

# Povezanost tjelesne aktivnosti i mikrobiote

---

**Užnik, Nikolina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:265:477468>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Kinesiology Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Kineziološki fakultet Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

Nikolina Užnik

**POVEZANOST TJELESNE AKTIVNOSTI I MIKROBIOTE**

Završni rad

Osijek, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Kineziološki fakultet Osijek  
Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

Nikolina Užnik

**POVEZANOST TJELESNE AKTIVNOSTI I MIKROBIOTE**

Završni rad

JMBAG: 0267043508

e-mail: [nuznik@kifos.hr](mailto:nuznik@kifos.hr)

Mentor: doc. dr. sc. Danijela Kuna

Sumentor: mag. cin. Marin Marinović

Osijek, 2022.

University Josip Juraj Strossmayer of Osijek  
Faculty of Kinesiology Osijek  
Undergraduate university study of Kinesiology

Nikolina Užnik

**INTERACTION BETWEEN MICROBIOTA AND PHYSICAL  
ACTIVITY**

Undergraduate thesis

Osijek, 2022.

## IZJAVA

### O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni (navesti vrstu rada: završni / diplomski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da sam suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Kineziološkog fakulteta Osijek, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju „Narodne novine“ broj 123/03., 198/03., 105/04., 174/04., 2/07.-Odluka USRH, 46/07., 63/11., 94/13., 139/13., 101/14.-Odluka USRH, 60/15.-Odluka USRH i 131/17.).
3. Izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

**Ime i prezime studenta/studentice:** Nikolina Užnik

**JMBAG:** 0267043508

**Službeni e-mail:** nuznik@kifos.hr

**Naziv studija:** Preddiplomski sveučilišni studij Kineziologija

**Naslov rada:** Povezanost tjelesne aktivnosti i mikrobiote

**Mentor/mentorica završnog rada:** doc. dr. sc. Danijela Kuna

U Osijeku 2022. godine

Potpis 

## **Povezanost tjelesne aktivnosti i mikrobiote**

### **SAŽETAK**

Ljudska mikrobiota postaje sve češća tema istraživanja različitih znanstvenih grana zbog svoje raširenosti i uloge u organizmu. Pravilan plan i program treninga i režim prehrane kod sportaša i rekreativaca imaju najvažniju ulogu radi unapređenja sportskih performansi, zbog čega je bitno istražiti kako ti faktori utječu na mikrobiotu. Novi dokazi pokazali su povezanost između sastava crijevne mikrobiote i tjelesne aktivnosti, sugerirajući da modifikacije u sastavu crijevne mikrobiote mogu pridonijeti fizičkoj izvedbi domaćina. U ovom preglednom radu objašnjena je razlika između mikrobioma i mikrobiote te gdje se mogu naći u ljudskom organizmu. Nadalje, objašnjen je pojam tjelesne aktivnosti te njezine kratkoročne i dugoročne dobrobiti. Uz to, objašnjeno je na što sve mikrobiota utječe i što se događa ako dođe do njezinog poremećaja te koji su to čimbenici i na koji način utječu na razvijanje mikrobiote od najranijih trenutaka bebina života. Također, opisana je povezanost pretilosti s mikrobiotom te kako udio određenih bakterija zapravo utječe na smanjenje tjelesne mase.

**Ključne riječi:** Mikrobiota, pretilost, tjelesna aktivnost.

## **Interaction between microbiota and physical activity**

### **ABSTRACT**

Human microbiota is rapidly becoming one of the most frequent research subjects because of its outspread and functions in the human organism. Throughout athletes and recreationalists emphasis is being put on nutrition, so it is necessary to see further into the factors that have effect on the microbiota. On the other hand, new resources have proven that there is a connection between the composition of the gut microbiota and physical activity, suggesting that modifications in the composition of the gut microbiota can contribute positively to one's performance. Goal of this review paper is to explain the difference between microbiota and microbiome and their locations in the human organism. Furthermore, The term physical activity is further examined and explained as well as its short-term and long-term benefits. This paper also will review the effects of, what happens when there is a disorder of the microbiota and the way each factor contributes to the development of the microbiota from the earliest moments of a baby's life. Relationship of obesity and microbiota is also described and the effect of certain type of bacteria actually affect on reduction of body mass.

**Keywords:** Microbiota, obesity, physical activity

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TJELESNA AKTIVNOST .....	2
2.1. DOBROBITI TJELESNE AKTIVNOSTI.....	3
2.2. PREPORUKE O KOLIČINI KRETANJA .....	4
3. MIKROBIOTA.....	5
4. OSTALI ČIMBENICI.....	6
5. PRETILOST .....	8
6. PROBIOTICI.....	10
7. TJELESNA AKTIVNOST I MIKROBIOTA .....	11
8. ZAKLJUČAK.....	16
9. LITERATURA .....	18
10. ŽIVOTOPIS .....	26

## 1. UVOD

Tjelesna aktivnost se može definirati kao bilo koji pokret tijela proizveden od strane skeletnih mišića koji zahtjeva energetska potrošnju, a odnosi se na svako kretanje tijekom slobodnog vremena, kretanje od jednog do drugog mjesta, fizički rad radi obavljanja neke profesionalne ili svakodnevne aktivnosti i sl., (World health organization [WHO], 2020). Redovita tjelesna aktivnost ograničava prirast tjelesne težine, a osobito masne mase kod muškaraca i žena, djeluje na smanjenje krvnog tlaka, rizika od anksioznih i depresivnih poremećaja te poboljšava raspoloženje i samozadovoljstvo (Caspersen i sur., 1985).

Kompleksni mikrobiom jedne zajednice, čine svi mikroorganizmi te zajednice sa svim svojim genima i molekulama koje proizvode (Antal i sur., 2019), dok mikrobiotu možemo definirati kao zajednicu mikroorganizama koju čine bakterije, arheje, virusi, jednostanični eukarioti, koji žive u specifičnom okolišu (D'Argenio i Salvatore, 2015). Najveća populacija mikroorganizama u ljudskom tijelu nalazi se u crijevima i zajednički se naziva crijevna mikrobiota (European Society of Neurogastroenterology & Motility [ESNM], 2022.). Tijekom tisuću godina crijevna mikrobiota, zajedno s domaćinom je evoluirala i stvoren je obostrano koristan odnos (Bäckhed i sur., 2005; Neish, 2009). Ova zajednica se obično naziva naš skriveni metabolički 'organ' zbog njezinog ogromnog utjecaja na ljudsku dobrobit, uključujući metabolizam domaćina, fiziologiju, prehranu i imunološke funkcije (Ley i sur., 2008).

Crijevna mikrobiota s visokim stupnjem mikrobne raznolikosti povezana je s različitim zdravstvenim dobrobitima kod odrasle populacije (Marttinen i sur., 2020). Pretilost je glavni zdravstveni problem, čija se učestalost dramatično povećava (Ng i sur., 2014), više od 500 milijuna ljudi na svijetu je pretilo (Swinburn i sur., 2011). Između stupnja uhranjenosti i sastava mikrobiote postoji značajna povezanost (Pflughoeft i Versalovic, 2012), zbog čega se razvija sve veći interes može li modifikacija sastava crijevne mikrobiote utjecati na tjelesnu aktivnost i rezultat treninga (Marttinen i sur., 2020). Razumijevanje različitih uloga kako crijevna mikrobiota utječe na sportsku izvedbu, od velikog je interesa sportašima kako bi mogli poboljšati rezultate i smanjiti vrijeme oporavka nakon treninga (Clarke i sur., 2014; Petersen i sur., 2017). Cilj ovog završnog rada je utvrditi odnos mikrobiote i tjelesne aktivnosti, te kako jedno utječe na drugo.



## 2. TJELESNA AKTIVNOST

Tjelesna aktivnost ima veliki utjecaj na zdravlje. Kao glavna komponenta potrošnje energije, tjelesna aktivnost ima veliki utjecaj na energetska ravnotežu i sastav tijela (Miles, 2007).

Tjelesna aktivnost kratkoročno ne dovodi do povećanog unosa energije, ali dugoročni studiji pokazuju da negativni energetski unos ne može trajati beskonačno. Na kraju se energetski unos povećava sve dok se energetska ravnoteža ne obnovi. Kod osoba koji su tjelesno aktivni, veći energetski unos je potreban za usklađivanje potrošnje energije što znači da je lakše postići adekvatan unos mikronutrijenata. Osim toga, oni koji su aktivniji prilagođavaju se učinkovitijem korištenju masti kao energetskog izvora (Miles, 2007).

