

# Prevenција sindroma pretreniranosti u triatlonaca

---

Pečina, Dora

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:448257>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-08**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**MEDICINSKI FAKULTET**

**Dora Pečina**

# **Prevenција sindroma pretreniranosti u triatlonaca**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2023.**

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zavodu za zdravstvenu ekologiju i medicinu rada Škole narodnog zdravlja „Andrija Štampar“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof.dr.sc. Milana Miloševića i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2022./2023.

## Popis i objašnjenje kratica

ACTH – adrenokortikotropni hormon

EROS – engl. Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome

g – gram

h – sat

IL – interleukin

kcal – kilo-kalorije

kg – kilogram

l – litra

mL – mililitar

POMS – engl. . Profile of Mood State

RPE – engl. Rating of perceived exertion

Th – 2- pomagački limfociti T, podvrsta 2

## Sadržaj

Popis i objašnjenje kratica .....	
1. Sažetak.....	
2. Summary .....	
3. Uvod .....	1
4. Terminologija pretreniranosti .....	2
4.1. Funkcionalno presezanje .....	2
4.2. Nefunkcionalno presezanje .....	2
4.3. Sindrom pretreniranosti .....	3
5. Mehanizmi nastanka.....	4
5.1. Citokinska hipoteza .....	5
5.2. Hipotalamička hipoteza .....	6
5.3. Glikogenska i glutaminska hipoteza .....	7
5.4. Hipoteza centralnog umora .....	7
5.5. Hipoteza oksidativnog stresa .....	8
5.6. Hipoteza autonomnog živčanog sustava.....	8
6. Marker i dijagnostika .....	9
7. Simptomi.....	12
7.1. Mišićno – koštani sustav .....	12
7.2. Endokrinološki sustav .....	13
7.3. Psihološki simptomi.....	13
7.4. Kardiovaskularni sustav .....	14
8. Prevencija.....	15
8.1. Planiranje i programiranje treninga .....	16
8.2. Periodizacija.....	18
8.3. Prehrana i hidracija .....	20
8.4. Oporavak .....	22
9. Liječenje .....	25
10. Zaključak .....	27
11. Zahvale.....	28
12. Literatura .....	30
13. Životopis.....	38

## 1. Sažetak

Prevenција sindroma pretreniranosti u triatlonaca

Autor: Dora Pečina

Sportski trening dugoročan je proces s kontinuiranim izmjenama intervala rada i odmora. Interval rada predstavlja stimulacijsko razdoblje izlaganja trenažnim opterećenjima s ciljem adaptacije organizma što omogućava izlaganje sve većim opterećenjima. Regeneracijskim procesima koji se odvijaju u intervalu odmora dolazi do poboljšanja sportske sposobnosti u odnosu na prijašnju razinu što se naziva superkompenzacijom. U slučaju nedovoljne količine odmora s obzirom na volumen i intenzitet trenažnog opterećenja može doći do razvoja pretreniranosti.

Pretreniranost obuhvaća spektar entiteta koji čine funkcionalno presezanje, nefunkcionalno presezanje i u najtežim slučajevima sindrom pretreniranosti. Navedeni entiteti međusobno se razlikuju prema trajanju simptoma i vremenu do oporavka sportaša. Sindrom pretreniranosti kompleksna je, multifaktorijalna pojava čiji je vodeći simptom dugotrajni umor i pad sportske sposobnosti u odnosu na prijašnju razinu, a mogu biti zahvaćeni i drugi organski sustavi što se prezentira psihološkim, mišićno-koštanim, endokrinološkim i kardiovaskularnim simptomima koji traju više od dva mjeseca, a mogu perzistirati godinama i dovesti do kraja karijere sportaša. Ne postoje dovoljno specifični markeri koji bi sa sigurnošću ukazivali na dijagnozu sindroma pretreniranosti, ali se prema novim smjernicama iz EROS studije može dijagnosticirati kliničkim i biokemijskim parametrima nakon isključivanja organske patologije.

Prevenција sindroma, s obzirom na njegovu multifaktorijalnost, ostvaruje se pravilnim planiranjem i programiranjem te periodizacijom treninga što omogućava odgovarajuću količinu odmora što je posebno važno u sportovima izdržljivosti. Triatlon je multidisciplinarni sport izdržljivosti u kojem se discipline plivanja, vožnje bicikla i trčanja nadovezuju jedna na drugu u jednom događaju. Veliki volumen treninga kojom se izlažu rekreativni i profesionalni triatlonci povećava rizik od bolesti, ozljeda te razvoja sindroma pretreniranost. Potrebno je osigurati dovoljan unos makronutrijenata: barem 5,0 g/kg/dan ugljikohidrata, barem 1,5 g/kg/dan proteina kao i ukupni kalorijski unos od 35 g/kg/dan, nadoknada tekućine prema smjernicama te više od osam sati sna za sportaše koji sudjeluju u sportovima izdržljivosti. Terapijski modaliteti su oskudni, preporučuje se pasivni odmor u početku liječenja nakon čega slijedi primjena metoda aktivnog odmora kako ne bi došlo do dodatnog pada u kondicijskoj spremi i pogoršanja simptoma.

Ključne riječi: sindrom pretreniranosti, prevenција, triatlon

## 2. Summary

Prevention of overtraining syndrome in triathletes

Author: Dora Pečina

Sports training is a long-term process involving continuous intervals of work and rest. The work interval represents a stimulation period of exposure to training loads with the goal of organism adaptation, enabling exposure to higher loads. The rest interval involves regenerative processes that lead to improved sports performance compared to previous level, known as supercompensation. In the case of insufficient rest in relation to the volume and intensity of training loads, overtraining can occur.

Overtraining encompasses a spectrum of entities, including functional overreaching, non-functional overreaching, and in severe cases, overtraining syndrome. These entities differ in terms of symptom duration and athlete recovery time. Overtraining syndrome is a complex, multifactorial phenomenon characterized by prolonged fatigue and a decline in sports performance compared to previous levels. Other systems in the body can also be affected, resulting in psychological, musculoskeletal, endocrinological, and cardiovascular symptoms that last for more than two months and can persist for years, ultimately leading to the end of an athlete's career. There are no sufficiently specific markers to definitively diagnose overtraining syndrome, but according to the new guidelines from the EROS study, it can be diagnosed based on clinical and biochemical parameters after ruling out organic pathology.

Preventing the syndrome, given its multifactorial nature, involves proper planning, programming, and periodization of training, which allows for adequate rest, particularly important in endurance sports. Triathlon is a multidisciplinary endurance sport that combines swimming, cycling, and running disciplines in a single event. The high training volume experienced by recreational and professional triathletes increases the risk of illness, injury, and the development of overtraining syndrome. It is necessary to ensure sufficient intake of macronutrients: at least 5.0 g/kg/day of carbohydrates, at least 1.5 g/kg/day of protein, and a total caloric intake of 35 g/kg/day, along with fluid replenishment according to guidelines and more than eight hours of sleep for endurance athletes.

Therapeutic modalities are limited, and passive rest is recommended initially in the treatment, followed by the implementation of active rest methods to avoid further decline in fitness and worsening of symptoms.

Keywords: overtraining syndrome, prevention, triathlon

### 3. Uvod

Sportski trening dugoročan je i kontinuiran proces razvijanja i usavršavanja bazičnih i specifičnih sportskih sposobnosti koji se odvija kroz sve dobne kategorije do kraja sportske karijere. Proces je kontinuiran, sa stalnim izmjenama intervala rada i odmora. Tijekom intervala rada sportaš se izlaže trenažnim podražajima s ciljem postizanja adaptacije organizma što omogućuje sportašu poboljšanje treningom ciljanih sposobnosti. U intervalu odmora kao posljedica obnavljajućih procesa, postiže se povišena sportska sposobnost do razine koja je viša od one prije početka treninga što se naziva pojavom superkompencije. Zbog velikog volumena treninga kojim se izlažu sportaši kao posljedica sve većeg broja natjecanja u sezoni, često je izlaganje sportaša novom treningu uz nedovoljnu razinu odmora (1,2).

