghe, P. (2019) Comparative study on skill and health related physical fitness characteristics between national basketball and football players in Sri Lanka. *BMC Res. Notes* **12**, 397. doi.org/10.1186/s13104-019-4434-6.

- Kataoka, R., Vasenina, E., Hammert, W.B., Ibrahim, A.H., Dankel, S.J., Buckner, S.L. (2022) Is there Evidence for the Suggestion that Fatigue Accumulates Following Resistance Exercise? *Sports Med.* **52**(1), 25-36. doi: 10.1007/s40279-021-01572-0.
- Kekkonen, R.A., Vasankari, T.J., Vuorimaa, T., Haahtela, T., Julkunen, I., Korpela, R. (2007) The effect of probiotics on respiratory infections and gastrointestinal symptoms during training in marathon runners. *Int. J. Sport. Nutr. Exerc. Metab.* **17**, 352–363. doi: 10.1123/ijsnem.17.4.352.
- Kloby Nielsen, L.L., Tandrup Lambert, M.N. and Jeppesen, P.B. (2020) The Effect of Ingesting Carbohydrate and Proteins on Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* **12**(5), 1483. doi:10.3390/nu12051483.
- Kraemer, W. J., Looney, D. P. (2012) Underlying mechanisms and physiology of muscular power. *Strength Cond. J.* **34**(6), 13-19. doi:10.1519/SSC.0b013e318270616d.
- Krmek, M. (2018) 'Morfološke karakteristike i motoričke sposobnosti mladih nogometaša: diplomski rad', Master's thesis, University of Split, Faculty of Kinesiology, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:221:973609>.
- Kuczynski, J., Stombaugh, J., Walters, W.A., González, A., Caporaso, J.G., Knight, R. (2012) Using QIIME to analyze 16S rRNA gene sequences from Microbial Communities. *Curr. Protoc. Microbiol.* **10**(7), 1-28. doi: 10.1002/9780471729259.mc01e05s27.
- Léger, L.A., Lambert, J. (1982) A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **49**(1), 1-12. doi: 10.1007/BF00428958.
- Lefranc-Millot, C., Wils, D., Roturier, J.M. (2009) NUTRIOSE® Soluble Fiber In: Fiber Ingredients – Food Applications and Health Benefits (Cho SS, Samuel P, eds). *New York: CRC Press.* pp19 – 40. doi:10.1201/9781420043853-c3.
- Lee, R., Nieman, D. (2012) Nutritional assessment: Sixth edition. MCGRAW-HILL US HIGHER ED. At: <https://books.google.hr/books?id=qdI0AAAAQBAJ>.
- Lee, M.C., Jhang, W.L., Lee, C.C., Kan, N.W., Hsu, Y.J., Ho, C.S., Chang, C.H., Cheng, Y.C., Lin, J.S., Huang, C.C. (2021) The Effect of Kefir Supplementation on Improving Human Endurance Exercise Performance and Antifatigue. *Metabolites* **11**(3), 136. doi: 10.3390/metabo11030136
- Leite, G.S.F., Resende Master Student A.S., West, N.P., Lancha, A.H.J. (2019) Probiotics and sports: A new magic bullet? *Nutrition* **60**, 152–160. doi: 10.1016/j.nut.2018.09.023.
- Li, S., Guerin-Deremaux, L., Pochat, M., Wils, D., Reifer, C., Miller, L.E. (2010) NUTRIOSE dietary fiber supplementation improves insulin resistance and determinants of metabolic syndrome in overweight men: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **35**(6), 773-82. doi: 10.1139/H10-074.
- Liu, W., Li, L., Khan, M.A., Zhu, F. (2012) Popular Molecular Markers in Bacteria. *Mol. Genet., Microbiol. and Virol.* **27**, 103-107. PMID: 22984767.

- Lorenz, D.S., Reiman, M.P., Lehecka, B.J., Naylor, A. (2013) What performance characteristics determine elite versus nonelite athletes in the same sport? *Sports health*. **5**(6), 542–547. doi.org/10.1177/1941738113479763.
- Luo, S., Soh, K.G., Zhao, Y., Soh, K.L., Sun, H., Nasiruddin, N.J.M., Zhai, X., Ma, L. (2023) Effect of core training on athletic and skill performance of basketball players: A systematic review. *PLoS One* **18**(6):e0287379. doi: 10.1371/journal.pone.0287379.
- Macaluso, F., Isaacs, A.W., Myburgh, K.H. (2012) Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. *J. Athl. Train.* **47**, 414–420. doi: 10.4085/1062-6050-47.4.13.
- Machado, P., Martinez Steele, E., Bertazzi Levy, R., Sui, Z. (2019) Ultra-processed foods and recommended intake levels of nutrients linked to non-communicable diseases in Australia: Evidence from a nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open* **9**(8), e029544. doi:10.1136/bmjopen-2019-029544.
- Marino, M., Puppo, F., Del Bo', C., Vinelli, V., Riso, P., Porrini, M., Martini, D. (2021) A systematic review of worldwide consumption of ultra-processed foods: findings and criticisms. *Nutrients* **13**(8), 2778. doi.org/10.3390/nu13082778.
- Marteau, P., Guerin-Deremaux, L., Wils, D., Cazaubiel, M., Housez, B. (2011) Short-term digestive tolerance of high-dose of NUTRIOSE®FB10 in adult. *Int. J. Food Sci. Nutr.* **62**(2), 97-101. doi: 10.3109/09637486.2010.511166.
- Martinen, M., Ala-Jaakkola, R., Laitila, A., Lehtinen, M.J. (2020) Gut Microbiota, Probiotics and Physical Performance in Athletes and Physically Active Individuals. *Nutrients* **12**(10), 2936. doi: 10.3390/nu12102936.
- Medawar, E., Haange, S.B., Rolle-Kampczyk, U., Engelmann, B., Dietrich, A., Thieleking, R., Wiegank, C., Fries, C., Horstmann, A., Villringer, A. (2021) Gut microbiota link dietary fiber intake and short-chain fatty acid metabolism with eating behavior. *Transl. Psychiatry* **11**, 500. doi: 10.1038/s41398-021-01620-3.
- McNabney, S.M., Henagan, T.M. (2017) Short Chain Fatty Acids in the Colon and Peripheral Tissues: A Focus on Butyrate, Colon Cancer, Obesity and Insulin Resistance. *Nutrients* **9**(12):1348. doi: 10.3390/nu9121348.
- Milanović, D., Šalaj, S., Jukić, I., Gregov, C. (2013) Teorija treninga: kineziologija sporta. *Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.*
- Mohr, A.E., Jäger, R., Carpenter, K.C., Kerksick, C.M., Purpura, M., Townsend, J.R., West, N.P., Black, K., Gleeson, M., Pyne, D.B., Wells, S.D., Arent, S.M., Kreider, R.B., Campbell, B.I., Bannock, L., Scheiman, J., Wissent, C.J., Pane, M., Kalman, D.S., Pugh, J.N., Ortega-Santos, C.P., ter Haar, J.A., Arciero, P.J., Antonio, J. (2020) The athletic gut microbiota. *J. Int. Soc. Sport. Nutr.* **17**(1), 24. doi: 10.1186/s12970-020-00353-w.
- Momirović, K. (1969) Faktorska struktura antropometrijskih varijabli. [Factor structure of anthropometric variables. In Croatian-Serbian.] Zagreb: Institut za kineziologiju, Visoka škola za fizičku kulturu.