Također je poznato da tjelesna aktivnost ima preventivni učinak od kardiovaskularnih bolesti, moždanog udara, dijabetesa tipa 2, raka debelog crijeva i dojke, a uz to je povezana s drugim važnim zdravstvenim ishodima kao što su mentalno zdravlje, ozljede i padovi (Miles, 2007).

Zdravstvene koristi tjelesne aktivnosti prisutne su kod oba spola, u svim dobnim skupinama kod zdravih osoba i kao i kod osoba s različitim kroničnim bolestima. Tjelesna aktivnost pozitivno utječe na sve segmente zdravlja, točnije ne utječe samo na fizičko zdravlje već i na psihičko i uz to poboljšava kvalitetu života. Poboljšanje tjelesne aktivnosti doprinosi smanjenju troškova zdravstvene i socijalne skrbi te poboljšava radnu produktivnost i sposobnost. Radi toga zdravstvena politika brojnih zemalja uključuje mjere za poticanje tjelesne aktivnosti u općoj populaciji (Pintar, 2020).

Tjelesna aktivnost je složeno, višedimenzionalno ponašanje. Mnogo različitih oblika aktivnosti doprinosi ukupnoj tjelesnoj aktivnosti, a oni uključuju kućanske poslove (npr. čišćenje doma), prijevoz (npr. pješaćenje ili vožnju bicikla do posla) i aktivnosti u slobodno vrijeme (npr. ples, plivanje, igra i sl.). Tjelesno vježbanje čini podskup unutar svih tjelesnih u slobodno vrijeme i definirana je kao „tjelesna aktivnost u kojoj se izvode planirani, strukturirani i ponavljajući tjelesni pokreti kako bi se poboljšala ili održala jedna ili više komponenti tjelesne kondicije” (Hardman i Stensel, 2009).

## 2.1. DOBROBITI TJELESNE AKTIVNOSTI

Tjelesna aktivnost potiče normalan rast i razvoj i može učiniti da se ljudi osjećaju bolje, bolje funkcioniraju, spavaju i smanjuju rizik od nastanka velikog broja kroničnih bolesti. Zdravstvene dobrobiti počinju odmah nakon vježbanja, a čak su i kratke epizode tjelesne aktivnosti korisne. Tjelesna aktivnost od umjerenog do visokog intenziteta pruža različite zdravstvene koristi svim dobnim skupinama. Prva skupina su djeca i adolescenti koje smo podijeliti na tri pod skupine: 3-17 godina, 6-17 godina, 6-13 godina. Tjelesna aktivnost u razdoblju od 3-17 godina poboljšava zdravlje kostiju i tjelesne mase. U razdoblju od 6-17 godina bavljenje tjelesnom aktivnosti poboljšava srčano-dišnu kondiciju, mišićnu kondiciju i kardiometaboličko zdravlje. A u razdoblju od 6-13 godina poboljšava se kondicija i smanjuje se rizik od depresije (U.S. Department of Health and Human Services, 2018).

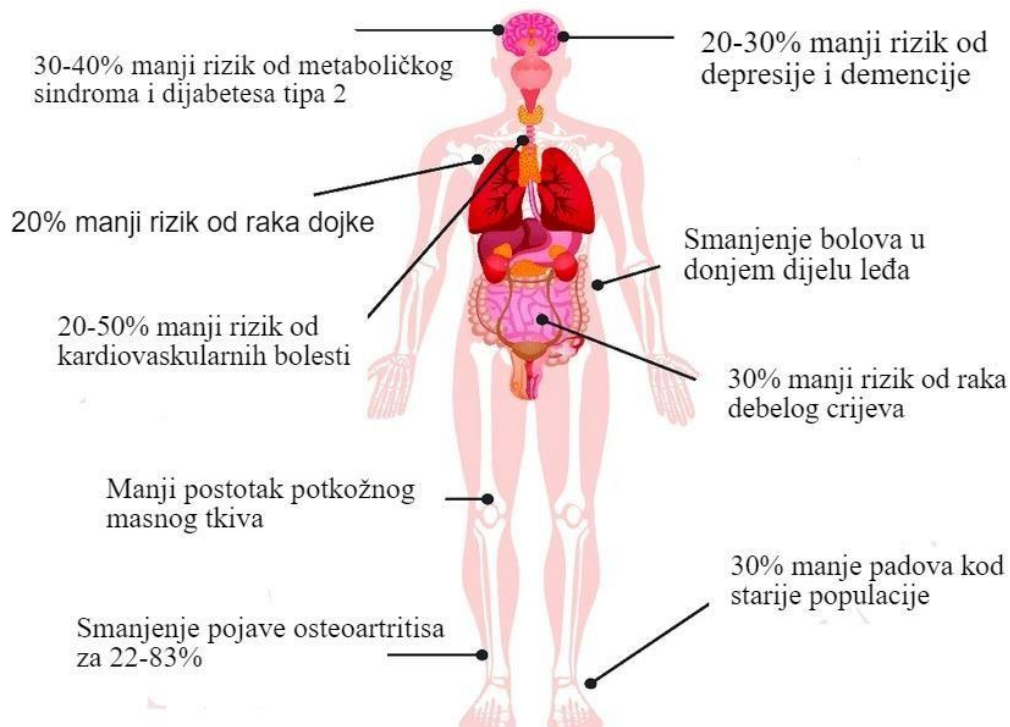
Druga skupina su odrasli i stariji te na njih tjelesna aktivnost ima jako velike dobrobiti:

- Smanjen rizik od povišenog krvnog tlaka i kardiovaskularnih bolesti
- Održavanje i gubitak tjelesne mase
- Poboljšanje tjelesne funkcionalnosti i zdravlja kostiju
- Niži rizik od raka dojke, mokraćnog mjehura, jednjaka, debelog crijeva, želuca, bubrega, pluća
- Smanjene rizik od depresije i anksioznost
- Smanjen rizik od šećerne bolesti tipa 2
- Smanjen rizik od padova i ozljeda zbog padova

Neki učinci tjelesne aktivnosti su vidljivi odmah a neki kroz nekoliko tjedana ili mjeseci vježbanja. Kratkoročne koristi tjelesne aktivnosti su: smanjenje anksioznost, poboljšanje sna, smanjenje krvnog tlaka i sveukupno poboljšanje kvalitete života. Dok su dugoročne koristi: smanjenje rizika od pretilosti, poboljšanje kognicije kod mladih, smanjenje mogućnosti rizika od demencije i Alzheimerove bolesti, Smanjuje rizik od depresije nakon porođaja. Uz to, tjelesnom aktivnošću možemo kontrolirati neke bolesti: smanjenje boli tijekom osteoartritisa, smanjenje pogoršanja šećerne bolesti tipa 2, smanjenje anksioznosti i depresije, smanjenje progresije bolesti povišenog krvnog tlaka itd (U.S. Department of Health and Human Services, 2018).

## Slika 1

*Dobrobiti hodanja na ljudsko tijelo (Saqib i sur., 2020).*



## 2.2. PREPORUKE O KOLIČINI KRETANJA

Djeca i adolescenti u dobi od 6 do 17 godina trebali bi svakodnevno obavljati 60 minuta (1 sat) ili više umjerene do snažne tjelesne aktivnosti. Aerobnu aktivnost bi trebali obavljati 3 puta tjedno u trajanju od 60 minuta, a uz to bi trening snage trebali obavljati 3 puta tjedno u trajanju minimalno 60 minuta. Za značajne zdravstvene dobrobiti odrasli bi trebali vježbati najmanje 150 minuta (2 sata i 30 minuta) do 300 minuta (5 sati) tjedno umjerenog intenziteta ili 75 minuta (1 sat i 15 minuta) do 150 minuta (2 sata i 30 minuta) tjedno aerobne tjelesne aktivnosti jakog intenziteta ili ekvivalentne kombinacije aerobne aktivnosti umjerenog i jakog intenziteta. Starije odrasle osobe trebale bi se baviti višekomponentnom tjelesnom aktivnošću koja uključuje trening ravnoteže, kao i aerobne aktivnosti i aktivnosti za jačanje mišića. Preporukama starije odrasle dobi je 150 minuta (2 sata i 30 minuta) tjedno aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta. Kada starije odrasle osobe ne mogu raditi 150 minuta aerobne aktivnosti umjerenog intenziteta tjedno zbog kroničnih bolesti, trebale bi biti onoliko fizički aktivne koliko im sposobnosti i stanje dopuštaju (U.S. Department of Health and Human Services, 2018).