U slučaju da se sportašu ne pruži odgovarajuća razina odmora između trenažnih opterećenja moguć je razvoj pretreniranosti što obuhvaća spektar različitih entiteta koji ako se ne liječe, dovode do razvoja najtežeg oblika koji se naziva sindrom pretreniranosti (3).

Sindrom pretreniranosti kompleksna je, multifaktorijalna pojava koja se prezentira različitim simptomima te zahvaća više organskih sustava. Vodeći simptom je dugotrajni pad razine sportske izvedbe u odnosu na prijašnju, praćeno dugotrajnim neobjašnjivim umorom. S obzirom na multifaktorijalnu prirodu sindroma pretreniranosti, na njegov razvoj mogu, osim prevelikog opterećenja uz nedovoljnu količinu odmora koji su posljedica neodgovarajućeg planiranja i programiranja treninga, utjecati i neadekvatna prehrana, hidracija, nedovoljna količina i smanjena kvaliteta sna te povećana razina vanjskih stresora nevezanih za sportsku aktivnost kao što su emocionalni, socijalni, ekonomski ili profesionalni stresori (4).

Triatlon je multidisciplinarni sport izdržljivosti u kojem se discipline plivanja, vožnje bicikla i trčanja nadovezuju jedna na drugu u jednom događaju. Veliki volumen treninga kojom se izlažu rekreativni i profesionalni triatlonci povećava rizik od bolesti, ozljeda te razvoja sindroma pretreniranost (5). Kako bi se rizik za nastanak sindroma smanjio potrebno je u mjerama prevencije misliti na sve spomenute etiološke čimbenike.



## 4. Terminologija pretreniranosti

Pretreniranost je kompleksna, multifaktorijalna pojava koja označava spektar entiteta koji čine kontinuum, vrlo često bez jasnog prijelaza iz jednog u drugi entitet. Obuhvaća pojmove: funkcionalnog presezanja, nefunkcionalnog presezanja te u ekstremnim slučajevima pojavu sindroma pretreniranosti. Spomenuti entiteti međusobno se razlikuju prema vremenu koje je potrebno za nestanak simptoma i oporavak sportaša, a ne prema težini simptoma koji se u pojedinim fazama prezentiraju (6).

### 4.1. Funkcionalno presezanje

Funkcionalno presezanje pojavljuje se prilikom kratkotrajnog preopterećenja ili kratkotrajnog pretjeranog treniranja, a rezultira inicijalnim umorom koje može trajati i nekoliko dana nakon čega nastupa poboljšanje sportskih sposobnosti. Funkcionalno presezanje može se namjerno i planirano koristiti u programiranju i periodizaciji treninga kada se najčešće primjenjuje u sklopu kratkotrajnih trening kampova u pripremnom periodu (7).

Simptomi umora i pada sportskih sposobnosti reverzibilni su i u većine sportaša se povuku za nekoliko dana, a u iznimnim slučajevima simptomi mogu trajati i do četrnaest dana (6). U slučaju da se prekomjerno treniranje uz neadekvatan oporavak nastavi duže vremena, dolazi do razvoja nefunkcionalnog presezanja.

### 4.2. Nefunkcionalno presezanje

Dugotrajno prekomjerno treniranje uz nedovoljan period oporavka dovodi do pojave nefunkcionalnog presezanja, koje se kao i funkcionalno presezanje prezentira pojavom reverzibilnog pada sportskih sposobnosti i umorom. Ipak, funkcionalno i nefunkcionalno presezanje se kvalitativno i kvantitativno razlikuju. Nefunkcionalno presezanje dovodi do pojave psihičkih simptoma (promjene raspoloženja, razdražljivost, pad motivacije) kao i simptoma endokrinološke disfunkcije i hormonskog disbalansa (8). Također, spomenuti simptomi mogu trajati tjednima, čak i mjesecima prije nego nastupi potpuni oporavak sportaša (9).

### 4.3. Sindrom pretreniranosti

U slučaju prolongiranja preintenzivnog ili preučestalog režima treninga koji nije praćen adekvatnim vremenom oporavka, kao i u slučaju neprepoznatog i neliječenog nefunkcionalnog presezanja koje progredira, dolazi do razvoja sindroma pretreniranosti. Sindrom pretreniranosti pokazuje simptomatologiju istovjetnu nefunkcionalnom presezanju zbog čega je distinkcija tih dvaju stanja otežana. Dolazi do nemogućnosti treniranja i ostvarivanja rezultata na razini na kojoj je sportaš bio prije pojave simptoma te se javlja i umor, a sumnja na dijagnozu se javlja ako simptomi ne nestaju više od 2 mjeseca. Simptomi mogu perzistirati mjesecima, godinama, čak mogu dovesti i do prekida sportske karijere. To je patološko stanje koje zahvaća brojne organske sustave pa tako dovodi do psihičke, neurološke, imunološke, kardiovaskularne i mišićno-koštane simptomatologije (10). Upravo zbog preklapanja simptomatologije spomenutih dvaju entiteta javlja se potreba za definicijom objektivnih markera koja bi omogućila distinkciju tih dvaju stanja. Izmjerene su više vrijednosti adrenokortikotropnog hormona i prolaktina u sportaša s dijagnosticiranim sindromom pretreniranosti nego u sportaša s dijagnosticiranim nefunkcionalnim presezanjem, što čini te hormone korisnim markerima za razlikovanje tih dvaju stanja (11,12). Definirana su stanja koja vrlo sličnim patofiziološkim mehanizmima dovode do razvijanja simptoma bliskih sindromu pretreniranosti a neka od njih su: sindrom sagorijevanja u sportaša (*engl. Burnout syndrome in athletes*), sindrom relativnog deficita energije u sportu (*engl. Relative energy deficiency in sport*). S obzirom na simptomatološku i patofiziološku sličnost, kao i nedostatak dovoljno specifičnih kriterija za postavljanje dijagnoze pojedinih stanja, u novije vrijeme javljaju se preporuke za objedinjenjem spomenutih stanja pod zajednički klinički entitet pod nazivom sindrom sportaša sniženih sportskih sposobnosti (*engl. Impaired athlete syndrome*).

**Tablica 1.** Terminologija pretreniranosti

Oblik pretreniranosti	Simptomi	Trajanje
Funkcionalno prezezanje	Umor i neobjašnjiv pad sportskih sposobnosti	Kratkotrajno, od nekoliko dana do najviše 14 dana
Nefunkcionalno prezezanje	Umor i neobjašnjiv pad sportskih sposobnosti, psihički, endokrinološki simptomi	Tjednima, mjesecima
Sindrom pretreniranosti	Umor i pad neobjašnjiv sportskih sposobnosti, psihički, endokrinološki, imunološki, kardiovaskularni, mišićno-koštani simptomi	> 2 mjeseca, može trajati mjesecima, godinama, čak i rezultirati krajem sportske karijere

## 5. Mehanizmi nastanka

Tijekom treninga dolazi do izlaganja podražajima, stresorima i opterećenjima koji potiču reakciju i adaptaciju organizma. Kako bi se postigla optimalna adaptacija organizma na opterećenje, trenažni stimulus mora se progresivno povećavati uz optimalan volumen i intenzitet treninga te pružanje odgovarajuće razine odmora između fizičkih opterećenja (2). U slučaju malog volumena ili intenziteta treninga, ili obrnuto ne dolazi do odgovarajućih adaptacijskih odgovora različitih organskih sustava. Suprotno, ekstremno povećanje volumena, intenziteta treninga ili oboje, dovodi do pretjeranog treninga (*engl. excessive training*). Dokazano je kako plivački treninzi u trajanju 3-4h, 5 ili 6 dana u tjednu ne poboljšavaju izvedbu u odnosu na trening u trajanju od 1,5h. Naprotiv, dokazano je kako takav ekstremni volumen treninga dovodi do smanjenja mišićne snage i brzine (13). Visoko intenzivni, volumno nizak trening (*engl. high-intensity, low-volume training*) može se tolerirati samo kratko vrijeme. Ovaj tip treninga povećava mišićnu snagu u treningu s otporom, brzinu te anaerobni kapacitet u intervalnom treningu visokog intenziteta, ali ne pruža značajno poboljšanje aerobne sposobnosti (2).