- Monteiro, C.A., Cannon, G., Lawrence, M., Costa Louzada, M.L., Pereira Machado, P. (2019) *Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system*. Food and Agricultural organization of the United Nation.
- Morrison, D.J., Preston, T. (2016) Formation of short chain fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. *Gut Microbes* **7**, 189–200. doi: 10.1080/19490976.2015.1134082.
- Moubarac, J.C., Batal, M., Louzada, M.L., Martinez Steele, E., Monteiro, C.A. (2017) Consumption of ultra-processed foods predicts diet quality in Canada. *Appetite* **108**, 512-520. doi: 10.1016/j.appet.2016.11.006.
- Mörkl, S., Lackner, S., Müller, W., Gorkiewicz, G., Kashofer, K., Oberascher, A., Painold, A., Holl, A., Holzer, P., Meinitzer, A. (2017) Gut microbiota and body composition in anorexia nervosa inpatients in comparison to athletes, overweight, obese, and normal weight controls. *Int. J. Eat. Disord.* **50**, 1421–1431. doi: 10.1002/eat.22801.
- Mueller, E.R., Wolfe, A.J., Brubaker, L. (2017) Female urinary microbiota. *Curr. Opin. Urol.* **27**(3), 282-286. doi: 10.1097/MOU.0000000000000396.
- Nagai, F., Morotomi, M., Watanabe, Y., Sakon, H., Tanaka, R. (2010) *Alistipes indistinctus* sp. nov. and *Odoribacter laneus* sp. nov., common members of the human intestinal microbiota isolated from faeces. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **60**, 1296–1302. doi: 10.1099/ijs.0.014571-0.
- Nazare, J.A., Sauvinet, V., Normand, S., Guérin-Deremaux, L., Gabert, L., Désage, M., Wils, D., Laville, M. (2011) Impact of a resistant dextrin with a prolonged oxidation pattern on day-long ghrelin profile. *J. Am. Coll. Nutr.* **30**(1), 63-72. doi: 10.1080/07315724.2011.10719945.
- Neptune, R. R., Wright, I., Van den Bogert, A. J. (1999) Muscle coordination and function during cutting movements. *Med. Sci. Sport. Exer.* **31**, 294-302. doi: 10.1097/00005768-199902000-00014.
- Nichols, A.W. (2007) Probiotics and athletic performance: a systematic review. *Curr. Sports Med. Rep.* **6**, 269–273. PMID: 17618005.
- Nikolaidis, P.T., Asadi, A., Santos, E.J.A.M., Calleja-González, J., Padulo, J., Chtourou, H., Zemkova, E. (2015) Relationship of body mass status with running and jumping performances in young basketball players. *Muscles Ligaments Tendons J.* **5**(3), 187–194. doi: 10.11138/mltj/2015.5.3.187.
- Noakes, T.D. (2000) Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **10**, 123–145. doi: 10.1034/j.1600-0838.2000.010003123.x.
- Nøhr, M.K., Egerod, K.L., Christiansen, S.H., Gille, A., Offermanns, S., Schwartz, T.W., Møller, M. (2015) Expression of the short chain fatty acid receptor GPR41/FFAR3 in autonomic and somatic sensory ganglia. *Neuroscience* **290**, 126–137. doi: 10.1016/j.neuroscience.2015.01.040.

- O'Keefe, S. (2018) The Need to Reassess Dietary Fiber Requirements in Healthy and Critically Ill Patients. *Gastroenterol. Clin. N.* **47**(1), 219–229. doi: 10.1016/j.gtc.2017.10.005.
- O'Sullivan, O., Cronin, O., Clarke, S.F., Murphy, E.F., Molloy, M.G., Shanahan, F., Cotter, P.D. (2015) Exercise and the microbiota. *Gut Microbes* **6**, 131–136. doi: 10.1080/19490976.2015.1011875.
- Ostojic, S.M, Mazic, S., Dikic, N. (2006) Profiling in basketball: physical and physiological characteristics of elite players. *J. Strength Cond. Res.* **20**(4), 740-4. doi: 10.1519/R-15944.1.
- Papandreou, D., Eystathiadis, P., Bouzoukiu, V., Hassapidou, M., Tsitskaris, G., Garefis, A. (2007) Dietary assessment, anthropometric measurements and nutritional status of Greek professional athletes. *Nutr. Food Sci.* **37**, 338–344. doi: 10.1108/00346650710828361.
- Paradisis, G.P., Zacharogiannis, E., Mandila, D., Smirtiotou, A., Argeitaki, P., Cooke, C.B. (2014) Multi-Stage 20-m Shuttle Run Fitness Test, Maximal Oxygen Uptake and Velocity at Maximal Oxygen Uptake. *J. Hum. Kinet.* **41**, 81–87. doi: 10.2478/hukin-2014-0035.
- Parker, B.J., Wearsch, P.A., Veloo, A.C.M., Rodriguez-Palacios, A. (2020) The Genus *Alistipes*: Gut Bacteria With Emerging Implications to Inflammation, Cancer, and Mental Health. *Front. Immunol.* **11**, 906. doi: 10.3389/fimmu.2020.00906.
- Parker, C., Hunter, K.A., Johnson, M.A., Sharpe, G.R., Gibson, G.R., Walton, G.E., Poveda, C., Cousins, B., Williams, N.C. (2023) Effects of 24-week prebiotic intervention on self-reported upper respiratory symptoms, gastrointestinal symptoms, and markers of immunity in elite rugby union players. *Eur. J. Sport. Sci.* **23**(11), 2232-2239. doi: 10.1080/17461391.2023.2216657.
- Parks, D.H., Tyson, G.W., Hugenholtz, P., Beiko, R.G. (2014) STAMP: statistical analysis of taxonomic and functional profiles. *Bioinformatics* **30**(21), 3123–3124. doi.org/10.1093/bioinformatics/btu494.
- Pasman, W., Wils, D., Saniez, M.H., Kardinaal, A. (2006) Long-term gastrointestinal tolerance of NUTRIOSE FB in healthy men. *Eur. J. Clin. Nutr.* **60**(8), 1024-1034. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602418.
- Perica, A. (2011) Analiza i vrednovanje stanja pozicijske i tranzicijske obrane u košarkaškoj igri. *Split: Kineziološki fakultet, doktorska disertacija*.
- Petersen, L.M., Bautista, E.J., Nguyen, H., Hanson, B.M., Chen, L., Lek, S.H., Sodergren, E., Weinstock, G.M. (2017) Community characteristics of the gut microbiomes of competitive cyclists. *Microbiome* **5**, 98. doi: 10.1186/s40168-017-0320-4.
- Phillips, S.M. (2011) The science of muscle hypertrophy: Making dietary protein count. *Proc. Nutr. Soc.* **70**, 100–103. doi: 10.1017/S002966511000399X.
- Phillips, S.M., Van Loon, L.J. (2011) Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *J. Sport. Sci.* **29**, S29–S38. doi: 10.1080/02640414.2011.619204.

Prism, v. 8.0, GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA; 2022. Available from: <https://www.graphpad.com/features>.

Purty, R. S., Chatterjee, S. (2016) DNA Barcoding: An Effective Technique in Molecular Taxonomy. *Austin J. Biotechnol. Bioeng.* **3**(1), 1059-1069.

QIIME (2016) *Quantitative Insights Into Microbial Ecology*, QIIME – Quantitative Insights Into Microbial Ecology, <<http://qiime.org/>>. Pristupljeno 18. lipnja 2022.

Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P. (2013) The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res.* **41**, 590–596. doi.org/10.1093/nar/gks1219.

Quagliani, D., Felt-Gunderson, P. (2017) Closing America’s Fiber Intake Gap: Communication Strategies From a Food and Fiber Summit. *Am. J. Lifestyle Med.* **11**, 80–85. doi: 10.1177/1559827615588079.