### 3. MIKROBIOTA

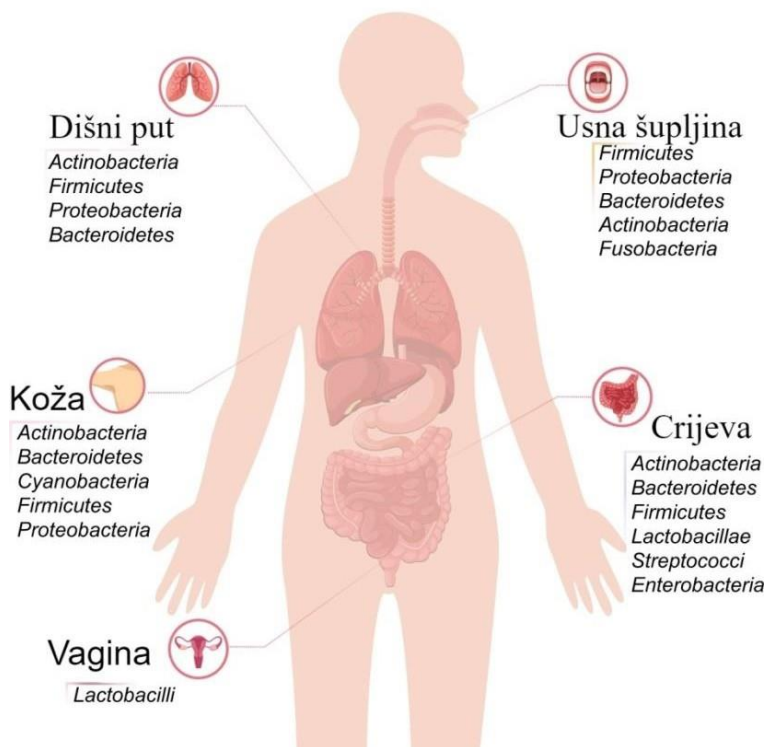
Mikrobiota crijeva sadrži preko 3 milijuna gena, što je čini 150 puta genetski raznolikijom od ljudskog tijela. Procjenjuje se da postojati više od 1000 različitih vrsta mikroorganizama koji čine ljudsku mikrobiotu (MacGill, 2018.) Iako se debelo crijevo smatra najviše ispitivanim staništem ljudske mikrobiote, ona je prisutna i u/na ostalim organskim sustavima čovjeka, uključujući rodnicu, kožu, usnu šupljinu i ostatak gastrointestinalnog trakta (Lloyd-Price i sur., 2016), kao što je prikazano na Slici 1. Crijevna mikrobiota održava homeostazu svog domaćina, utječe na metaboličke procese, imunološki sustav, probavu hrane, fiziološke funkcije i štiti od patogena, a poremećaj te ravnoteže povezuje se s određenim bolestima gastrointestinalnog trakta (Guinane i Cotter, 2013).

Poremećaj mikrobiote (disbioza) može utjecati na razvijanje određenih bolesti npr. alergijske bolesti, maligne bolesti, upalne bolesti crijeva, šećerna bolest, adipoznost. Različite vanjske i unutarnje promjene dovode do disbioze, a neke od tih promjena su promjena prehrane, starenje, primjena antibiotika, utjecaj egzogenih faktora iz okoliša i slično (Guinane i Cotter, 2013). Istraživači su također uočili veze između crijevnog mikrobioma i psiholoških poremećaja, kao što su depresija i autizam (MacGill, 2018).

Smatra se da ne postoje dva čovjeka s istim sastavom mikrobiote, ali postoje veća podudaranja u sastavu mikrobiote između pripadnika istih rasa, etničkih skupina i srodnih osoba (Lloyd-Price i sur., 2016). Na razini sastava, moglo bi biti da mala raznolikost ukazuje na lošije zdravlje, dok velika raznolikost ne jamči uvijek poboljšano zdravlje. Dakle, same informacije o raznolikosti sastava nisu dovoljne za procjenu zdravlja mikrobiote (i domaćina) (Mohr i sur., 2020), a procjenjuje se da je jedna trećina crijevne mikrobiote zajednička većini ljudi (ESNM, 2020.). Mikrobiotni sastav individualna je karakteristika pojedinca i ne postoji točna formula sastava zdrave mikrobiote, ne može se točno ni shvatiti koji sastav je povezan s razvojem pojedinih bolesti što otežava prevenciju i liječenje bolesti povezanih s disbiozom (Lloyd-Price i sur., 2016).

## Slika 2

*Prisutnost mikrobiote u ljudskom tijelu (Hou i sur., 2022)*



## 4. OSTALI ČIMBENICI

Ulogu u raznovrsnosti mikrobiote imaju prehrana, genetika domaćina, okoliš, i utjecaj rane izloženosti mikroorganizmima (Lloyd-Price i sur., 2016). Tijekom porođaja i nakon rođenja tijelo djeteta nastanjuju mikroorganizmi s kojima je u kontaktu. Mikrobiota pojedinca se oblikuje tijekom prvih mjeseci života i do kraja druge godine postiže sastav koji ostaje stabilan tijekom cijelog života (Guinane i Cotter, 2013), ako ne dođe do značajnih promjena u prehrani ili se poremećaj ne izazove primjenom antibiotika (Antal i sur., 2019).

Na primjer, kratkotrajno liječenje ljudi s jednom dozom oralnih antibiotika mijenja crijevnú mikrobiotu te joj treba čak 4 tjedna da povrati svoj izvorni sastav (Dethlefsen i sur., 2008). Štoviše, neke bakterijske vrste se ne oporavljaju ni nekoliko mjeseci nakon tretmana što dovodi do smanjene raznolikosti nakon ponovljenih izlaganja antibioticima (Dethlefsen i Relman, 2011).

U razvoju i sastavu mikrobiote ulogu imaju različiti čimbenici poput načina porođaja (vaginalno ili carskim rezom), prehrana (majčino mlijeko ili dojenačke formule), unos antibiotika (Meropol i Edwards, 2015), život sa psom, mačkom ili doticaj s domaćim životinjama (Stein i sur., 2016) te izloženost toksinima iz okoliša (Zhang i sur., 2015). Mikrobiota izmeta 72% dojenčadi rođenih vaginalno podsjeća na mikrobiotu izmeta njihovih majki, dok kod beba rođenih carskim rezom taj je postotak smanjen na samo 41%. U ranim fazama razvoja, mikrobiota je općenito male raznolikosti i dominiraju dvije glavne vrste, Aktinobakterije i Proteobakterije (Bäckhed, 2011; Rodriguez i sur., 2015). Tijekom prve godine života, mikrobna raznolikost se povećava i sastav mikrobiote sve više slični mikrobnom profilu odrasle osobe (Palmer i sur., 2007). Smatra se da nakon druge godine života sastav crijevne mikrobiote djeteta nalikuje strukturi crijevne mikrobiote odraslog čovjeka (Guinane i Cotter, 2013). Promjene se počinju javljaju u starijoj dobi kada se promijeni probavna fiziologija i prehrana (Faith i sur., 2013).

Podaci, dobiveni prvenstveno iz studija na životinjama, sugeriraju da popularni dodaci sportskoj prehrani, kao što su kofein, BCAA, natrijev bikarbonat i karnitin, mogu modificirati sastav crijevne mikrobiote (Zeppa i sur., 2020). Učinci dodatka sportskoj prehrani na crijevnu mikrobiotu i dalje su nedovoljno istraženi među sportašima (Marttinen i sur., 2020).

Prema Hansen i sur. (2015) čimbenici na koje se može utjecati:

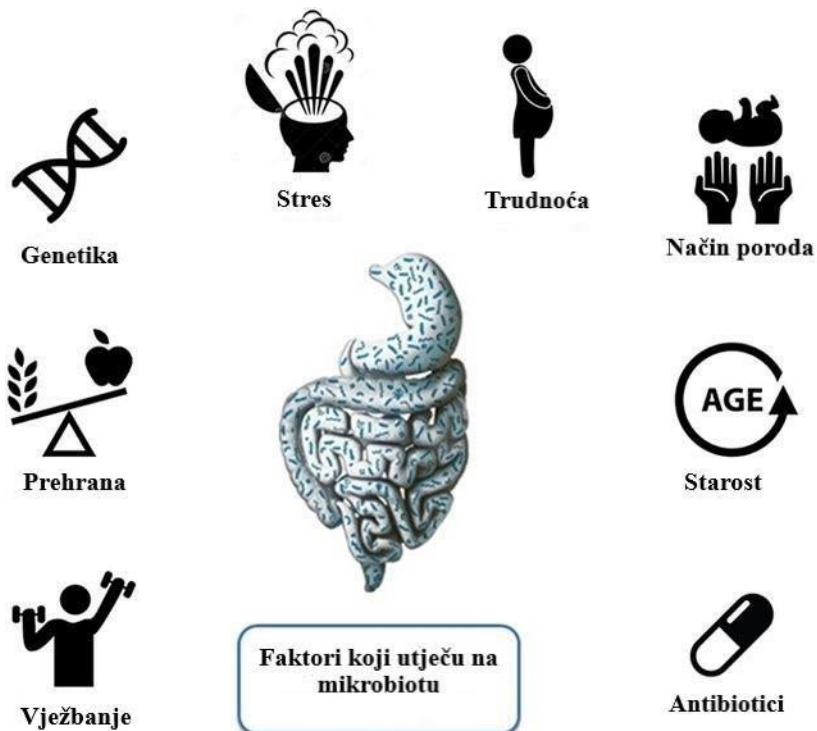
- Prehrana (majčino mlijeko, umjetno mlijeko)
- Lijekovi (antibiotici, lijekovi za suzbijanje kiseline, lijekovi protiv dijabetesa)
- Prehrambene navike i način kuhanja
- Okoliš i način života (vježbanje)