S druge strane, trening niskog intenziteta, visokog volumena (*engl. low-intensity, high -volume training*) djeluje primarno na oksidativne metaboličke sustave, uzrokujući veće poboljšanje

aerobnih sposobnosti, ne utječući pritom značajno na mišićnu snagu, anaerobni kapacitet ili brzinu (14).

Pokušaji čestog izvođenja visoko intenzivnog treninga mogu imati negativne učinke na prilagodbu. Energija se kod visoko intenzivne vježbe najvećim dijelom dobiva glikolitičkim sustavom, što dovodi do brzog iscrpljenja mišićnog glikogena (15,16). Ako se ovakav trening izvodi prečesto, na primjer svakodnevno, može doći do kroničnog iscrpljenja mišićnih energetskih rezervi, znakove kroničnog umora, prenaprezanja. Nadalje, ne pruži li se tijelu adekvatan odmor između opterećenja dolazi do sloma adaptacijskih mehanizama i razvoja sindroma pretreniranosti (4,16). Ostali stresori koji nisu usko vezani za vježbanje kao što su emocionalni stresovi, stresovi uzrokovani interpersonalnim odnosima ili profesionalni stresovi zajedno s razinom trenažnog opterećenja određuju vrijeme potrebno za odmor i odgovarajuću adaptaciju organizma (4,17). Točni uzroci nastanka sindroma pretreniranosti, kao i točni mehanizmi koji dovode do njegova nastanka i dalje nisu pronađeni. Aktivno se istražuju te je u tu svrhu postavljeno nekoliko hipoteza kojima se pokušavaju objasniti mehanizmi nastanka sindroma pretreniranosti, a time i olakšati njegova prevencija i liječenje.

### 5.1. Citokinska hipoteza

U sportovima izdržljivosti poput maratona, srednje dugog ili dugog triatlona, velika frekvencija repetitivnih pokreta (pokreti u zglobovima, mišićne kontrakcije) dovodi do mikrotrauma koje, uz neadekvatan period oporavka i akumulaciju oštećenja, uzrokuju akutnu inflamatornu reakciju i lučenje proupalnih citokina među kojima su najvažniji interleukin (IL) 1 $\beta$ , IL-6, i TNF- $\alpha$  (6). Spomenuti citokini potom izazivaju sistemski odgovor na upalu, djelujući na više organskih sustava. Djelujući na središnji živčani sustav uzrokuju inapetenciju, depresiju, promjene raspoloženja i poremećaje spavanja. Citokini u sklopu akutne upale djeluju i na jetru, gdje inhibiraju sintezu glukoznog transportera koji omogućava unošenje glukoze u miocite. Navedeno onemogućuje oporavak glikogena u mišićima što doprinosi umoru i osjećaju težine ekstremiteta prilikom treninga što ograničava sportaša u obavljanju aktivnosti na najvišoj razini (18). Budući da je koncentracija istih citokina povišena u sklopu akutne upale druge etiologije poput infekcija, navedeno se stanje organizma naziva i bolesničko stanje (19). Također je promjenjena aktivnost imunološkog sustava u smjeru povećanja produkcije pomagačkih limfocita T podvrste 2 (Th-2). Uočeno je kako se nakon istrčanog maratona povećava humoralni imunološki odgovor, a smanjuje stanični što čini sportaše podložnima za razvoj respiratornih infekcija (20). Također je

uočena smanjena funkcija neutrofila, snižena koncentracija funkcionalnih serumskih i salivatornih imunoglobulina kao i povećan broj citotoksičnih limfocita T u perifernoj krvi (21).

## 5.2. Hipotalamička hipoteza

Fiziološki odgovor na stres bez obzira na etiologiju pa tako i onaj uzrokovan trenažnim opterećenjem, obuhvaća kompleksni neuroendokrini odgovor. Hipotalamus, hipofiza i sve endokrine žlijezde pod njihovom kontrolom omogućavaju tijelu adekvatan odgovor na promjene i podražaje koji se događaju u njegovoj okolini. Izlaganjem trenažnom opterećenju dolazi do odgovora na spomenuti stresni podražaj koji je karakteriziran pojačanim lučenjem stresnih hormona: kortizola, adrenalina, hormona rasta i adrenalina (22). U periodu od nekoliko sati nakon izlaganja tjelesnoj aktivnosti dolazi do pada kortizola i povećane koncentracije testosterona koji pruža anabolički učinak i dovodi do hipertrofije mišićnih vlakana i povećane gustoće kapilara u mišićima, kao i povećane gustoće mitohondrija te rezervi glikogena u mišićnim stanicama (17). Jedna od hipoteza koja objašnjava nastanak sindroma pretreniranosti obuhvaća maladaptaciju osi hipotalamus-hipofiza-endokrine žlijezde u odgovoru na trenažni podražaj (17). Navedeno dovodi do poremećaja hormonalnog odgovora i razlike u koncentracijama hormona u usporedbi s fiziološkim odgovorom na stres. U sportaša s dijagnosticiranim sindromom pretreniranosti izmjerene su niže koncentracije adrenokortikotropnog hormona (ACTH), kao i hormona rasta te kortizola u odgovoru na stres uzrokovan treningom u odnosu na zdrave sportaše (8). Također je moguće mjeriti omjer testosteron/kortizol koji ukazuje na ravnotežu anaboličkih odnosno kataboličkih procesa u organizmu. Taj je omjer u stanju pretreniranosti smanjen što ukazuje na narušavanje ravnoteže i njezina pomicanja u smjeru kataboličkih procesa (23). Navedena saznanja iskoristila su se pri pokušaju definiranja markera u svrhu razlikovanja nefunkcionalnog presezanja od sindroma pretreniranosti što se istraživalo u studiji provedenoj na biciklistima koji su bili podvrgnuti testu dvaju nastupa maksimalnog vježbanja. U sportaša s dijagnosticiranim nefunkcionalnim presezanjem dolazi do pojačanog hormonalnog odgovora i porasta koncentracije stresnih hormona nakon drugog maksimalnog vježbanja, dok je kod pretreniranih spomenuti endokrini odgovor jači nakon prvog maksimalnog vježbanja, a nakon drugog je porast koncentracije minimalan ili u potpunosti izostaje. Autori navedenu razliku objašnjavaju promjenom u osjetljivosti glukokortikoidnih receptora (24). Također je zabilježeno kako intenzitet treninga

korelira s koncentracijom adrenalina u krvi. U profesionalnih plivača s postavljenom dijagnozom sindroma pretreniranosti izmjerene su više vrijednosti adrenalina tijekom dužeg perioda nakon treninga, dok je porast koncentracije adrenalina u idućem izlaganju trenažnom procesu bio malen, a suprotno je zabilježeno u zdravih plivača bez dijagnoze sindroma pretreniranosti (25). Ipak, mjerenjem koncentracija pojedinačnih komponenti endokrinološkog sustava ne može se vjerodostojno objasniti učinak brojnih i kompleksnih reakcija koje se događaju u organizmu u odgovoru na trening i ostale stresore te ne postoji jedan specifični hormonski marker koji bi sa sigurnošću ukazivao na dijagnozu sindroma pretreniranosti (26).

### 5.3. Glikogenska i glutaminska hipoteza

Budući da je jedan od vodećih simptoma pretreniranosti pad sportske izvede, posumnjalo se kako je jedan od uzroka nastanka sindroma pretreniranosti deplecija glikogena. Smanjena razina glikogena dovodi do povećane oksidacije glutamina što uzrokuje poremećaj sinteze neurotransmitera u centralnom živčanom sustavu i dovodi do pojave umora. Primijećeno je međutim kako se sindrom pretreniranosti dijagnosticira i u sportaša s normalnom pa i povećanom razinom glikogena, a kod onih koji unose premale količine ugljikohidrata u odnosu na svoje dnevne potrebe, sindrom pretreniranosti nije dijagnosticiran (3).