Reid, G., Burton, J. (2002) Use of Lactobacillus to prevent infection by pathogenic bacteria. *Microbes Infect.* **4**(3), 319-324. doi: 10.1016/s1286-4579(02)01544-7.

Reid, G., Charbonneau, D., Erb, J., Kochanowski, B., Beuerman, D., Poehner, R., Bruce, A.W. (2003) Oral use of Lactobacillus rhamnosus GR-1 and L. fermentum RC-14 significantly alters vaginal flora: randomized, placebo-controlled trial in 64 healthy women. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.* **35**(2), 131-134. doi: 10.1016/S0928-8244(02)00465-0.

Reilly, T. and Thomas, V. (1976) A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J. Hum. Movement Stud.* **2**, 87-89.

Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J.E., Martin, A. (2000) Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **40**(2), 162-169. PMID: 11034438.

Rinninella, E., Raoul, P., Cintoni, M., Franceschi, F., Miggiano, G.A.D., Gasbarrini, A., Mele, M.C. (2019) What is the Healthy Gut Microbiota Composition? A Changing Ecosystem across Age, Environment, Diet, and Diseases. *Microorganisms* **7**(1), 14. doi: 10.3390/microorganisms7010014.

Roux, S., Enault, F., Bronner, G., Debross, D. (2011) Comparison of 16S rRNA and protein-coding genes as molecular markers for assessing microbial diversity (Bacteria and Archaea) in ecosystems. *FEMS Microbiol. Ecol.* **78**, 617-628. doi: 10.1111/j.1574-6941.2011.01190.x.

Russell, W.R., Baka, A., Björck, I., Delzenne, N., Gao, D., Griffiths, H.R., Hadjilucas, E., Juvonen, K., Lahtinen, S., Lansink, M., Loon, L.V., Mykkänen, H., östman, E., Riccardi, G., Vinoy, S. and Weickert, M.O. (2013) Impact of Diet Composition on Blood Glucose Regulation. *Crit. Rev. Food Sci.* **56**(4), 541–590. doi:10.1080/10408398.2013.792772.

Sabre - A barcode demultiplexing and trimming tool for FastQ files, najoshi, Davis, CA, USA; 2011. Available from: <https://github.com/najoshi/sabre>.

Salarkia, N., Ghadamli, L., Zaeri, F., Sabaghian, Rad, L. (2013) Effects of probiotic yogurt on performance, respiratory and digestive systems of young adult female endurance swimmers: a randomized controlled trial. *Med. J. Islam. Repub. Iran* **27**, 141–146. PMID: 24791124.

Sansone, P., Makivic, B., Csapo, R., Hume, P., Martínez-Rodríguez, A., Bauer, P. (2022) Body fat of basketball players: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* **8**(1), 26-47. doi.org/10.1186/s40798-022-00418-x

Scanlan, A.T., Tucker, P.S., Dascombe, B.J., Berkelmans, D.M., Hiskens, M.I. and Dalbo, V.J. (2015) Fluctuations in Activity Demands Across Game Quarters in Professional and Semiprofessional Male Basketball. *J. Strength Cond. Res.* **29**(11), 3006–3015. doi: 10.1519/jsc.0000000000000967.

Scanlan, A., Dascombe, B., Reaburn, P. (2011) A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *J. Sport. Sci.* **29**(11), 1153-1160. doi: 10.1080/02640414.2011.582509.

Scanlan, A. T., Dascombe, B. J., Reaburn, P., Dalbo, V. J. (2012) The physiological and activity demands experienced by Australian female basketball players during competition. *J. Sci. Med. Sport.* (4), 341-347. doi: 10.1016/j.jsams.2011.12.008.

Schröder, H., Navarro, E., Mora, J., Seco J., Torregrosa, J.M., Tramullas, A. (2004) Dietary habits and fluid intake of a group of elite Spanish basketball players: A need for professional advice? *Eur. J. Sport Sci.* **4**, 1–15. doi: 10.1080/17461390400074204.

Schroder, H., Navarro, E., Mora, J., Seco, J., Torregrosa, J.M., Tramullas, A. (2002) The type, amount, frequency and timing of dietary supplement use by elite players in the First Spanish Basketball League. *J. Sport. Sci.* **20**(4), 353–358. doi.org/10.1080/026404102753576134.

Shing, C.M., Peake, J.M., Lim, C.L., Briskey, D., Walsh, N.P., Fortes, M.B., Ahuja, K.D.K., Vitetta, L. (2014) Effects of probiotics supplementation on gastrointestinal permeability, inflammation and exercise performance in the heat. *Eur. J. Appl. Physiol.* **114**, 93–103. doi: 10.1007/s00421-013-2748-y.

Slavin J. (2013) Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients* **5**, 1417–1435. doi: 10.3390/nu5041417.

Sousa, M., Fernandes, M. J., Soares, J., Moreira, P., Teixeira, V. H. (2016) Nutritional supplement-usage associated characteristics of high-performing athletes. *Brit. Food J.* **118**(1), 26–39. doi.org/10.1108/BFJ-03-2015-0088.

Staicu, M.L., Cuțov, M. (2010) Anger and health risk behaviors. *J. Med. Life* **3**(4), 372–5. PMID: 21254733.

Statovci, D., Aguilera, M., MacSharry, J., Melgar, S. (2017) The Impact of Western Diet and Nutrients on the Microbiota and Immune Response at Mucosal Interfaces. *Front Immunol.* **8**, 838. doi: 10.3389/fimmu.2017.00838.

Stephen, A.M., Champ, M.M.J., Cloran, S.J., Fleith, M., van Lieshout, L., Mejbourn, H., Burley, V.J. (2017) Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources,

recommendations, intakes and relationships to health. *Nutr. Res. Rev.* **30**(2), 149–190. doi:10.1017/s095442241700004x.

Stinson L.F., Payne M.S., Keelan J.A. (2017) Planting the seed: Origins, composition, and postnatal health significance of the fetal gastrointestinal microbiota. *Crit. Rev. Microbiol.* **43**, 352–369. doi: 10.1080/1040841X.2016.1211088.

Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A.T., Dalbo, V.J., Berkelmans, D.M. and Milanović, Z. (2017) The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports Medicine* **48**(1), 111–135. doi:10.1007/s40279-017-0794-z.

Su, Q., Liu, Q. (2021) Factors Affecting Gut Microbiome in Daily Diet. *Front Nutr.* **8**, 644138. doi: 10.3389/fnut.2021.644138.

Sugiyama, F., Yamaguchi, T., Hu, A., Kobayashi, A., Kobayashi, H. (2017) Effects of Fiber Supplementation for Four Weeks on Athletic Performance in Japanese College Athletes: A Case Study—Measurement of the Athletic Performance, Salivary Biomarkers of Stress, and Mood, Affect Balance. *Health (Irvine Calif)* **09**, 556–567. doi: 10.4236/health.2017.93039.

Supplementary_ANOVA.xlsx, doi.org/10.17632/3s432m9gyx.1.

Šatalić, Z., Jirka Alebić, I. (2008) Dijetetičke metode i planiranje prehrane. *Medicus*, **17**(1), 27–36. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/38032>.

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. *J. Acad. Nutr. Diet.* **116**(3), 501–528. doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006.

Thompson, F.E., Subar, A.F. (2017) Dietary assessment methodology.

Thompson, S.V., Hannon, B.A., An, R., Holscher, H.D. (2017) Effects of isolated soluble fiber supplementation on body weight, glycemia, and insulinemia in adults with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* **106**, 1514–1528. doi: 10.3945/ajcn.117.163246.