Čimbenici na koje se ne može utjecati:

- Anatomski dio crijevnog trakta (npr. debelo crijevo ima veću mikrobnu raznolikost u usporedbi s tankim crijevom)
- Gestacijska dob (prijevremeni porod)
- Način poroda (vaginalni porod ili carski rez)
- Starenje

### Slika 3

Faktori koji utječu na mikrobiotu (Cerdá i sur., 2016)



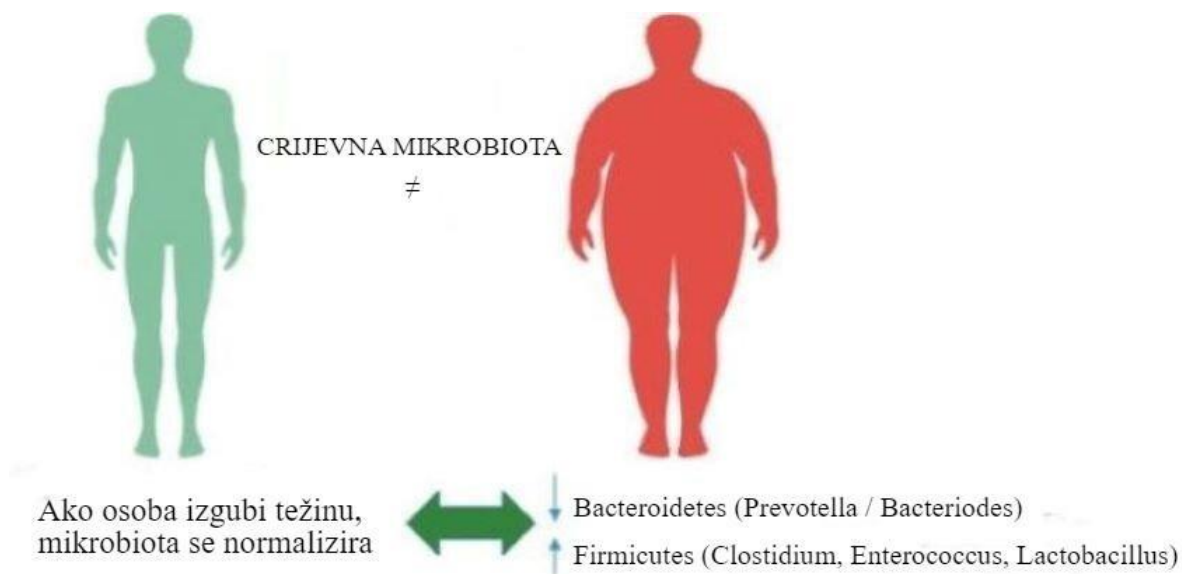
## 5. PRETILOST

Promjene u prehrambenim navikama i povećana dostupnost visokokalorične hrane učinili su prekomjernu težinu i pretilost jednim od najozbiljnijih zdravstvenih problema našeg doba.. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) je 2016. godine procijenila da 39% osoba starijih od 18 godina ima prekomjernu tjelesnu težinu, a svjetska prevalencija pretilosti gotovo se utrostručila od 1975. do 2016. godine (WHO, 2021). Pretilost se povezuje sa stanjima kao što su rak, dijabetes, bolesti srca, visoki kolesterol, visoki krvni tlak i moždani udar i drugo (Obesity Action Coalition [OAC], 2021). Nedavni dokazi sugeriraju da na pretilost utječu specifične bakterijske vrste prisutne u ljudskom crijevu koje imaju povećane sposobnosti prikupljanja energije. Kao moguća razlika između stupnja uhranjenosti pojedinca navodi se udio u bakterijskim koljenima *Firmicutes* i *Bacteroidetes* gdje pretili imaju viši udio *Firmicutes* nego *Bacteroidetes* (López-Cepero i Palacios, 2015). Povećanjem omjera između *Firmicutes* i *Bacteroidetes* raste sposobnost crijevne mikrobiote da stvara energiju iz složenih ugljikohidrata (Bell, 2015).

Uz to, poznato je da antibiotici remete sastav mikrobiote, a prije 70 godina prvi put je dokazano da primjena niskih doza antibiotika rezultira poticanjem rasta pilića (Moore i sur., 1946). Međutim, antibiotici nemaju učinak poticanja rasta kod pilića (Coates i sur., 1963), što ukazuje da su promjene u mikrobioti tretiranih životinja odgovorne za te učinke. To sugerira da bi masovna uporaba antibiotika u posljednjim desetljećima mogla biti odgovorna za povećanje pretilosti u zapadnim zemljama (Gérard, 2015). Iz navedenog se može shvatiti kako složeni putovi koji dovode do razvoja prekomjerne tjelesne težine i njegovih posljedica nisu temeljito shvaćeni, a nedavne studije sugerirale su da bi crijevnu mikrobiotu trebalo uračunati u ovu jednadžbu (Clavel i sur., 2014). Sve je više dokaza da mikrobiota crijeva i njezin bakterijski genom (mikrobiom) utječu na stjecanje hranjivih tvari, regulaciju energije i skladištenje masti (Rosenbaum i sur., 2015). Ovi studiji povećavaju mogućnost da crijevna mikrobiota igra ulogu u regulaciji energetskog metabolizma domaćina i može pridonijeti razvoju pretilosti i povezanih metaboličkih bolesti (Gérard, 2015).

#### Slika 4

*Mijenjanje omjera bakterijskih rodova (León i sur., 2012)*



Turnbaugh i sur. (2006) objavili su istraživanje na miševima u kojem je potvrđen povećan omjer *Firmicutes* naspram *Bacteroidetes* kod pretilih miševa, u usporedbi s mršavim miševima. Također



je postojala veća zastupljenost gena uključenih u ekstrakciju energije iz hrane u mikrobioti pretilog miša u usporedbi s mikrobima mršavog miša.

Ley, Backhed, i sur., (2005) autori su jednog od prvih studija koji povezuje crijevnu mikrobiotu s pretilošću kod ljudi: usporedba crijevne mikrobiote mršavih i pretilih miševa otkrila je da su pretili subjekti imali smanjeni udio *Bacteroidetes* i više razine *Firmicutes*. Što je još zanimljivije, nakon dijetetskog tretmana relativna brojnost *Bacteroidetes* se povećala, dok se brojnost *Firmicutes* smanjila.

## 6. PROBIOTICI

Dokazano je da dodatak probiotika blagotvorno modificira i poboljšava sastav crijevne mikrobiote (Hibberd i sur., 2019; Korpela i sur., 2018; Sanchez i sur., 2017). Probiotici obuhvaćaju mnoge bakterijske vrste, a najviše proučavani probiotici pripadaju rodu *Lactobacillus* ili *Bifidobacterium*. Povezanosti između probiotika i tjelesne izvedbe bavile su se studije na životinjama, koje su sugerirale da suplementacija probioticima štiti od nepoželjnih fizioloških promjena koje mogu biti izazvane napornim vježbanjem (Marttinen i sur., 2020). Pretkliničke studije su pokazale da probiotici mogu poboljšati svojstva crijevne barijere (Ducray i sur., 2019) i antioksidativni status (Ünsal i sur., 2018) te ublažiti upalni odgovor (Lollo i sur., 2012) kod glodavaca nakon iscrpljujućeg vježbanja. Međutim, nije utvrđeno kako su ti zaštitni učinci povezani s rezultatima tjelesne izvedbe (Marttinen i sur., 2020).