Koncentracija glutamina se nakon opekline, ozljeda kao i intenzivne fizičke aktivnosti smanjuje, a razina glutamina u krvi se u zdravih pojedinaca vraća unutar fizioloških vrijednosti u razdoblju oporavka. U sportaša s postavljenom dijagnozom pretreniranosti uočava se prolongirano niska koncentracija glutamina, a takav nalaz može perzistirati mjesecima (27).

### 5.4. Hipoteza centralnog umora

Tijekom fizičke aktivnosti smanjuje se koncentracija glutamina kao i razgranatih aminokiselina zbog pojačane oksidacije izazvane povećanim potrebama organizma za energijom. Razgranate aminokiseline i triptofan međusobno se natječu za vezno mjesto na receptoru koji djeluje kao transporter u središnji živčani sustav. Budući da je koncentracija razgranatih aminokiselina snižena, dolazi do pojačanog transporta triptofana u središnji živčani sustav, a time i povećane

koncentracije serotonina u središnjem živčanom sustavu, čiji je triptofan prekursor. Time se može objasniti postojanje psiholoških simptoma, poput promjena raspoloženja, manjka motivacije i nesanice kao i pretjeranog i neobjašnjivog umora. Također, navedeni simptomi se mogu objasniti i povećanom osjetljivošću receptora za serotonin u sportaša s dijagnosticiranim sindromom pretreniranosti, dok je u zdravih sportaša ta osjetljivost smanjena (3,28).

## 5.5. Hipoteza oksidativnog stresa

Kada stvaranje kisikovih radikala nadilazi sposobnosti njihovog uklanjanja sustavom antioksidansa, dolazi do njihovog nakupljanja u krvi i tkivima što pak inducira upalu i oštećenje zahvaćenih tkiva (3). U sportaša s postavljenom dijagnozom sindroma pretreniranosti izmjereni su značajno viši markeri oksidativnog stresa tj. pojačana koncentracija kisikovih radikala, kao i smanjenje antioksidativnog kapaciteta organizma (29). Dokazano je kako je u zdravih sportaša koji treniraju i natječu se u ekstremnim disciplinama izdržljivosti kao što je Ironman triatlon također nastaju promjene u metabolizmu kisikovih radikala te njihovog pojačanog nakupljanja. Posljedično, ne može se sa sigurnošću tvrditi kako je povećani oksidativni stres posljedica isključivo sindroma pretreniranosti, a ne izlaganja ekstremnim fizičkim naporima (29).

## 5.6. Hipoteza autonomnog živčanog sustava

Disbalans aktivnosti autonomnog živčanog sustava mogu se objasniti određeni simptomi koji nastaju u sindromu pretreniranosti. Smanjenom aktivnošću simpatikusa, čime prevladava inhibitorna aktivnost parasimpatikusa objašnjavaju se simptomi poput sniženog raspoloženja, manjka motivacije i povećanog, neopravdanog umora (30). Varijabilnost pulsa može ukazivati na promjenu aktivnosti autonomnog živčanog sustava. Zabilježena je veća pulsna varijabilnost u pretreniranih sportaša neposredno nakon buđenja u odnosu na zdrave sportaše, što se objašnjava pojačanom simpatičkom aktivnošću (31). Parasimpatički oblik sindroma, karakteriziran povećanom parasimpatičkom aktivnošću i tome odgovarajućim simptomima, češći je u sportovima izdržljivosti u kojima prevladava aerobna aktivnost poput: srednje dugog i dugog triatlona te dugoprugaških trkačkih disciplina, dok je povećana aktivnost simpatičkog živčanog

sustava karakteristična za sportove u kojima prevladava anaerobna aktivnost kao što su sprinterske atletske discipline, bacačke atletske discipline (3, 32).

## 6. Marker i dijagnostika

Uzimajući u obzir kompleksnost etiologije sindroma pretreniranosti kao i njegov utjecaj na više organskih sustava, javlja se problem nemogućnosti definiranja dovoljno specifičnih markera koji bi sa sigurnošću omogućili dijagnozu sindroma pretreniranosti (4). Ipak, zadnjih godina provode se intenzivna istraživanja s ciljem definiranja jasnih parametara koji bi ukazivali na pojavu sindroma pretreniranosti u sportaša, čime bi se omogućila rana dijagnoza i pravovremeno liječenje što bi povećalo postotak oporavka. Provedena je studija pod nazivom Endokrini i metabolička zbivanja u sindromu pretreniranosti (*engl. Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome, EROS*) kojom je ispitano sto sedamnaest markera koji bi mogli ukazivati na postojanje sindroma pretreniranosti. Iako ni jedan izolirani marker nije dovoljno specifičan da može sa sigurnošću upućivati na dijagnozu sindroma, definirana su tri dijagnostičke skale bodovanja: EROS-klinička skala, EROS-pojednostavljena skala, EROS-cjelovita skala (*engl. EROS-CLINICAL, EROS-SIMPLIFIED, and EROS-COMplete.*) EROS-klinička skala bazira se na postojanju kliničkih pokazatelja sindroma pretreniranosti, EROS-pojednostavljena skala uz kliničke uključuje postojanje i biokemijskih pokazatelja sindroma, dok EROS-cjelovita skala uz gore navedeno obuhvaća antropometrijska mjerenja kao i test opterećenja glukozom kao pokazatelje prisutnosti sindroma pretreniranosti (33). Kombinacija parametara iz spomenutih dijagnostičkih bodovnih skala smatraju se dovoljno specifičnima za postavljanje dijagnoze sindroma pretreniranosti (34). No, potrebno je korištenju dijagnostičkih bodovnih skala pristupiti s oprezom, budući da je EROS studija rađena na malom uzorku ispitanika koji su pripadnici muškog spola. Stoga je potrebno provođenje studija na većem uzorku ispitanika kao i uključivanje ženskog spola kako bi se navedene skale mogle koristiti u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Marker koji ukazuju na postojanje sindroma pretreniranosti, a koriste se u EROS skalama pri postavljanju



dijagnoze sindroma su: promijenjena bazalna koncentracija hormona, promijenjen endokrinološki odgovor na podražaj, varijabilnost pulsa, psihološki simptomi, promjene u poprečnoprugastom mišićju i konstituciji tijela. U pretreniranih sportaša uočene su povišene vrijednosti kataboličkih hormona: kateholamina i kortizola, dok se koncentracije anaboličkih hormona razlikuju između provedenih studija. Također je visoka srčana frekvencija u mirovanju i nakon buđenja pokazatelj pretreniranosti. Uočeni su psihološki simptomi u pretreniranih sportaša kao što su: pad motivacije, depresija, promjene raspoloženja, umor (33). U pretreniranih sportaša je također primijećeno kako je duljina telomera obrnuto proporcionalna volumenu i godinama treniranja. Istraživanja zadnjih godina pokazala su kako je smanjena duljina telomera povezana s ubrzanim procesom starenja. Smanjena duljina telomera dokazana je kod profesionalnih sportaša u odnosu na duljinu zdravih, redovito aktivnih pojedinaca, ali se skraćenje telomera zamjećuje i kod sportaša s dijagnozom sindroma pretreniranosti. Zaključno, ne može se sa sigurnošću reći je li skraćenje telomera posljedica učestale sportske aktivnosti velikog volumena i intenziteta ili sindroma pretreniranosti, a navedeno je potrebno dodatno istražiti (33,35,36)

Prije postavljanja dijagnoze potrebno je isključiti postojanje organske patologije koja može imati istovjetne simptome sindromu pretreniranosti. Bolesti koje je potrebno isključiti prije postavljanja dijagnoze sindroma pretreniranosti mogu biti: endokrine (diabetes mellitus, hipotireoidizam), infektivne (infektivna mononukleoza, hepatitis, HIV), kardiovaskularne, psihičke (depresija) etiologije. Također je potrebno razmišljati o postojanju sindroma sindroma relativnog deficita energije u sportu, čiji se simptomi uvelike preklapaju sa simptomima u sklopu sindroma pretreniranosti (37).