Tian, T., Zhang, X., Luo, T., Wang, D., Sun, Y., Dai, J. (2021) Effects of Short-Term Dietary Fiber Intervention on Gut Microbiota in Young Healthy People. *Diabetes Metab. Syndr. Obes.* **14**, 3507–3516. doi: 10.2147/DMSO.S313385.

TIBCO Statistica, v. 13.0, TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA; 2017. Available from: <https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>.

Utter, A.C., Kang, J., Nieman, D.C., Dumke, C.L., McAnulty, S.R. (2006) Validation of Omni scale of perceived exertion during prolonged cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.* **38**(4), 780–786. doi: 10.1249/01.mss.0000210201.25447.3b.

- Vacca, M., Celano, G., Calabrese, F.M., Portincasa, P., Gobetti, M., De Angelis, M. (2020) The Controversial Role of Human Gut Lachnospiraceae. *Microorganisms* **8**(4), 573. doi: 10.3390/microorganisms8040573.
- Van den Heuvel, E.G., Wils, D., Pasman, W.J., Bakker, M., Saniez, M.H., Kardinaal, A.F. (2004) Short-term digestive tolerance of different doses of NUTRIOSE FB, a food dextrin, in adult men. *Eur. J. Clin. Nutr.* **58**(7), 1046-1055. doi: 10.1038/sj.ejcn.1601930.
- Van den Heuvel, E.G., Wils, D., Pasman, W.J., Saniez, M.H., Kardinaal, A.F. (2005) Dietary supplementation of different doses of NUTRIOSE FB, a fermentable dextrin, alters the activity of faecal enzymes in healthy men. *Eur. J. Nutr.* **44**(7), 445-51. doi: 10.1007/s00394-005-0552-0.
- Van Loon, L.J., Kruijshoop, M., Verhagen, H., Saris, W.H., Wagenmakers, A.J. (2000) Ingestion of protein hydrolysate and amino acid-carbohydrate mixtures increases postexercise plasma insulin responses in men. *J. Nutr.* **130**, 2508-2513. doi: 10.1093/jn/130.10.2508.
- Van Staveren, W.A., Ocke, M.C. (2006) Estimation of dietary intake in BA Bowman & RMRussell (eds), Present knowledge nutrition volume II. *ILSI Press, Wahington DC*, 795-806.
- Vermorel, M., Coudray, C., Wils, D., Sinaud, S., Tressol, J.C., Montaurier, C., Vernet, J., Brandolini, M., Bouteloup-Demange, C., Rayssiguier, Y. (2004) Energy value of a low-digestible carbohydrate, NUTRIOSE FB, and its impact on magnesium, calcium and zinc apparent absorption and retention in healthy young men. *Eur. J. Nutr.* **43**(6), 344-352. doi: 10.1007/s00394-004-0477-z.
- Vittori, C. (1995) Monitoring the training of the sprinter. *IAAF* **10**(3), 39-44.
- Walker, A., Pfitzner, B., Harir, M., Schaubeck, M., Calasan, J., Heinzmann, S.S., Turaev, D., Rattei, T., Endesfelder, D., Castell, W.Z. (2017) Sulfonolipids as novel metabolite markers of *Alistipes* and *Odoribacter* affected by high-fat diets. *Sci. Rep.* **7**, 11047. doi: 10.1038/s41598-017-10369-z.
- Weickert, M.O., Pfeiffer, A.F.H. (2008) Metabolic Effects of Dietary Fiber Consumption and Prevention of Diabetes. *J. Nutr.* **138**(3), 439-442. doi:10.1093/jn/138.3.439.
- Williams, N. (2017) The Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine* **67**(5), 404-405. doi:10.1093/occmed/kqx063.
- Wong, J.M.W., Jenkins, D.J.A. (2007) Carbohydrate Digestibility and Metabolic Effects. *J. Nutr.* **137**(11), 2539S-2546S. doi:10.1093/jn/137.11.2539s.
- Wosinska, L., Cotter, P.D., O'Sullivan, O., Guinane, C. (2019) The Potential Impact of Probiotics on the Gut Microbiome of Athletes. *Nutrients* **11**(10), 2270. doi: 10.3390/nu11102270.
- Ziv, G., Lidor, R. (2009) Physical Attributes, Physiological Characteristics, On-Court Performances and Nutritional Strategies of Female and Male Basketball Players. *Sports Medicine* **39**(7), 547-568. doi:10.2165/00007256-200939070-00003.

Zamora, A.J., Belmonte, M.L. (2020) Evaluation of anthropometric and nutritional assessment of basketball players. *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte* **37**(198), 244–252. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7660868> [Pristupljeno 31 .8. 2022].

Zhang, L., Xiao, H., Zhao, L., Liu, Z., Chen, L., Liu, C. (2023) Comparison of the Effects of Prebiotics and Synbiotics Supplementation on the Immune Function of Male University Football Players. *Nutrients* **15**(5), 1158. doi: 10.3390/nu15051158.

Zimmerman, T.P., Hull, S.G., McNutt, S., Mittl, B., Islam, N., Guenther, P.M., Thompson, F.E., Potischman, N.A., Subar, A.F. (2009) Challenges in converting an interviewer-administered food probe database to self-administration in the National Cancer Institute automated self-administered 24-hour recall (ASA24). *J. Food Compos. Anal.* **22**, 48–51. doi:10.1016/j.jfca.2009.02.003.

POPIS KRATICA

RPE	Rating of Perceived Exertion
CR 10	Category-ratio 10
NBA	National Basketball Association
ATP	Adenosine triphosphate
ISSAP	International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics
EFSA	The European Food Safety Authority
LDL	Low-density lipoprotein
SCFA	Short-chain fatty acid
FAO	Food and Agriculture Organization
UMPF	Unprocessed or minimally processed foods
PCI	Processed culinary ingredients
PF	Processed foods
UPF	Ultra-processed foods
FFQ	Food frequency questionnaire
HMP	Human Microbiome Project
RNA	Ribonucleic acid
DNA	Deoxyribonucleic acid
PCR	Polymerase Chain Reaction
QIIME	Quantitative Insights Into Microbial Ecology
USDA	United States Department of Agriculture
FIBA	International Basketball Federation
ANNAD	kožni nabor nadlaktice
ANL	kožni nabor na leđima
ANP	kožni nabor na prsima
ANT	kožni nabor na trbuhu
ANSIL	kožni nabor suprailiokristalno
ANNAT	kožni nabor natkoljenice
ANAKS	kožni nabor aksilarni
EP05M	Explosive Power 5 m
EP10M	Explosive Power 10 m

EP20M	Explosive Power 20 m
SJ	squat jump,
CMJ	countermovement jump,
CMJLF	countermovement jump LF-left foot
CMJRF	countermovement jump RF right foot,
VJMAX	maximum countermovement jump,
RJ15S	repeated countermovement jumps 15 s
RSJ5	five repeated stiffness jumps
300MRT	300 meters run test

PRILOZI

- PRILOG 1 – Informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju
- PRILOG 2 – Trodnevni dnevnik prehrane
- PRILOG 3 – 24-satno prisjećanje
- PRILOG 4 – ANOVA-T

- Supplementary figure 1.
- Supplementary figure 2.
- Supplementary ANOVA
- Supplementary DATA

INFORMIRANI PRISTANAK NA SUDJELOVANJE U ISTRAŽIVANJU

NASLOV (NAZIV) ISTRAŽIVANJA: Utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost i odgodu umora u košarkaša

MJESTO ISTRAŽIVANJA: Prehrambeno-biotehnološki fakultet i Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

IME I PREZIME VODITELJA ISTRAŽIVANJA (ISPITIVAČA): Edin Hadžić

Poštovani,

Pozivamo da u svojstvu ispitanika sudjelujete u znanstvenom istraživanju u kojem se ispituje - Utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na sportsku učinkovitost i odgodu umora u košarkaša. Istraživanje će biti dvostruko slijepo i ispitaniku se neće isplaćivati naknada za sudjelovanje.