Studije koje su ispitivale učinke probiotika na tjelesnu izvedbu općenito su se usredotočile na srednjoročne do dugoročne koristi, s razdobljima suplementacije koje variraju od 2 tjedna do 3 mjeseca. Ispitivani sojevi probiotika, formule i doze variraju od studije do studije, što stvara kontroverze među dobivenim rezultatima. Budući da je broj studija o povezanosti između probiotika i tjelesne izvedbe i dalje vrlo mali, pri čemu svaka studij općenito uključuje mali broj sudionika i koristi različite protokole vježbanja, zaključke treba donositi pažljivo (Marttinen i sur., 2020).

Predloženi način djelovanja probiotika i dobrobiti koje pružaju sportašima sažeti su na Slici 4.

#### Slika 4

Predloženi način djelovanja probiotika i dobrobiti koje pružaju sportašima (Marttinen i sur., 2020)



### 7. TJELESNA AKTIVNOST I MIKROBIOTA

Postoji sve više kliničkih dokaza koji sugeriraju da tjelovježba modificira crijevnu mikrobiotu i da se sastav crijevne mikrobiote kod sportaša razlikuje od onog kod sjedećih ljudi (Marttinen i sur., 2020), pri čemu sportaši i fizički aktivne osobe, u usporedbi s neaktivnim ispitanicima, imaju veću fekalnu raznolikost i više rodova mikroba koji su povezani sa zdravljem, kao što su *Akkermansia*, *Veillonella* i *Prevotella* (Clarke i sur., 2014; Petersen i sur., 2017; Scheiman i sur., 2019). *Akkermansia muciniphila* bakterija je koja razgrađuje mucin i pokazalo se da je njezina brojnost u obrnutoj korelaciji s pretilošću (Karlsson i sur., 2012). Međutim, rezultati ovih promatranja mogu samo potvrditi povezanost između treniranosti i mikrobiotne populacije, ali bez utvrđivanja uzročno posljedične veze. Treba uzeti u obzir da se često tjelesni aktivne osobe i neaktivne osobe razlikuju u prehranbenim navikama (Charreire i sur., 2011), a prehrana ima veliki utjecaj na crijevnu mikrobiotu (Sheflin i sur., 2017).

Osim utjecaja na crijevnu mikrobiotu, tjelovježba također utječe na gastrointestinalnu fiziologiju. Iako tjelovježba tipično djeluje kao koristan stres, može postati štetna ako povećano trajanje i intenzitet nisu podržani odgovarajućim treningom, odmorom i prehranom (Zeppa i sur., 2020). To rezultira smanjenim protokom krvi u gastrointestinalnom traktu, uzrokujući hipoksiju,

smanjenje ATP-a i oksidativni stres. Ti učinci oštećuju crijevnu barijeru, povećavaju propusnost crijeva, gubitak hranjivih tvari i upalu (Karl i sur., 2018). Uz to, postoje studije koje su pokazale da su metabolička aktivnost i putevi povezani s metabolizmom aminokiselina i ugljikohidrata povećani među mikrobiomom sportaša u usporedbi s onima u sjedećih subjekata (Barton i sur., 2018; Petersen i sur., 2017; Scheiman i sur., 2019).

Sve više studija na životinjama sugeriraju da crijevna mikrobiota ima važnu ulogu u tjelesnoj aktivnosti domaćina (Hsu i sur., 2015; Nay i sur., 2019; Okamoto i sur., 2019). Sastav i metabolička aktivnost crijevne mikrobiote mogu pomoći u probavljanju hrane i poboljšanju korištenja energije tijekom vježbanja, što bi moglo omogućiti metaboličke prednosti sportašu tijekom vježbanja visokim intenzitetom i oporavka (Marttinen i sur., 2020).

Postoje studije koje ukazuju na to da osim što crijevna mikrobiota ima pozitivan učinak na domaćina tijekom tjelesnog vježbanja, tjelesno vježbanje ima pozitivan učinak na mikrobiotu. Laktati koji se proizvode tijekom anaerobnog vježbanja ulaze u lumen crijeva kroz krvotok, pružajući prednost vrstama koje žive u debelom crijevu i koriste laktate. A bakterije zauzvrat proizvode metabolite, kao što je propionat, koji koristi domaćin tijekom vježbanja (Scheiman i sur., 2019).

## Slika 5

*Interakcije između crijevne mikrobiote i vježbanja (Marttinen i sur., 2020)*



Dokazi o utjecaju tjelesne aktivnosti na mikrobiotu uglavnom dolaze iz istraživanja provedenih na životinjama, ali istraživanja na ljudima postaju sve brojnija (Batacan i sur., 2017). Postoji nekoliko

studija koji su istraživali razliku u sastavu crijevne mikrobiote između tjelesno aktivnih osoba i populacije, a prikazani su u Tablici 1.

**Tablica 1**

*Prikaz istraživanja crijevne mikrobiote i tjelesne aktivnosti*

Subjekt	Trening	Prehrana	Rezultat	Referenca
Igrači ragbija i neaktivni subjekti n = 86 muškaraca Dob = 29 ± 4 g	Uobičajeni trening i vježbanje	Podaci o prehrani prikupljeni su pomoću upitnika o učestalosti namirnica (Food frequency questionnaire (FFQ))	Kod sportaša veća α-raznolikost i Akkermansia spp. obilje u usporedbi s neaktivnom skupinom. Unos proteina bio je pozitivno koreliran s mikrobnom raznolikošću.	(Clarke i sur., 2014)
Profesionalni biciklisti i biciklisti amateri n = 33 (22/m, 11ž) Dob = 19-49 g	Uobičajeni trening i vježbanje	Podaci o unosu hrane prikupljeni su upitnikom	Prevotella spp. obilje je u pozitivnoj korelaciji s količinom tjelovježbe.	(Petersen i sur., 2017)
Veslači n = 4 muškarca Dob = 26,5 ± 1,3 g	Veslačka utrka na 5000 km tijekom 34 dana	Podaci o prehrani prikupljeni su pomoću FFQ upitnika, svaki dan prije utrke i tijekom utrke. Tijekom utrke nisu se	Povećana mikrobna α-raznolikost sredinom utrke, koja se nastavila sve do kraja utrke.	(Keohane i sur., 2019)

		konzumirali svježi proizvodi.		
<p>Maratonci n = 15 (4/m, 11/ž) Srednja dob = 27.1 g Ne trkači n = 11 (5/m, 6/ž) Srednja dob = 29.2 g Ultra maratonci i veslači n = 11 (5/m, 6/ž) Dob = /</p>	<p>Uobičajeni trening i maraton Vrsta vježbe nije prijavljena za grupu ultramaratonskih i veslačkih sportaša</p>	<p>Podaci o unosu prikupljeni su upitnikom</p>	<p>količina <i>Veillonella spp.</i> bakterija može se povećati dugotrajnom aerobnom aktivnosti jer je brojnost <i>Veillonella spp.</i> bakterija bila značajno veća među maratoncima nakon maratona, u usporedbi s količinom prije vježbanja.</p>	<p>(Scheiman i sur., 2019)</p>
<p>Djeca i tinejdžeri n = 267 (178/m, 89/ž) Dob = 7-18 g</p>	<p>Samoprijavljena tjelesna aktivnost</p>	<p>Vrsta prehrane – svejadi ili vegetarijanci</p>	<p>Učestalost vježbanja bila je povezana s crijevnom mikrobiotom obogaćenom tipom Firmicutes. Nadalje, djeca koja su svakodnevno vježbala pokazala su porast u rodovima unutar Clostridiales, Lachnospiraceae i Erysipelotrichaceae.</p>	<p>(Bai i sur., 2019)</p>

Studija koja je uključivala irske, muške profesionalne igrače ragbija pokazala je veću  $\alpha$ -raznolikost bakterija u crijevnoj mikrobioti sportaša u usporedbi s neaktivnim subjektima. U istraživanju su sudjelovali profesionalni ragbi igrači i dvije kontrolne neaktivne skupine. Jedna kontrolna skupina imala je indeks tjelesne mase (eng. body mass index [BMI])  $\leq 25$ , a druga kontrolna skupina sastojala je od osoba koje su imale BMI  $> 28$ . Veći udio bakterija iz roda *Akkermansia* otkriveno je kod igrača ragbija i kontrolnom skupinom nižeg BMI-a u usporedbi s kontrolnom skupinom većeg BMI-a. *Bacteroides spp.* bile su manje zastupljene kod sportaša nego kod skupine s manjim BMI-om. Uz to, otkrivena je viša razina SCFA u fekalijama ragbijaša u usporedbi s neaktivnom skupinom (Clarke i sur., 2014). SCFA kojeg proizvode crijevne bakterije imaju dobro poznate učinke na funkcioniranje crijevne barijere, imunološku modulaciju i energetski metabolizam domaćina (Hiippala i sur., 2018).