**Tablica 2.****Parametri EROS-kliničke skale**

<i>EROS klinička-skala</i>	Prehrambene navike
	POMS

**Tablica 3.****Parametri EROS pojednostavljene-skale**

<i>EROS pojednostavljena-skala</i>	Prehrambene navike
	POMS
	Bazalna koncentracija hormona

**Tablica 4.****Parametri EROS cjelovite-skale**

<i>EROS-cjelovita skala</i>	Prehrambene navike
	POMS
	Bazalna koncentracija hormona
	Test opterećenja glukozom
	Tjelesna konstitucija

Strelica označava kako je u slučaju nedovoljno jasnih rezultata, što onemogućava postavljanje dijagnoze sa sigurnošću, potrebno prijeći na iduću skalu.

## 7. Simptomi

Simptomi koji se javljaju u sportaša s dijagnosticiranim sindromom pretreniranosti su nespecifični, te zajednički s brojnim organskim bolestima poput: astme, anemije, hipotireoidizma, sindroma kroničnog umora, ali i psihičkim bolestima poput depresije. Upravo zato potrebno je pri postavljanju dijagnoze prvo isključiti ostale organske diferencijalnodijagnostičke opcije koje zahtijevaju uvođenje propisane terapije (37, 38).

Simptomi u pretreniranih sportaša su multisistemski i visoko individualni, što zapravo znači da u dvoje različitih sportaša ne možemo očekivati istu prezentaciju simptoma. Isto se može susresti pri izlaganju različitih sportaša istom trenažnom opterećenju i istoj razini oporavka, pri čemu kod jednih dolazi do adaptacije i superkompenzacije koja rezultira povećanom sportskom sposobnošću u usporedbi s početnim stanjem, dok kod drugih može voditi u maladaptaciju i razvoj sindroma pretreniranosti (4). S obzirom na navedeno, sindrom pretreniranosti može se očitovati različitim spektrom simptoma i zahvaćanjem različitih organskih sustava: mišićno - koštanog sustava, endokrinološkog sustava, imunološkog sustava, kardiovaskularnog sustava te psiholoških simptoma.

### 7.1. Mišićno – koštani sustav

Jedan od vodećih simptoma sindroma pretreniranosti je pad sportskih sposobnosti u odnosu na prijašnju razinu sportske izvedbe. Također je jedan od vodećih simptoma umor u mišićima kao i bolovi koji ne odgovaraju izloženom intenzitetu i volumenu treninga (39). Mogući mehanizam nastanka pojačanog umora u mišićima mogao bi se objasniti deplecijom glikogena. No, do smanjene razine glikogena dolazi prilikom svakog izlaganja intenzivnoj fizičkoj aktivnosti, a korelacija između razine glikogena i sindroma pretreniranosti nije dokazana budući da su u pretreniranih sportaša izmjerene normalne ili visoke razine glikogena, a u zdravih sportaša niske koncentracije glikogena (3). Pretrenirani sportaši javljaju povećanu subjektivnu razinu napora pri manjim opterećenjima u odnosu na zdrave sportaše, a spomenuta skala sve više nalazi svoje mjesto u svakodnevnom radu trenera u svrhu praćenja razine umora i oporavka (*engl. Rating of Perceived Exertion, RPE*) (39,40). Dokazano je kako je učestalost ozljeda u korelaciji s povećanom frekvencijom treninga, kao i postojanjem simptoma pretreniranosti (41). Primjećuje

se i kronični, akumulirani sistemski osjećaj umora koji nije u korelaciji s razinom trenažnog opterećenja, a sportaš ga se ne rješava ni prolongiranim vremenom oporavka.

## 7.2. Endokrinološki sustav

Promjena u bazalnoj koncentraciji hormona, poremećaj hormonskog odgovora na trenažno opterećenje kao stresni podražaj upućuju na disfunkciju osovine hipotalamus-hipofiza-nadbubrežna žlijezda i posljedične neuroendokrine manifestacije koje se povezuju s postojanjem sindroma pretreniranosti (33). Dok se u zdravih sportaša u odgovoru na trenažni podražaj povećava razina ACTH, a posljedično i kortizola, njihova se koncentracija ubrzo nakon izlaganja podražaju vraća u interval referentnih vrijednosti. U pretreniranih sportaša izmjerene su povišene bazalne vrijednosti kortizola i kateholamina, čime se može objasniti povećana učestalost infekcija, kao i povišenje srčane frekvencije u mirovanju (42), također su izmjerene povišene vrijednosti prolaktina (11,12). Smanjen je također i odgovor na podražaj što se očituje smanjenim porastom koncentracije ACTH, a posljedično je smanjen porast koncentracije kortizola (43). Također je izmjerena snižena bazalna koncentracija testosterona, kao i smanjen omjer testosteron/kortizol čime se objašnjava smanjenje libida kod pretreniranih muških sportaša (44).

## 7.3. Psihološki simptomi

Prisutnost psiholoških simptoma u pretreniranih sportaša objašnjava se ili povećanom koncentracijom triptofana, a posljedično i serotonina čiji je prekursor, ili njihovom normalnom koncentracijom, ali povećanom osjetljivošću serotoninskih receptora (3,28). Psihološko stanje procjenjeno je različitim psihološkim upitnicima od kojih se najčešće koristi *engl. Profile of Mood State* (POMS), a dokazano je kako smanjen rezultat POMS upitnika korelira s prisutnošću simptoma pretreniranosti, a sportaši prijavljuju pojačan osjećaj anksioznosti, sniženog raspoloženja, pojačan osjećaj bijesa kao i učestalije promjene raspoloženja (45).

## 7.4. Kardiovaskularni sustav

Simptomi zahvaćenosti kardiovaskularnog sustava u sklopu sindroma pretreniranosti mogu varirati, a vodeći simptom je promjena u srčanoj frekvenciji koja nastaje kao posljedica neravnoteže u radu autonomnog živčanog sustava. Kod parasimpatičkog oblika sindroma, koji se češće javlja u sportaša koji sudjeluju u sportovima u kojima prevladava aerobna aktivnost, kao što je triatlon, prevladava parasimpatička aktivnost autonomnog živčanog sustava što dovodi do pojave bradikardije u mirovanju, ali i smanjenog porasta srčane frekvencije prilikom sportske aktivnosti. S druge strane, kod simpatičkog oblika bolesti koji je češći u sportovima u kojima prevladava anaerobna aktivnost, zamjećuje se tahikardija i hipertenzija koji nastaju kao posljedice prevladavajuće simpatičke aktivnosti (3,38). Varijabilnost srčane frekvencije neinvazivni je marker kojim se može pratiti aktivnost autonomnog živčanog sustava, a nastaje zbog promjene u aktivnosti njegovog simpatičkog i parasimpatičkog dijela (46). Budući da se u sindromu pretreniranosti aktivnost pomiče u smjeru jedne od grana autonomnog živčanog sustava, bilo simpatičke ili parasimpatičke, u sindromu pretreniranosti zamjećuje se smanjena varijabilnost pulsa (47). Također su izmjerene više vrijednosti kreatin – kinaze i troponina nakon intenzivne sportske aktivnosti u sportaša s dijagnosticiranim sindromom pretreniranosti, i u usporedbi sa zdravim sportašima kao i produženo vrijeme oporavka i pada vrijednosti navedenih enzima u fiziološki interval (48).