Želimo da sudjelujete zato što prema svojim igračkim karakteristikama i radnim navikama predstavljate izabranu kategoriju vrhunskog sportaša košarkaša. Voditelj istraživanja je Edin Hadžić, dipl.ing. preh. biotekhnol. Istraživanje će se provesti u Zagrebu, na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu i Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te u terminima i prostorima Košarkaškog kluba Medveščak, a financira ga HRZZ projekt MicroEquilibrium. Istraživanje se provodi u svrhu izrade doktorata. Molimo Vas pažljivo pročitajte ovaj Informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju u kojem se objašnjava zašto se ispitivanje provodi i koji bi mogli biti rizici za Vaše zdravlje ukoliko pristanete sudjelovati.

U slučaju da ne razumijete bilo koji dio Informiranog pristanka molimo Vas da se za objašnjenje obratite ispitivaču u istraživanju. Vaše sudjelovanje u ovom ispitivanju je dobrovoljno i možete se u bilo kojem trenutku povući. Ukoliko odlučite sudjelovati u ovom istraživanju od Vas će se tražiti da potpišete Informirani pristanak uz naznaku datuma. Informirani pristanak potpisuje i istraživač, a potpisan preslik Informiranog pristanka dobit ćete osobno prije početka navedenog istraživanja. Original Informiranog pristanka nalazi se kod istraživača ovog ispitivanja.

Istraživači koji provode ovo istraživanje neće primiti nikakvu financijsku naknadu.

Specifični dio – oblikuje se prema naravi istraživanja

PODACI O ISTRAŽIVANJU

Topljiva prehrambena vlakna su nedostupna enzimima ljudskog probavnog sustava ali mogu poslužiti kao hrana mikroorganizmima probavnog trakta koji ih razgrađuju te čine dostupne ljudskom probavnom sustavu. Tako vlakna osim što postaju dostupan, dodatni izvor energije domaćinu, moguće da imaju i

antistresni učinak te odgađaju osjećaj umora. Istraživanje će se baviti takvim pozitivnim utjecajem topljivih vlakana na sportaše. Dakle, primarni cilj istraživanja je utvrditi utjecaj topljivih prehrambenih vlakana na povećanje sportske učinkovitosti, dok je sekundarni cilj utvrditi utjecaj vlakana na odgodu umora kod košarkaša.

Ispitanici će slučajnim odabirom biti podjeljeni u dvije skupine: eksperimentalna skupina u trenažnom procesu uz suplementaciju topljivim vlaknima i kontrolna skupina u trenažnom procesu uz suplementaciju placebo.

Od ispitanika se očekuje da ispune dnevnik prehrane i upitnik tri dana prije početka istraživanja i tri dana prije kraja, da daju uzorak stolice četiri puta tijekom dva mjeseca te da redovito kroz 28 dana konzumiraju vlakna pakirana za takvu namjenu.

Tijekom istraživanja ispitanici su kontinuirano, svakodnevno u kontaktu sa istraživačem te mogu odgovoriti i potvrditi da redovno ispunjavaju svoje preuzete obveze. Ispitanicima je predloženo da ne mijenjaju prehranu dva tjedna prije i tijekom cijelog istraživanja od svoje uobičajene prehrane.

Od ispitanika se očekuje da redovito treniraju u svojem timu te da ne mijenjaju samostalno broj i volumen treninga.

Ispitanicima će prije početka uzimanja topljivih vlakana biti mjerene morfološke karakteristike (visina, težina, potkožno masno tkivo, opseg kukova i bokova) te antropometrijskim metodama snaga nogu (vertikalni skok i kratki sprint) te aerobna i anaerobna izdržljivost.

Ista mjerenja će biti nakon 28 dana suplementacije vlaknima i redovitog treniranja.

Ispitanici će za vrijeme istraživanja bilježiti subjektivan osjećaj umora i moguće nuspojave suplementacije vlaknima. Također će ispitanici preko mobilne aplikacije svakodnevno odgovoriti na kratki upitnik o mogućim nuspojavama. Odgovoriti će na pitanja o nadustosti, promjeni oblika i konzistenciji stolice, mučnini i slabosti.

Završetak Informiranog pristanka – mora se nalaziti u svakom Informiranom pristanku

MOGUĆI RIZICI I NEUGODNOSTI: Nutrioza koja se koristi u istraživanju se generalno dobro podnosi i nisu poznate nikakve alergijske reakcije, pa čak niti one na gluten pošto je riječ o sirovini porijeklom od kukuruza. Detaljne informacije o konkretnom vlaknu korištenom u istraživanju svim ispitanicima su dostupni na upit. Nutrioza je svrstana pod GRAS kategoriju tako da je riječ o proizvodu za najširu konzumaciju, bez ikakvih restrikcija ili identificiranih rizičnih skupina. Ugljikohidrate koje može sadržati kao alergene su dekstrini, maltoza, izomaltoza i fruktoza. Ukoliko ipak bude ikakvih nepoželjnih reakcija kod ispitanika, ispitanik će se odmah povući iz istraživanja.

MOGUĆE KORISTI: Ispitanici mogu i ne moraju imati izravnu medicinsku korist od sudjelovanja u ovom ispitivanju ali bi mogli biti od velikog značaja za znanstvenu zajednicu te temelj za buduća znanstvena istraživanja

NOVI REZULTATI: Ukoliko se dobiju tijekom ispitivanja, ispitanik će o njima biti obaviješten

POVJERLJIVOST I ZAŠTITA OSOBNIH PODATAKA

Svi Vaši osobni podaci bit će pohranjeni i obrađivani u elektroničkom obliku, a voditelj istraživanja i njegov suradnici su dužni u potpunosti poštivati propisane postupke za zaštitu osobnih podataka. U naše baze podataka Vi ćete biti uneseni prema inicijalima imena i prezimena i pomoću posebnog koda. Vašu dokumentaciju će pregledavati samo voditelj i njegovi suradnici, a Vaše ime nikada neće biti otkriveno trećim osobama. Pristup Vašoj dokumentaciji mogu imati i predstavnici Etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta, koje je odgovorno za odobravanje i nadzor nad provođenjem ovog istraživanja.

Vaši osobni podaci i biološki materijal bit će korišteni samo u predloženom istraživanju. Ukoliko bi se iste podatke i biološki materijal namjeravalo koristiti i u drugim istraživanjima, obvezujemo se naknadno zatražiti odobrenje od ispitanika i odgovarajućeg etičkog povjerenstva.

Osobni podaci i biološki materijal će se nakon istraživanja čuvati 6 mjeseci te će nakon toga biti uništeni.

Zaštita osobnih podataka: GDPR (The European Union general data Protection Regulation EU2016/679).

„Prema zakonu o zaštiti podataka Europske unije (Direktiva o zaštiti podataka, koja je 25. svibnja 2018. zamijenjena općom uredbom o zaštiti podataka), Vaš istraživač donosi važne odluke u korištenju i otkrivanju vaših osobnih podataka te će kao „kontrolor“ biti zajednički odgovoran za poštivanje tog zakona.