Slično tome, Petersen i sur., 2017 izvijestili su od o nižim razinama *Bacteroides spp.* kod biciklista. Biciklisti koji su trenirali više od 11 sati tjedno imali su veću brojnost *Prevotella spp.*, za razliku od biciklista koji su trenirali rjeđe. Uz to, meta-transkriptomaska analiza pokazala je indeks *Prevotelle* pozitivno korelirani s aminokiselinama razgranatog lanca (eng. Branched-chain amino acid [BCAA]). BCAA, posebno leucin, esencijalne su aminokiseline koje potiču sintezu mišićnih proteina i mogu poboljšati oporavak nakon vježbanja.

Utjecaj dugotrajnog vježbanja visokog intenziteta na mikrobiološki sastav crijeva istražen je na četiri dobro uvježbana muškarca koji su sudjelovali u natjecanju u preookeanskom veslanju. Istraživanje je pokazalo povećanu mikrobnu  $\alpha$ -raznolikost sredinom utrke, kod svih osim jednog veslača koji je zahtijevao liječenje antibioticima, koja se nastavila sve do kraja utrke. Iako ovo istraživanje predstavlja vrlo malu veličinu uzorka, metabolički putevi mikroba koji su povezani sa specifičnim aminokiselinama te sredine i dugolančanim masnim kiselinama imali su tendenciju povećanja (Keohane i sur., 2019). Međutim, prehrana se znatno razlikovala tijekom utrke u usporedbi s prehranom prije utrke, stoga je promjena prehrane mogla utjecati na sastav mikrobiote (Marttinen i sur., 2020).

Scheiman i suradnici (2019) su pokazali da se akutna količina *Veillonella spp.* bakterija može povećati dugotrajnom aerobnom aktivnosti jer je brojnost *Veillonella spp.* bakterija bila

značajno veća među maratoncima nakon maratona, u usporedbi s količinom prije vježbanja. Uz to, studiji provedeni na miševima ukazali su na to da je tijekom korištenja *Veillonella spp.*, koji je bio izoliran od maratonaca, povećano vrijeme trčanja miševa na traci za 13%.

Povezanost između razina tjelesne aktivnosti i sastava crijevne mikrobiote također je dokazana kod djece. U studijskoj skupini djece, u dobi od 7 do 18 godina, BMI, učestalost vježbanja i vrsta prehrane bili su pojedinačno povezani sa sastavom crijevne mikrobiote. Djeca koja su svakodnevno vježbala pokazala su porast u rodovima unutar Clostridiales, Lachnospiraceae i Erysipelotrichaceae (Bai i sur., 2019).

Ove su studije ukazale na postojanje razlika u sastavu crijevne mikrobiote između sportaša ili tjelesno aktivnih populacija i populacija koje ne žive aktivno. Ipak, neka obilježja sastava mikrobiote kod sportaša i tjelesno aktivnih ljudi mogu se objasniti prehranom, a ne učincima tjelovježbe. Sportaši često slijede stroge dijete koje su bolje za trening i izvedbu, a ekstremi u tjelovježbi često su povezani s ekstremima u prehrani (Clarke i sur., 2014). Proteinski dodaci se često konzumiraju kako bi se zadovoljile veće potrebe za proteinima kod osoba koje treniraju (Cintineo i sur., 2018). Nakon visokog unosa proteina, neapsorbirani protein ulazi u debelo crijevo i potiče rast specifičnih bakterija. Suplementacija proteina (izolat sirutke i goveđi hidrolizat) tijekom 10 tjedana povećala je brojnost *Bacteroidetes*, u trkača (Moreno-Pérez i sur., 2018). Međutim, dugoročni učinci takvih promjena u sastavu crijevne mikrobiote na zdravlje domaćina ostaju nejasni (Marttinen i sur., 2020).

## 8. ZAKLJUČAK

Tjelesna aktivnost se odnosi na svako kretanje tijekom slobodnog vremena, putovanje od mjesta do mjesta te posao te osobe (World health organization [WHO], 2020.). Najveća populacija mikroorganizama u ljudskom tijelu nalazi se u crijevima i zajednički se naziva crijevna mikrobiota (European Society of Neurogastroenterology & Motility [ESNM], 2022.). Razvija se sve veći interes vezan za mogućnost modifikacije sastava crijevne mikrobiote te posljedični utjecaj na tjelovježbu i rezultat treninga (Marttinen i sur., 2020). Razumijevanje različitih uloga crijevne mikrobiote i utjecaja iste na sportsku izvedbu, od velikog je interesa sportašima za potencijalnu maksimizaciju rezultata i minimaliziranje vremena oporavka nakon treninga (Clarke i sur., 2014;

Petersen i sur., 2017). Promjene u prehrambenim navikama i povećana dostupnost visokokalorične hrane učinili su prekomjernu težinu i pretilost jednim od najozbiljnijih zdravstvenih problema našeg doba te se usko povezuje s bolestima poput su raka, dijabetesa, bolesti srca, visokog kolesterola, visokog krvnog tlaka i moždanog udara i drugih (OAC, 2021.). Nedavni dokazi sugeriraju da na pretilost utječu specifične bakterijske vrste prisutne u ljudskom crijevu koje imaju povećane sposobnosti prikupljanja energije. Složeni putovi koji dovode do razvoja prekomjerne tjelesne težine i njegovih posljedica nisu temeljito shvaćeni, a nedavne studije sugerirale su da bi crijevnu mikrobiotu trebalo uračunati u ovu jednadžbu (Clavel i sur., 2014). Sve je više dokaza da mikrobiota crijeva i njezin bakterijski genom (mikrobiom) utječu na stjecanje hranjivih tvari, regulaciju energije i skladištenje masti (Rosenbaum i sur., 2015). Ovi studiji povećavaju mogućnost da crijevna mikrobiota igra ulogu u regulaciji energetskeg metabolizma domaćina i može pridonijeti razvoju pretilosti i povezanih metaboličkih bolesti (Gérard, 2015). Postoji sve više kliničkih dokaza koji sugeriraju da tjelesna aktivnost modificira crijevnu mikrobiotu i da se sastav crijevne mikrobiote kod sportaša razlikuje od onog kod sjedećih ljudi (Marttinen i sur., 2020), pri čemu sportaši i fizički aktivne osobe, u usporedbi s neaktivnim ispitanicima, imaju veću fekalnu raznolikost i više rodova mikroba koji su povezani sa zdravljem. (Clarke i sur., 2014; Petersen i sur., 2017; Scheiman i sur., 2019). Još je prerano govoriti o direktnom utjecaju tjelesne aktivnosti na mikrobiotu i obrnuto, ali po trenutnim istraživanjima možemo zaključiti da povezanost postoji. Za točnije i sigurnije rezultate potrebna su dodatna istraživanja.



## 9. LITERATURA

- Antal, I., Jelić, M., Sila, S., Kolaček, S., & Tambić Andrašević, A. (2019). Ljudska mikrobiota i mikrobiom. *Acta Med Croatica*, 73(1), 3–11.
- Bäckhed, F. (2011). Programming of host metabolism by the gut microbiota. *Nutrition & Metabolism*, 58(suppl 2), 44–52. <https://doi.org/10.1159/000328042>
- Backhed, F., Ley, R. E., Sonnenburg, J. L., Peterson, D. A., & Gordon, J. I. (2005). Host-Bacterial Mutualism in the Human Intestine. *Science*, 307, 1915–1921.
- Bai, J., Hu, Y., & Bruner, D. W. (2019). Composition of gut microbiota and its association with body mass index and lifestyle factors in a cohort of 7 – 18 years old children from the American Gut Project. *Pediatric Obesity*, 14, 1–10. <https://doi.org/10.1111/ijpo.12480>
- Barton, W., Penney, N. C., Cronin, O., Garcia-perez, I., Molloy, M. G., Holmes, E., Shanahan, F., Cotter, P. D., & Sullivan, O. 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. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2016-313627>
- Batacan, R. B., Fenning, A. S., Dalbo, V. J., Scanlan, A. T., Duncan, M. J., Moore, R. J., & Stanley, D. (2017). A gut reaction: the combined influence of exercise and diet on gastrointestinal microbiota in rats. *J. Appl. Microbiol.*, 122, 1627–1638. <https://doi.org/10.1111/jam.13442>
- Bell, D. S. H. (2015). Changes seen in gut bacteria content and distribution with obesity: Causation or association? *Postgraduate Medicine*, 127(8), 863–868. <https://doi.org/10.1080/00325481.2015.1098519>
- Cerdá, B., Pérez, M., Pérez-Santiago, J. D., Tornero-Aguilera, J. F., González-Soltero, R., & Larrosa, M. (2016). Gut microbiota modification: Another piece in the puzzle of the benefits of physical exercise in health? *Frontiers in Physiology*, 7, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00051>
- Charreire, H., Kesse-guyot, E., Bertrais, S., Simon, C., Chaix, B., Weber, H. C., Touvier, M., Galan, P., Hercberg, S., & Oppert, J. (2011). Associations between dietary patterns ,

physical activity ( leisure-time and occupational ) and television viewing in middle-aged French adults. *British Journal of Nutrition*, *105*, 902–910.