**Tablica 5.** Simptomi sindroma pretreniranosti prema zahvaćenim organskim sustavima

Organski sustav	Simptomi
Mišićno-koštani	Umor, bolovi u mišićima, veći RPE pri istom intenzitetu fizičke aktivnosti
Endokrinološki	Promjena bazalne koncentracije hormona, smanjen endokrinološki odgovor na trenažno opterećenje
Psihološki	Pad motivacije, sniženo raspoloženje, anksioznost, promjene raspoloženja
Kardiovaskularni	Promjena srčane frekvencije u mirovanju, smanjen porast frekvencije u odgovoru na trenažni podražaj, smanjena srčana varijabilnost
Imunološki	Povećana učestalost infekcija

## 8. Prevencija

Kako bi se nastanak sindroma pretreniranosti spriječio, potrebno je poznavati kompleksnost uzroka koji dovode do njegova razvoja. Čak 60% profesionalnih i 33% rekreativnih sportaša izjavili su kako su barem jednom tijekom karijere doživjeli simptome pretreniranosti. Ipak, prevalencija sindroma pretreniranosti u literaturi varira između 5 i 60%, a tako velike razlike u navodima objašnjavaju se nepostojanjem specifičnih markera kojima bi se nefunkcionalno presezanje razlikovalo od sindroma pretreniranosti. Također je neetički izazvati sindrom pretreniranosti u svrhu istraživanja (3,4,43). Budući da sindrom pretreniranosti zahvaća sportaše, kao vodeći simptom navodi se dugotrajni pad radnih sportskih sposobnosti u odnosu na prethodno zabilježenu razinu, a kao vodeći uzrok spominje se neodgovarajuće planiranje i programiranje treninga što obuhvaća prevelik intenzitet ili volumen treninga kao i neodgovarajuću fazu oporavka za individualne potrebe sportaša. Naravno, etiologija sindroma je, kao i većine bolesti, kompleksna, multifaktorijalna i nikako se ne smije svesti na samo jedan uzrok zbog čega je nužno razmišljati o dodatnim uzrocima kao što su neadekvatna prehrana, nedovoljan san i odmor, prisutnost vanjskih stresora: emocionalnih, profesionalnih, obiteljskih, ekonomskih, socijalnih.

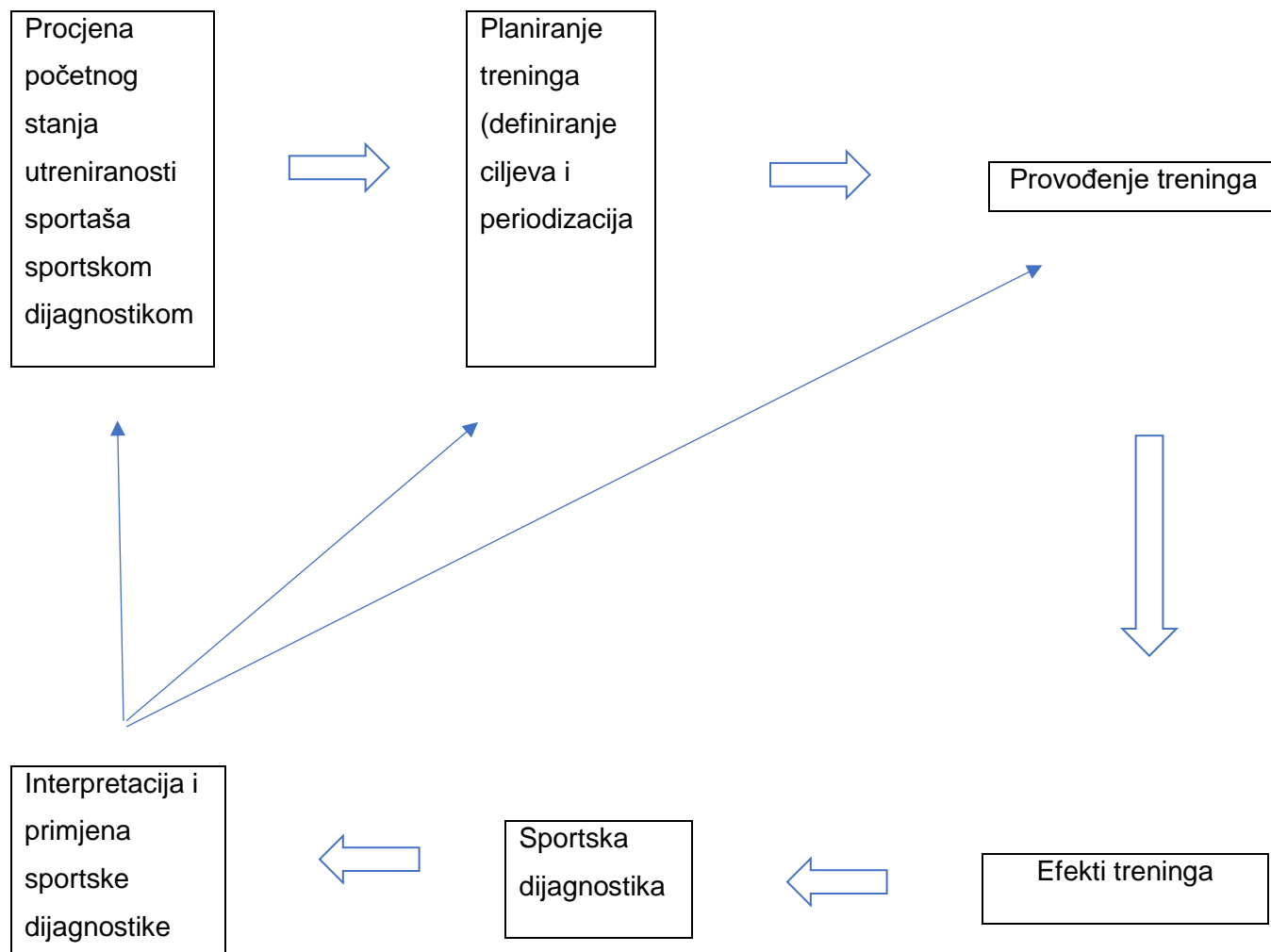
## 8.1. Planiranje i programiranje treninga

Trening je proces u kojem se sportaši izlažu opetovanim podražajima koji imaju za cilj postizanje adaptacije organizma, a nakon odgovarajuće faze oporavka dovode do poboljšanja ciljanih sposobnosti u odnosu na njihovu bazalnu razinu. Stanje povećanja sposobnosti koje je rezultat regeneracijskih procesa za vrijeme faze oporavka naziva se superkompenzacija (49). Kako bi se ostvarili spomenuti pozitivni učinci trenažnog procesa, i ostvarila načela superkompenzacije, intenzitet, volumen i frekvencija treninga moraju se definirati planom i programom treninga (49). Svaki trening u planu treninga mora imati jasno definiran cilj, odnosno jasno definiranu sposobnost koju taj trening ima za cilj poboljšati. Optimalni sadržaji, opterećenja i modaliteti rada za razvoj i održavanje motoričkih, funkcionalnih, kondicijskih i drugih sposobnosti definirani su metodikom treninga. (1,2). Sportovi izdržljivosti, kao što je triatlon, zahtijevaju razvoj i aerobnih i anaerobnih sposobnosti zbog čega plan treninga mora obuhvaćati opterećenja niskih, srednje visokih i visokih intenziteta (50). Zbog navedene kompleksnosti, osnovu svake sportske pripreme i trenažnog procesa predstavlja plan treninga, a njegova pravilna primjena omogućuje kontrolu rezultata.

Planiranje treninga podrazumijeva definiranje, ciljeva i zadaća trenažnog procesa kao i svih resursa koji su potrebni kako bi se ti ciljevi ostvarili (51). Programiranje treninga je sljedeća etapa u procesu sportske pripreme, a obuhvaća izbor, doziranje i vremensku distribuciju trenažnih podražaja koji imaju za cilj postizanje transformacijskih rezultata, odnosno kvalitativnih i kvantitativnih poboljšanja u odnosu na početno stanje. Određivanje početnog stanja, odnosno trenutnog stanja treniranosti sportaša primjenom sportske dijagnostike, temelj je za definiranje i postizanje realnih ciljeva koje je potrebno ostvariti procesom sportske pripreme (1,2). Sportska dijagnostika ima za cilj dobivanje vrijednosti koje govore o stanju treniranosti sportaša, a uspoređuju se s referentnim vrijednostima koje predstavljaju model vrhunskog sportaša, što omogućava treneru definiranje sposobnosti koje je potrebno poboljšati kako bi se što više smanjio zjap između sposobnosti sportaša i referentnih vrijednosti koje predstavljaju model profesionalnog sportaša što omogućuje postizanje optimalne sportske forme (1,2). U svrhu dobivanja spomenutih vrijednosti koriste se različiti testovi koji omogućavaju praćenje morfoloških, motoričkih, biokemijskih, funkcionalnih, biomehaničkih, socijalnih i psihičkih pokazatelja treninga. Osim za utvrđivanje početnog stanja treniranosti sportaša, koriste se u točno planiranim i unaprijed definiranim razdobljima sportske pripreme u svrhu praćenja primijenjenih trenažnih procesa.