Putem istraživača imate pravo pristupiti svim podacima prikupljenim o Vama te tražiti njihove ispravke ako se netočni po završetku aktivnog sudjelovanja u istraživanju.

Imate pravo na pritužbu na način kako se postupa s Vašim podacima , a možete je uputiti nadležnom odgovornom tijelu za provođenje zakona o zaštiti osobnih podataka. Popis nadležnih tijela u Europskoj uniji dostupan je na ovoj poveznici: http://ec.europa.eu/justice/data-protection/article29/structure/data-protection-authorities/index_en.htm. Za Republiku Hrvatsku nadležno tijelo kojem možete uputiti pritužbu je Agencija za zaštitu osobnih podataka, Selska cesta 136 , HR - 10 000 Zagreb.

Ako se povučete iz istraživanja, podaci prikupljeni prije Vašeg povlačenja se i dalje mogu obrađivati zajedno s drugim podacima prikupljenim u okviru istraživanja.

KORIST ZA ISTRAŽIVAČA

Rezultati istraživanja bit će korišteni u svrhu objave znanstveni radova i kongresnih priopćenja, te izrade doktorata i diplomskih radova.

TKO JE ODOBRILO OVO ISTRAŽIVANJE

Ovo istraživanje odobrili su prvenstveno Etičko povjerenstvo Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a zatim Etičko povjerenstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Etičko povjerenstvo Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

DOBROVOLJNO SUDJELOVANJE

Sudjelovanje u ovome istraživanju je u potpunosti dobrovoljno. Vaša odluka o tome da li želite ili ne želite sudjelovati u ovom istraživanju ni na koji način neće utjecati na način, postupke i tijek Vašeg liječenja. Ukoliko se odlučite sudjelovati u istraživanju, možete u bilo kojem trenutku prekinuti svoje sudjelovanje u njemu. O Vašoj odluci obavijestit ćete istraživača u pisanom obliku (adresa navedena u ovom ispitivanju). Odluka o prekidanju sudjelovanja u istraživanju ni na koji način neće utjecati na način, postupke i tijek Vašeg liječenja.

PITANJA O ISPITIVANJU I KONTAKT PODACI

Za dodatna pitanja o samom istraživanju možete se obratiti voditelju istraživanja:

Edin Hadžić, 0989778571, edin.hadzic01@outlook.com

Ako se razbolite ili pretrpite ozljedu tijekom ovog ispitivanja obratite se također istom voditelju istraživanja.

Ovaj tekst pročitajte zajedno sa istraživačem i/ili članovima obitelji.

Svojim potpisom potvrđujem da sam informiran/a o ciljevima, prednostima i rizicima ovog istraživanja i pristajem u njemu sudjelovati.

U Zagrebu, _____

Potpis sudionika ili njegovog

Zakonskog zastupnika

Potpis voditelja istraživanja

Edin Hadžić, dipl.ing.

Trodnevni dnevnik prehrane

UPUTE ZA VOĐENJE DNEVNIKA PREHRANE (3 dana)

Za vođenje dnevnika možete koristiti kuhinjsku vagu ili koristiti kuhinjsko posuđe (žlica, šalica,...) za preračun količine pojedjenih namirnica.

Predviđeno ispunjavanje (vođenje) dnevnika prehrane je 3 dana (1 dan vikenda i 2 dana preko tjedna).

Dnevnik vodi na priloženim obrascima za vođenje dnevnika ili u Wordu na način da:

1. Zabilježi konzumiranje neposredno nakon obroka (kako ne bi zaboravio navesti neku konzumiranu hranu). Navedi svu konzumiranu hranu (jelo i sve dodatke).
2. U svakom retku navedi samo po jednu namirnicu ili po jedno jelo.
3. Detaljno opiši svaku konzumiranu namirnicu, također i način termičke obrade.
4. Navedi naziv proizvođača, ukoliko je poznat (u deklaraciji na proizvodu su navedene točne količine makronutrijenata i kalorijski unos)..
5. Navedi samo količinu koja je pojedena, npr. ukoliko ti ostane na tanjuru to treba oduzeti ili je dio nekih namirnica otpad (kora jabuke, ogrizak, kora mandarine).
6. Bilježi količinu pomoću kuhinjskog posuđa - žlica, čajna žličica, šalica, komadi, kriške, npr. 1 šalica *light* mlijeka, 2 kriške kruha, jedna jabuka veličine šake (za bolju procjenu težine).
9. Tijekom vođenja dnevnika pokušaj ne mijenjati vlastite prehrambene navike.
10. Navedi dodane masti (ulje, maslac, margarin i sl.) korištene kao začin ili pri kuhanju; dodatak majoneze, ketchupa, senfa, hren umaka i sl..
11. Navedi sve napitke – kavu, čajeve, sokove (i vodu) po mogućnosti s pripadajućim proizvođačima.
12. Za sva pitanja i nedoumice odmah kontaktiraj voditelja istraživanja bez obzira na vrijeme i doba dana.

Ime i prezime ispitanika:

Današnji datum:

Dnevnik prehrane 1. DAN

PON	UT	SRI	ČET	PET	SUB	NED
-----	----	-----	-----	-----	-----	-----

Vrijeme	Namirnica i način pripreme	Proizvođač	Vagana masa	Masa prema posudu
Posebne napomene				

PRILOG 3

Ime i prezime ispitanika:

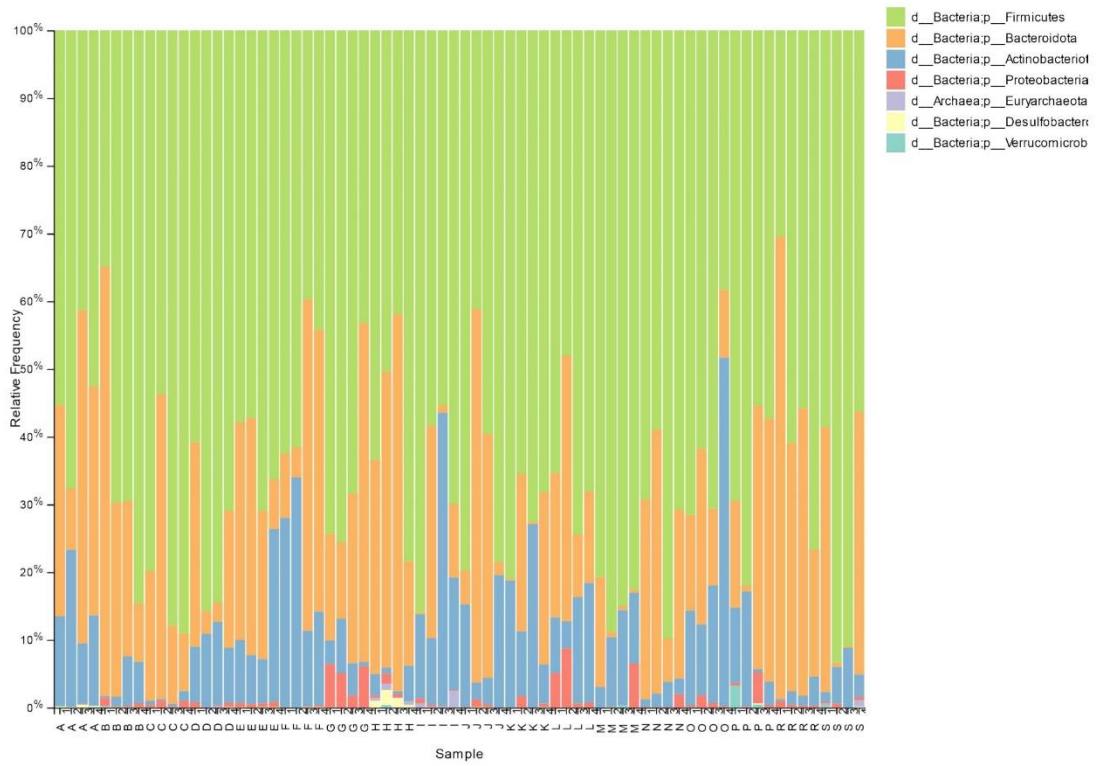
Današnji datum:

24-h prisjećanje 1. DAN

PON	UT	SRI	ČET	PET	SUB	NED
-----	----	-----	-----	-----	-----	-----

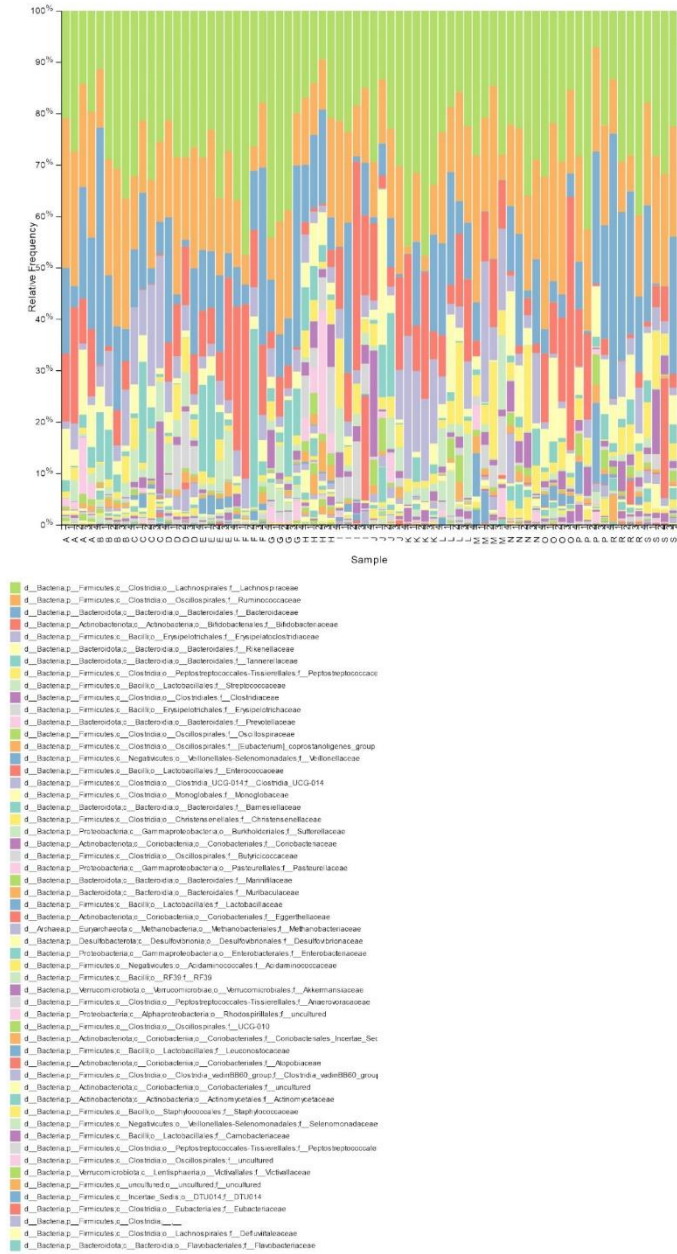
Vrijeme	Namirnica i način pripreme	Proizvođač	Vagana masa	Masa prema posuđu
Doručak				
Užina				
Ručak				
Užina				
Večera				
Dodatak				

Supplementary figure 1.



Supplementary Figure 1. Taxonomic abundance at phylum level for each participant and timepoint

Supplementary figure 2.



Supplementary Figure 2. Taxonomic abundance at family level for each participant and timepoint

Supplementary Data

index	d_Archae	d_Archae	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter
A1	0	0	0	3321	455	0	67	139	0	0	58	8	
A2	0	0	0	3580	1838	0	368	511	0	0	169	5	
A3	0	0	0	2351	207	0	97	466	0	0	84	0	
A4	0	0	0	2395	297	0	175	425	0	0	54	0	
B1	0	0	0	0	28	0	0	24	0	0	26	0	
B2	0	0	0	67	167	0	0	69	0	0	125	0	
B3	0	0	0	855	593	0	0	317	0	0	108	0	
B4	0	0	0	1272	174	0	0	149	0	0	166	0	
C1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	144	0	
C2	0	0	0	0	43	0	0	0	0	0	21	0	
C3	0	0	0	0	37	0	0	10	0	0	54	0	
C4	0	0	0	24	74	0	0	16	0	0	49	7	
D1	0	0	0	0	1652	0	0	133	0	0	123	0	
D2	0	0	0	63	1955	0	0	312	0	0	139	0	
D3	49	0	0	0	2432	0	0	185	0	0	138	0	
D4	27	0	0	0	1917	0	0	435	0	0	97	0	
E1	0	0	0	0	2394	0	0	367	0	0	110	0	
E2	0	0	0	0	2164	0	0	195	0	0	47	0	
E3	0	0	0	0	1420	0	0	274	0	0	122	0	
E4	0	0	0	0	7266	0	0	330	0	0	486	0	
F1	0	0	0	798	5787	0	328	1402	0	0	6	0	
F2	0	0	0	148	6628	0	357	850	0	0	0	0	
F3	0	0	0	72	2830	0	419	355	0	0	0	0	
F4	0	0	0	1269	3371	0	152	1399	0	0	0	0	
G1	0	0	0	0	670	0	0	114	0	0	74	5	
G2	0	0	0	212	1386	0	0	182	0	0	53	10	
G3	0	0	0	0	735	0	0	326	0	0	58	19	
G4	0	0	0	0	110	0	0	22	0	0	31	0	
H1	78	10	0	0	486	0	0	79	0	0	135	0	
H2	222	8	0	0	115	0	0	48	0	0	49	0	
H3	23	0	0	0	93	0	0	14	0	0	24	0	
H4	95	8	0	0	541	0	0	108	8	0	342	0	
I1	111	22	0	0	2074	0	0	499	0	0	99	0	
I2	38	5	0	0	2049	0	0	413	0	0	50	0	
I3	33	2	0	0	7865	0	0	1792	0	0	513	0	
I4	660	163	0	0	4147	0	0	1053	0	0	355	0	
J1	0	0	0	1842	71	0	0	135	0	0	27	0	
J2	0	0	0	0	320	0	0	85	0	0	10	0	
J3	0	0	0	357	530	0	0	119	0	0	28	0	
J4	0	0	0	1402	1528	0	0	710	0	0	134	0	
K1	0	0	0	0	2255	0	0	724	0	0	511	20	
K2	0	0	0	0	1845	0	0	259	0	0	142	13	
K3	0	0	0	0	2900	0	0	679	0	0	324	14	
K4	0	0	0	0	1010	64	0	267	0	0	54	23	
L1	0	0	0	0	1589	0	0	238	0	0	55	0	
L2	0	0	0	0	373	0	0	627	0	0	43	26	
L3	0	0	0	0	1750	0	0	1012	0	0	303	4	
L4	0	0	0	0	3988	0	0	888	0	0	452	33	
M1	0	0	0	0	34	0	0	3	0	0	0	0	
M2	0	0	0	540	1280	0	0	118	0	0	85	0	
M3	0	0	24	0	2078	0	0	384	0	0	112	0	
M4	0	0	0	670	853	53	0	108	0	0	137	0	
N1	0	0	0	102	33	0	0	104	0	0	26	0	
N2	0	0	0	198	0	0	0	140	0	0	39	0	
N3	0	0	0	330	136	0	0	271	0	0	48	0	
N4	0	0	0	76	197	0	0	157	0	0	69	0	
O1	0	0	0	0	2928	0	345	222	0	17	116	0	
O2	0	0	0	0	2291	0	167	116	0	4	50	0	
O3	0	0	0	2	2078	0	173	328	0	9	140	0	
O4	0	0	0	30	12770	32	161	726	0	4	601	0	
P1	0	0	0	1538	0	0	0	330	0	0	7	0	
P2	0	0	0	1459	439	0	0	453	0	0	42	0	
P3	0	0	0	49	26	0	0	17	0	0	8	0	
P4	0	0	0	226	56	0	0	49	0	0	25	0	
R1	0	0	0	0	27	16	0	3	0	0	50	0	
R2	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	302	21	
R3	0	0	0	0	112	57	0	0	0	0	101	12	
R4	0	0	0	0	573	0	0	0	0	0	212	13	
S1	59	0	0	0	0	0	0	186	0	0	88	0	
S2	0	0	0	0	199	0	0	552	0	0	176	0	
S3	0	0	0	0	611	0	0	731	0	0	353	0	
S4	310	0	0	0	140	21	0	652	0	0	171	0	