<https://doi.org/10.1017/S000711451000440X>

Cintineo, H. P., Arent, M. A., Antonio, J., & Arent, S. M. (2018). Effects of Protein Supplementation on Performance and Recovery in Resistance and Endurance Training. *Frontiers in Nutrition*, *5*, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00083>

Clarke, S. F., Murphy, E. F., O’Sullivan, O., Lucey, A. J., Humphreys, M., Hogan, A., Hayes, P., O’Reilly, M., Jeffery, I. B., Wood-Martin, R., Kerins, D. M., Quigley, E., Ross, R. P., O’Toole, P. W., Molloy, M. G., Falvey, E., Shanahan, F., & Cotter, P. D. (2014). Exercise and associated dietary extremes impact on gut microbial diversity. *Gut*, *63*(12), 1913–1920. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2013-306541>

Clavel, T., Desmarchelier, C., Haller, D., Gérard, P., Lepage, P., Daniel, H., Clavel, T., Desmarchelier, C., Haller, D., & Gérard, P. (2014). Intestinal microbiota in metabolic diseases. *Gut Microbes*, *4*(5), 544–551. <https://doi.org/10.4161/gmic.29331>

Coates, M. E., Fuller, R., Harrison, G. F., Lev, M., & Suffolk, S. F. (1963). A comparison of the growth of chicks in the Gustafsson germ- free apparatus and in a conventional environment, with and without dietary supplements of penicillin. *Br. J. Nutr.*, *17*, 141–150.

D’Argenio, V., & Salvatore, F. (2015). The role of the gut microbiome in the healthy adult status. *Clinica Chimica Acta*, *451*, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2015.01.003>

Dethlefsen, L., Huse, S., Sogin, M. L., & Relman, D. A. (2008). The Pervasive Effects of an Antibiotic on the Human Gut Microbiota , as Revealed by Deep 16S rRNA Sequencing. *PLoS BIOLOGY*, *6*(11), 2383–2400. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000255>

Dethlefsen, L., & Relman, D. A. (2011). Incomplete recovery and individualized responses of the human distal gut microbiota to repeated antibiotic perturbation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(Suppl 1), 4554–4561. <https://doi.org/10.1073/pnas.1000087107>

Ducray, H. A. G., Globa, L., Pustovyy, O., Roberts, M. D., Rudisill, M., Vodyanoy, V., &

- Sorokulova, I. (2019). Prevention of excessive exercise-induced adverse effects in rats with *Bacillus subtilis* BSB3. *Journal of Applied Microbiology*, *128*, 1163–1178.  
<https://doi.org/10.1111/jam.14544>
- Faith, J. J., Guruge, J. L., Charbonneau, M., Subramanian, S., Seedorf, H., Goodman, A. L., Clemente, J. C., Knight, R., Heath, A. C., Leibel, R. L., & Gordon, J. I. (2013). The Long-Term Stability of the Human Gut Microbiota. *Science*, *340*(2013), 1–8.  
<https://doi.org/10.1126/science.1237439>
- Gérard, P. (2015). Gut microbiota and obesity. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *73*(1), 147–162. <https://doi.org/10.1007/s00018-015-2061-5>
- Guinane, C. M., & Cotter, P. D. (2013). Role of the gut microbiota in health and chronic gastrointestinal disease: Understanding a hidden metabolic organ. *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, *6*(4), 295–308. <https://doi.org/10.1177/1756283X13482996>
- Hansen, T. H., Gøbel, R. J., Hansen, T., & Pedersen, O. (2015). The gut microbiome in cardio-metabolic health. *Genome Medicine*, *7*(33), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13073-015-0157-z>
- Hardman, A. E., & Stensel, D. J. (2009). *Physical Activity and Health*.
- Hibberd, A. A., Yde, C. C., Ziegler, M. L., Honoré, A. H., Saarinen, M. T., Lahtinen, S., Stahl, B., Jensen, H. M., & Stenman, L. K. (2019). Probiotic or synbiotic alters the gut microbiota and metabolism in a randomised controlled trial of weight management in overweight adults. *Beneficial Microbes*, *10*(2), 121–135. <https://doi.org/10.3920/BM2018.0028>
- Hiippala, K., Jouhten, H., Ronkainen, A., Hartikainen, A., Kainulainen, V., Jalanka, J., & Satokari, R. (2018). The Potential of Gut Commensals in Reinforcing Intestinal Barrier Function and Alleviating Inflammation. *Nutrients*, *10*(988), 1–23.  
<https://doi.org/10.3390/nu10080988>
- Hou, K., Wu, Z. X., Chen, X. Y., Wang, J. Q., Zhang, D., Xiao, C., Zhu, D., Koya, J. B., Wei, L., Li, J., & Chen, Z. S. (2022). Microbiota in health and diseases. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, *7*(135), 1–28. <https://doi.org/10.1038/s41392-022-00974-4>

- Hsu, Y. J., Chiu, C. C., Li, Y. P., Huang, W. C., Huang, Y. Te, Huang, C. C., & Chuang, H. L. (2015). EFFECT OF INTESTINAL MICROBIOTA ON EXERCISE PERFORMANCE IN MICE. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 552–558.
- Karl, J. P., Hatch, A. M., Arcidiacono, S. M., Pearce, S. C., Pantoja-feliciano, I. G., Doherty, L. A., Soares, J. W., & Karl, J. P. (2018). Effects of Psychological , Environmental and Physical Stressors on the Gut Microbiota. *FrontMicrobiol*, 9, 1–32.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02013>
- Karlsson, C. L. J., Önnarfält, J., Xu, J., Molin, G., Ahrné, S., & Thorngren-jerneck, K. (2012). The Microbiota of the Gut in Preschool Children With Normal and Excessive Body Weight. *The Obesity Society*, 20, 2257–2261. <https://doi.org/10.1038/oby.2012.110>
- Keohane, D. M., Woods, T., O’Connor, P., Underwood, S., Cronin, O., Whiston, R., O’Sullivan, O., Cotter, P., Shanahan, F., & Molloy, M. G. M. (2019). Four men in a boat: Ultra-endurance exercise alters the gut microbiome. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22, 1059–1064. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.04.004>
- Korpela, K., Salonen, A., Vepsäläinen, O., Suomalainen, M., Kolmeder, C., Varjosalo, M., Miettinen, S., Kukkonen, K., Savilahti, E., Kuitunen, M., & Vos, W. M. De. (2018). Probiotic supplementation restores normal microbiota composition and function in antibiotic-treated and in caesarean-born infants. *Microbiome*, 6(182), 1–11.
- León, S. C., Vergara, P. C., Neira, A. C., Maldonado, R. M., Araneda, C. D., & Zuñiga, M. R. (2012). Gut Microbiota and Obesity: Prebiotic and Probiotic Effects. *Intech*, 1–14.  
<http://dx.doi.org/10.1039/C7RA00172J%0Ahttps://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2011.12.014>
- Ley, R. E., Backhed, F., Turnbaugh, P., Lozupone, C. A., Knight, R. D., & Gordon, J. I. (2005). Obesity alters gut microbial ecology. *PNAS*, 102(31), 11070–11075.
- Ley, R. E., Hamady, M., Lozupone, C., Turnbaugh, P., Roy, R., Bircher, J. S., Schlegel, M. L., Tucker, T. A., Mark, D., Knight, R., & Gordon, J. I. (2009). Evolution of mammals and their gut microbes. *Science*, 320(5883), 1647–1651.