Sportska priprema kontinuiran je trenažni proces sa stalnim izmjenama razdoblja opterećenja i razdoblja oporavka. U fazi opterećenja tijelo je potrebno izlagati postepeno sve većim trenažnim podražajima s ciljem adaptacije organizma dok faza oporavka omogućava povrat treningom narušene sportske sposobnosti, a biokemijska aktivnost u toj fazi omogućava uspostavu povišene radne sposobnosti tj. već spomenute superkompensacije (2). Povećan intenzitet i volumen treninga i natjecanja s kojima se susreću profesionalni, ali i rekreativni sportaši dovodi do potrebe za povećanjem učinkovitosti i ubrzanje vremena oporavka kako bi se mogao realizirati veći broj pojedinačnih treninga (2). Spomenuto se postiže različitim mjerama: pravilnom prehranom i dodatcima prehrani kao i dopuštenim farmakološkim sredstvima.





**Slika 1.** Prikaz procesa sportske pripreme

## 8.2. Periodizacija

Periodizacija u kontekstu sportske pripreme podrazumijeva podjelu trenažnog procesa u više manjih etapa pri čemu je svaka etapa karakterizirana promjenama u metodama, opterećenjima i sadržajima s ciljem postizanja optimalnih rezultata u pojedinoj etapi. Periodizacija se definira kao

sistemska i vremenski definirano planiranje treninga s ciljem optimizacije fizioloških adaptacija organizma i sprječavanja pretreniranosti (52).

Kalendar natjecanja temelj je svake periodizacije. Ovisno o broju glavnih natjecanja i natjecateljskih razdoblja u sezoni definira se broj makrociklusa. U slučaju jednog natjecateljskog razdoblja, kao što je slučaj kod triatlonaca, definira se jedan makrociklus pa govorimo o jednociklusnoj periodizaciji. U periodizaciji nogometaša u klubovima Prve hrvatske nogometne lige primjenjuje se dvociklusna periodizacija, budući da se radi o dvije natjecateljske sezone s pripremnim periodom između njih. U svakom makrociklusu potrebno je definirati pripremni, natjecateljski i završni period. Osim planiranja i programiranja treninga u jednogodišnjem ciklusu, treninzi se programiraju i na mjesečnoj (mezociklus) i tjednoj (mikrociklus) razini, a čak je i svaki pojedinačni trening programiran i jasno strukturiran u svrhu poboljšanja ciljanih sposobnosti i optimizacije adaptivnih mehanizama (2).

Polazišna točka je odabir tipa periodizacije koja može biti tradicionalna, blok – periodizacija ili nelinearna periodizacija (49). Tradicionalna periodizacija kreće s većim volumenom treninga u odnosu na intenzitet, pri čemu se volumen progresivno smanjuje, a intenzitet povećava. Blok – periodizacija koristi se kod sportaša s većim brojem natjecateljskih ciklusa zbog čega je potrebno planirati više pripremnih mikrociklusa kako bi se osigurao vrhunac sportske forme i njezino održavanje u kraćem periodu (2). Nelinearnu periodizaciju karakterizira učestalije promjene opterećenja, pri čemu se trenažni podražaj mijenja svakih nekoliko dana ili tjedana s ciljem postizanja bolje neuromuskularne adaptacije do koje dolazi zbog učestalije promjene trenažnog podražaja (49).

U triatlonu se, kao i u većini ostalih sportova izdržljivosti prednost daje tradicionalnoj periodizaciji, s obzirom na jedan duži natjecateljski period i potrebu za održavanjem visoke razine sportske forme duže vrijeme. Takav pristup povećava rizik od pretreniranosti u drugom dijelu ciklusa kada su sportaši izlažu opetovanim trenažnim opterećenjima visokog intenziteta. Ipak, ispitujući učinkovitost linearne periodizacije u usporedbi s blok-periodizacijom u triatlonaca i trkača na duge pruge, nije dokazano da je jedna metoda superiornija u odnosu na drugu (53).

Periodizacija sportske pripreme u višegodišnjem ciklusu obuhvaća podjelu čitave karijere sportaša u nekoliko višegodišnjih etapa, pri čemu se četverogodišnja periodizacija nameće kao jedan od glavnih alata u svijetu sporta. Omogućava sportašu da zaokruži sportsku karijeru u četiri do šest četverogodišnjih ciklusa, pod pretpostavkom da karijera započinje između desete i dvanaeste godine života. U prvoj etapi provodi se višestrana priprema uz razvoj primarnih

motoričkih i funkcionalnih sposobnosti te usmjeravanje talenta. U kasnijim etapama višegodišnjeg ciklusa prevladava prvo bazična, a zatim specifična i situacijska priprema.

### 8.3. Prehrana i hidracija

Cjelovita i uravnotežena prehrana izrazito je važna za održavanje zdravlja svakog pojedinca, a poznato je kako prehrana utječe na izvedbu i vrhunskih sportaša i rekreativaca (54). Važnosti prehrane nužno je realno pristupiti i uklopiti je u plan treninga i oporavka, ne precjenjujući ili podcjenjujući njezine mogućnosti. Sportska prehrana odnosi se na sportaše čiji tjedni volumen treninga iznosi pet sati ili više. Vrlo je važan individualni pristup sportašu zbog raznolikosti energetskih potreba među sportovima, ali i zbog različitih pojedinaca koji se bave istim sportom (2).

Sportska aktivnost može predstavljati veliki energetski izazov s obzirom da može doći i do 40% dnevnog utroška energije u kratkom vremenskom periodu. Za optimalnu sportsku izvedbu ključno je osigurati dovoljnu količinu energije. Energijski suficit može dovesti do povećanja postotka masnog tkiva, dok energetski deficit može uzrokovati umor, nemogućnost izvedbe na adekvatnoj razini i povećati rizik za pojavu bolesti (55). Promatrajući trijas kod sportašica razvio se koncept raspoložive energije. Energija koja je preostala sportašu nakon sportske aktivnosti za druge metaboličke aktivnosti naziva se raspoloživa energija (56). Budući da jednadžba za određivanje raspoložive energije u obzir uzima nemasnu tjelesnu masu, odnosno metabolički najaktivnija tkiva, donosi se zaključak kako je koncept raspoložive energije bitniji za sportaša od koncepta ravnoteže energije pri procjeni energijskog stanja organizma unos energije manji od 30 kilokalorija (kcal)/gramu (g) tjelesne mase može negativno utjecati na mišićno – koštani, metabolički i endokrini sustav u sportaša (2). Također je potrebno energetski unos prilagoditi s obzirom radi li se o pripremnom, natjecateljskom ili prijelaznom periodu (56). U novije vrijeme sve je popularnije korištenje brojnih suplemenata koji podrazumijevaju bilo koju hranu koja nije pripremljena od bazičnih namirnica te se u prerađenom obliku unosi u organizam (2).