d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter	d_Bacter
153	71	17	0	2485	0	0	0	86	0	0	0	709	28	69
25	0	0	0	535	0	0	0	0	0	0	0	171	0	0
261	32	0	0	2792	0	0	0	541	18	0	0	1423	21	30
195	184	0	0	851	0	0	0	275	0	0	0	412	8	114
24	314	1536	453	0	0	0	0	698	0	0	0	0	193	70
76	134	134	15	0	0	0	0	628	0	0	0	0	19	35
44	244	351	231	0	0	0	0	610	0	0	0	0	0	125
0	95	63	52	0	0	0	0	224	0	0	0	0	11	97
131	324	0	51	6	0	0	230	0	61	373	0	0	0	73
606	59	0	73	10	0	0	2267	0	92	146	0	0	0	7
38	40	0	52	0	0	0	77	0	10	10	0	0	0	0
45	439	0	48	19	0	0	304	0	45	364	0	9	0	13
124	21	171	0	12	0	0	0	168	303	0	0	476	0	0
27	11	47	0	32	0	0	0	57	0	0	0	18	0	0
0	0	12	0	0	0	0	0	0	9	0	0	17	0	0
28	124	187	0	0	0	0	0	432	196	0	0	50	0	0
276	0	0	100	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	193
295	0	0	141	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	396
266	0	0	129	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	509
139	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113
790	100	18	0	5	0	84	0	0	0	0	0	0	0	109
347	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
1143	375	0	0	0	0	195	0	0	0	0	0	0	0	169
3970	361	52	0	0	0	980	0	0	0	0	0	0	62	540
356	0	177	0	0	0	1387	0	0	108	44	0	14	0	54
114	0	26	0	0	0	1399	0	0	58	0	0	0	0	128
74	0	0	0	0	0	1241	0	0	62	0	0	0	0	738
518	0	211	0	0	0	5598	0	0	1261	282	0	0	0	35
187	453	0	0	67	0	0	0	53	0	0	0	0	0	74
85	587	0	0	122	0	109	0	178	0	46	0	0	0	41
337	1005	0	0	242	0	0	0	179	0	14	0	0	0	38
57	101	0	0	75	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	16	0	0	3175	0	0	0	40	0	0	0	124	0	34
0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0
33	35	0	0	1672	0	0	0	23	0	0	0	137	0	33
0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	158	0	0	0	7	0	0	179	89	0	0	0	0	153
39	161	0	0	0	217	151	0	153	24	0	0	0	0	193
0	11	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	16
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
693	348	0	0	0	0	508	0	0	0	0	0	0	0	115
20	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
749	228	0	0	0	0	1436	0	0	0	0	0	0	0	100
82	364	16	50	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0
344	262	66	30	0	0	0	960	0	0	198	0	0	0	0
0	25	15	0	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0
83	216	21	23	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
272	58	0	0	0	0	83	0	0	0	11	0	0	0	402
449	276	0	0	0	0	136	0	0	0	38	0	0	11	448
25	12	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	53
436	281	0	0	0	0	0	0	0	0	135	0	0	0	290
47	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	101	0	0	60	0	385	0	0	0	0	0	0	0	179
0	10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	441	0	0	286	0	549	0	0	0	0	0	0	0	538
73	327	0	0	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	571
724	73	0	0	0	0	2119	0	230	589	0	0	981	24	463
166	35	0	0	0	0	2557	0	84	405	0	0	631	0	400
440	173	0	0	0	0	1720	0	206	539	0	0	651	0	247
398	31	0	0	0	0	1477	0	28	149	0	0	146	0	264
64	269	0	0	0	0	0	231	246	550	22	133	0	14	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	20	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	166	0	0	0	0	0	795	117	673	31	340	0	36	0

ŽIVOTOPIS I POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

Edin Hadžić je rođen 22.04.1975. godine u Zagrebu. Završio je osnovnu školu Vjenceslava Novaka u Dubravi, 1989. godine, a zatim X. gimnaziju, prirodoslovno-matematički smjer, 1993. godine. Na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu diplomirao je 1999. godine, smjer biokemijsko inženjerstvo. Pedagoško-psihološko obrazovanje završio je na Učiteljskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a Stručni ispit za zvanje nastavnika, pri Agenciji za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih Republike Hrvatske 2022. godine.

Oženjen i otac petero djece. Zaposlen u Tehničkoj školi Zagreb kao nastavnik biologije i kemije. Napisao dva romana, Tajna zagrebačka priča i Nišan. Dugogodišnji profesionalni košarkaški trener u klubovima i reprezentacijama, s iskustvom rada u inozemstvu.

OBJAVLJENI RADOVI:

Čepnja, M., Hadžić, E., Oros, D., Melvan, E., Starcevic, A., Zucko J. (2023) Current Viewpoint on Female Urogenital Microbiome-The Cause or the Consequence? *Microorganisms* **11**(5), 1207. doi: 10.3390/microorganisms11051207.

Hadžić, E., Starcevic, A., Rupčić, T., Zucko, J., Čvrljak, T., Renko, I., Knjaz, D., Novak, D. (2023) Effects of Soluble Dietary Fibre on Exercise Performance and Perception of Fatigue in Young Basketball Players. *Food Technology and Biotechnology* **61**(3), 389-401. doi.org/10.17113/ftb.61.03.23.8124.

Hadžić, E., Ilić, A., Zucko, J., Starcevic, A., Novak, D., Rumbak, I. (2023) Consumption of ultra-processed foods does not affect neuromuscular and cardiovascular fitness but alters gut microbiota in elite basketball players. *Croatian Journal of Food Science and Technology* doi.org/10.17508/CJFST.2024.16.1.02.

IZLAGANJE NA MEĐUNARODNOM ZNANSTVENOM SKUPU

Hadžić, E., Starcevic, A., Rupčić, T., Zucko, J., Čvrljak, T., Renko, I., Knjaz, D., Novak, D. (2023) Effects of Soluble Dietary Fibre on Exercise Performance and Perception of Fatigue in Young Basketball Players. 7th Croatian Congress of Microbiology with International Participation, 24-27.2022., Sv. Martin na Muri, Croatia. Programme and abstract, 55.