<https://doi.org/10.1126/science.1155725>.Evolution

- Lloyd-Price, J., Abu-Ali, G., & Huttenhower, C. (2016). The healthy human microbiome. *Genome Medicine*, 8(51), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13073-016-0307-y>
- Lollo, P. C. B., Cruz, A. G., Morato, P. N., Moura, C. S., Oliveira, C. A. F., & Faria, J. A. F. (2012). Probiotic cheese attenuates exercise-induced immune suppression in Wistar rats. *Journal of Dairy Science*, 95, 3549–3558. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5124>
- López-Cepero, A. A., & Palacios, C. (2015). Association of the Intestinal Microbiota and Obesity. *Puerto Rico Health Sciences Journal*, 34(2), 60–64. <https://doi.org/10.1080/02615470120107068>
- 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), 1–32. <https://doi.org/10.3390/nu12102936>
- Meropol, S. B., & Edwards, A. (2015). Review Development of the Infant Intestinal Microbiome: A Bird ' s Eye View of a Complex Process. *Birth Defects Res*, 105(4), 228–239. <https://doi.org/10.1002/bdrc.21114>
- Miles, L. (2007). Physical activity and health. *British Nutrition Foundation*, 32, 314–363.
- 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. (2020). *The athletic gut microbiota*. Journal of the International Society of Sports Nutrition.
- Moore, P. R., Evenson, A., Luckey, T. D., McCoy, E., Elvehjem, C. A., & Hart, E. B. (1946). Use of sulfasuxidine, streptothricin, and streptomycin in nutritional studies with the chick. *The Journal of Biological Chemistry*, 165(2), 437–441. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(17\)41154-9](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(17)41154-9)
- Moreno-Pérez, D., Bressa, C., Bailén, M., Hamed-Bousdar, S., Naclerio, F., Carmona, M., Pérez, M., González-Soltero, R., Montalvo-Lominchar, M. G., Carabaña, C., & Larrosa, M. (2018). Effect of a Protein Supplement on the Gut Microbiota Double-Blind Pilot Study.

*Nutrients*, 10(337), 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu10030337>

- Nay, K., Jollet, M., Goustard, B., Baati, N., Vernus, B., Pontones, M., Lefeuvre-orfila, L., Bendavid, C., Rué, O., Mariadassou, M., Bonnieu, A., Ollendorff, V., Lepage, P., Derbré, F., & Koechlin-ramonatxo, C. (2019). Gut bacteria are critical for optimal muscle function: a potential link with glucose homeostasis. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 317, 158–171. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00521.2018>
- Neish, A. S. (2009). Microbes in Gastrointestinal Health and Disease. *Gastroenterology*, 136, 65–80. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2008.10.080>
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., Mullany, E. C., Biryukov, S., Abbafati, C., Abera, S. F., Abraham, J. P., Abu-Rmeileh, N. M. E., Achoki, T., Albuhairan, F. S., Alemu, Z. A., Alfonso, R., Ali, M. K., Ali, R., Guzman, N. A., ... Gakidou, E. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, 384, 766–781. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8)
- Okamoto, T., Morino, K., Ugi, S., Nakagawa, F., Lemecha, M., Ida, S., Ohashi, N., Sato, D., Fujita, Y., Maegawa, H., Ohashi, N., Sato, D., Fujita, Y., & Microbiome, M. H. (2019). Microbiome potentiates endurance exercise through intestinal acetate production. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, 316, 956–966. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00510.2018>
- Palmer, C., Bik, E. M., Digiulio, D. B., Relman, D. A., & Brown, P. O. (2007). Development of the Human Infant Intestinal Microbiota. *PLoS Biol*, 5(7), 1556–1573. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050177>
- 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), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40168-017-0320-4>
- Pflughoeft, K. J., & Versalovic, J. (2012). Human microbiome in health and disease. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 7, 99–122. <https://doi.org/10.1146/annurev-pathol-011811-132421>

- Pintar, M. (2020). *Tjelesna Aktivnost I Zdravlje*.
- Rodriguez, J. M., Murphy, K., Stanton, C., Ross, R. P., Kober, O. I., Juge, N., Avershina, E., Rudi, K., Narbad, A., Jenmalm, M. C., Marchesi, J. R., & Collado, M. C. (2015). The composition of the gut microbiota throughout life, with an emphasis on early life. *Microbial Ecology in Health & Disease*, *26*, 1–17.
- Rosenbaum, M., Knight, R., Leibel, R. L., Science, C., & Jolla, L. (2015). The gut microbiota in human energy homeostasis and obesity. *Trends Endocrinol Metab.*, *26*(9), 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2015.07.002>.The
- Sanchez, B., Delgado, S., Blanco-Miguez, A., Lourenco, A., Gueimonde, M., & Margolles, A. (2017). Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. *Mol. Nutr. Food Res.*, *61*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600240>
- Saqib, Z. A., Dai, J., Menhas, R., Mahmood, S., Karim, M., Sang, X., & Weng, Y. (2020). Physical activity is a medicine for non-communicable diseases: A survey study regarding the perception of physical activity impact on health wellbeing. *Risk Management and Healthcare Policy*, *13*, 2949–2962. <https://doi.org/10.2147/RMHP.S280339>
- Scheiman, J., Luber, J. M., Chavkin, T. A., Macdonald, T., Tung, A., Pham, L., Wibowo, M. C., Wurth, R. C., Punthambaker, S., Tierney, B. T., Yang, Z., Hattab, M. W., Avila-pacheco, J., Clish, C. B., Lessard, S., Church, G. M., & Kostic, A. D. (2019). Meta-omics analysis of elite athletes identifies a performance-enhancing microbe that functions via lactate metabolism. *Nature Medicine*, *25*, 1104–1109. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0485-4>
- Sheflin, A. M., Melby, C. L., Carbonero, F., & Weir, T. L. (2017). Linking Dietary Patterns with Gut Microbial Composition and Function. *Gut*, *8*, 113–129.
- Stein, M. M., Hrusch, C. L., Gozdz, J., Igartua, C., Pivniouk, V., Murray, S. E., Ledford, J. G., Santos, M. M. dos, Anderson, R. L., Metwali, N., Neilson, J. W., Maier, R. M., Gilbert, J. A., Holbreich, M., Thorne, P. S., Martinez, F. D., Mutius, E. von, Vercelli, D., Ober, C., & Sperling, A. I. (2016). Innate Immunity and Asthma Risk in Amish and Hutterite Farm Children. *The New England Journal of Medicine*, *357*(5), 411–421. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1508749>

- Swinburn, B. A., Sacks, G., Hall, K. D., McPherson, K., Finegood, D. T., Moodie, M. L., & Gortmaker, S. L. (2011). The global obesity pandemic: Shaped by global drivers and local environments. *The Lancet*, *378*, 804–814. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60813-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60813-1)
- Turnbaugh, P. J., Ley, R. E., Mahowald, M. A., Magrini, V., Mardis, E. R., & Gordon, J. I. (2006). An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature*, *444*, 1027–1031. <https://doi.org/10.1038/nature05414>
- U.S. Department of Health and Human Services, . (2018). *Physical Activity Guidelines for Americans*.
- Ünsal, C., Ünsal, H., Ekici, M., Yildirim, E. K., Üner, A. G., Yildiz, M., Güle, Ö., Balkaya, M., & Belge, F. (2018). The effects of exhaustive swimming and probiotic administration in trained rats: Oxidative balance of selected organs , colon morphology , and contractility. *Physiology International*, *105*(4), 309–324. <https://doi.org/10.1556/2060.105.2018.4.25>
- Zeppa, S. D., Agostini, D., Gervasi, M., Annibalini, G., Amatori, S., Ferrini, F., Sisti, D., Piccoli, G., & Barbieri, E. (2020). Mutual Interactions among Exercise, Sport Supplements and Microbiota. *Nutrients*, *12*(17), 1–33.
- Zhang, L., Nichols, R. G., Correll, J., Murray, I. A., Tanaka, N., Smith, P. B., Hubbard, T. D., Sebastian, A., Albert, I., Hatzakis, E., Gonzalez, F. J., & Perdew, G. H. (2015). Persistent Organic Pollutants Modify Gut Microbiota – Host Metabolic Homeostasis in Mice Through Aryl Hydrocarbon Receptor Activation. *Research*, *123*(7), 679–688.



## 10. ŽIVOTOPIS

### OSOBNI PODACI

Ime i prezime: Nikolina Užnik

Datum i mjesto rođenja: 30.11.2000.

Adresa: Matije Gupca 7, Čepin

Kontakt: 095 722 4264

E-mail: [nuznik@kifos.hr](mailto:nuznik@kifos.hr) / [nikolinauznik@gmail.com](mailto:nikolinauznik@gmail.com)

### OBRAZOVANJE

2007.-2015.: Osnovna škola Vladimir Nazor Čepin

2015.-2019.: Tehnička škola i prirodoslovna gimnazija Ruđera Boškovića

2019.-danas: Kineziološki fakultet Osijek

### OSTALO

2012. – 2021.: aktivno bavljenje atletikom, disciplina skok s motkom – višestruka državna prvakinja u različitim dobnim uzrastima