Preporučeni dnevni unos proteina za sportaše je 1,2-2,0 g/kilogramu (kg), ovisno o tipu sportaša i cilju koji želi postići. U razdoblju nakon sportske aktivnosti preporuka je unos 0,8 g/kg/sat (h) tjelesne mase. Tijekom godina popularizirali su se napitci proteina sirutke, kao protein koji se brzo resorbiraju i metaboliziraju čime predstavljaju brzi izvor energije kao i izvor esencijalnih

razgranatih aminokiselina (2). Također se u tom razdoblju mogu koristiti i drugi dodatci prehrani kao razgranate esencijalne aminokiseline: izoleucin, leucin i valin za koje se vjeruje da ubrzavaju proces sinteze mišićnih proteina (57). Ipak, zadnjih godina vraća se važnost konzumacije cjelovitih proteina, s obzirom da je dokazano kako i esencijalne i neesencijalne aminokiseline imaju važnu ulogu u sintezi proteina mišića (58). Također, konzumacija cijelog jajeta dovodi do brže sinteze mišićnih proteina u odnosu na konzumaciju sami bjelanjka (59). Iako proteinski i brojni drugi suplementi predstavljaju praktičan alat u oporavku energetske zaliha neposredno nakon sportske aktivnosti, nikako ne smiju u potpunosti zamijeniti cjelovit obrok te ih je potrebno koristiti isključivo kao dodatak cjelovitom obroku pripremljenom od bazičnih namirnica bogatih makro i mikronutrijentima (2).

Zalihe ugljikohidrata u obliku glikogena predstavljaju glavni izvor energije za mišićni rad. Ako su razine glikogena u organizmu niske, dolazi do umora i nemogućnosti izvođenja sportske izvedbe na odgovarajućoj razini. Kako bi se spomenuti negativni učinci izbjegli, potrebno je sportaša educirati o unošenju dovoljne količine ugljikohidrata. Za vrijeme oporavka, odnosno u razdoblju između sportskih aktivnosti preporučuje se unijeti 1,0-1,2g/kg/h (2). Nekoliko dana prije sportske aktivnosti preporučuje se povećati unos ugljikohidrata, a točna količina ovisi o volumenu i intenzitetu sportske aktivnosti koja slijedi (60). Tijekom sportske aktivnosti koja traje duže od 45 minuta preporučuje se također konzumacija ugljikohidrata u obliku različitih gelova i sportskih napitaka, a potrebna količina ovisi o intenzitetu i duljini trajanja aktivnosti (2,61). Ugljikohidrati konzumirani tijekom sportske aktivnosti održavaju razinu glukoze u krvi u fiziološkom intervalu i pružaju izvor oksidacijskog goriva i time štede jetreni i mišićni glikogen (62). Trening u sportovima izdržljivosti dovodi do adaptacija u metabolizmu ugljikohidrata te dovodi do povećanja razine pohrane mišića, ali i pojačanog utiliziranja triglicerida što osigurava štednju glikogena. Sportska aktivnost visokog intenziteta dovodi do potrošnje mišićnog glikogena, a sportaši često podcjenjuju potrebe dnevnog unosa ugljikohidrata što dovodi do umora i povećava rizik od pojave pogrešaka i ozljeda tijekom sportske izvedbe (2).

Uloga masti u sportskoj prehrani nije toliko proučena kao što je slučaj s ugljikohidratima i proteinima no preporuča se dnevni unos masti od 1g/kg tjelesne mase sportaša. Prednost se daje konzumaciji nezasićenih masnih kiselina u odnosu na zasićene budući da su novija istraživanja pokazala kako konzumacija nezasićenih masnih kiselina ima pozitivan utjecaj na sastav tjelesne

mase (63). Također se preporučuje izbjegavati unos transmasnih kiselina zbog brojnih negativnih utjecaja (64).

Nedovoljna hidracija prije, tijekom i nakon sportske aktivnosti može, kao i neadekvatan unos makronutrijenata, povećati rizik od razvoja sindroma pretreniranosti (65). Sportaši sportova izdržljivosti tijekom sportske aktivnosti izgube oko 1,5 litru (l) vode na sat (h), a u ekstremnim vrućinama taj iznos može narasti i na 2,5 l/h (2). Navedeni gubitak tekućine može varirati ovisno o konstituciji tijela, intenzitetu i duljini sportske aktivnosti (66,67). Kako bi se osigurao stalni volumen plazme i održao minutni volumen srca, a posljedično i odgovarajuća perfuzija mišića, gubitak tekućine potrebno je adekvatno nadoknaditi. Ako sportaš osjeti osjećaj žeđi smatra se da je već doveden u gubitak volumena plazme od 8-10%. Navedeno ukazuje kako se nadoknada tekućine mora vršiti bez obzira na pojavu osjećaja žeđi a preporučuje se unos od 200-400 mililitara (mL) tekućine svakih 20 minuta, ili unos 500mL tekućine svakih 30 minuta (2). Također je preporučeno da se voda zbog bolje apsorpcije konzumira uz ugljikohidratne pripravke (66), a cilj je izbjeći gubitak tjelesne mase od 2% i više koja nastaje kao posljedica deplecije volumena (68). Dokazano je kako natrij, kao glavni kation izvanstanične tekućine, nije potrebno ciljano nadoknađivati suplementacijom već da je unos natrija hranom dovoljan za sportaša koji sudjeluje u sportovima izdržljivosti (69–71). Također se pokazalo kako se ne može sa sigurnošću tvrditi da je niska razina natrija u odnosu na fiziološku uzrok pojave grčeva u mišićima, već se pojava grčeva smatra multifaktorijalnim fenomenom (71). Gubitak drugih minerala tijekom sportske aktivnosti u sportovima izdržljivosti postoji, ali ne utječe na funkcionalno stanje sportaša pa ih nije potrebno nadoknađivati. Preporuke su da unos vode u svrhu optimiziranja procesa oporavka iznosi 125-150% u odnosu na manjak (2).

#### 8.4. Oporavak

Odmor i oporavak su ključni za optimalnu sportsku izvedbu i održavanje visoke razine sportske forme. Stadiju oporavka mora se multidimenzionalno pristupiti zbog čega je potrebno uključiti fiziološke, psihološke, emocionalne i socijalne aspekte. Sportaši često pretjeruju s trenažnim opterećenjima misleći kako će im to omogućiti optimalnu sportsku izvedbu i zbog toga zanemaruju oporavak što povećava rizik od pojave ozljeda, pogrešaka ili razvoja sindroma pretreniranosti (72,73). Oporavak se može provoditi aktivnim i pasivnim metodama, a jasan protokol za provedbu tih metoda kao i njihov točan učinak nisu definirani. Velik broj sportaša ih implementira u svoj plan treninga i oporavka temeljem svojih iskustava, dok se manji broj sportaša koristi znanstvenim

dokazima (74,75). Metode aktivnog oporavka mogu uključivati hodanje, trening opterećenja sa smanjenim otporom, trening mobilnosti i slično (72). Dok su metode pasivnog odmora također raznolike a obuhvaćaju pasivno ležanje, masaže, kupanje u hladnoj vodi, krioterapiju dijelova tijela i cijelog tijela, istezanje, korištenje odjeće koja vrši kompresiju na dio tijela (*engl. compression garment*) i mnoge druge.

Kako bi sportaš razvio optimalne adaptacijske mehanizme trenažnim procesom, potrebno je odrediti optimalne metode odmora u intervalu između serija za vrijeme treninga. Kratki intervalni sprint trening kod biciklista pokazao se superiornom metodom za razvoj izdržljivosti u odnosu na tradicionalni aerobni trening koji se odvija 60-90 minuta kontinuirane vožnje bicikla na 65% maksimalnog primitka kisika. Pokazalo se kako je sprint intervalni trening superiorniji za povećanje broja mitohondrija i poboljšanje njihove funkcije, ali i poboljšanje sportske pripreme. Navedeno se dodatno poboljšava korištenjem metoda aktivnog oporavka između serija intervala (76). Istražujući treninge koji za cilj imaju povećanje brzine kod trkača, a provode se trčanjem opetovanih sprinteva, pokazalo se kako korištenje metoda pasivnog odmora između sprinteva u manjoj mjeri utječu na pogoršanje izvedbe, dok korištenje metoda aktivnog odmora poput hodanja između sprinteva mogu koristiti kao sredstvo za postizanje akutnog preopterećenja i poboljšanja adaptacije (77,78).

Kako bi se osigurala optimalna sportska forma, ali i sportska izvedba, potrebno je sportašu osigurati odgovarajuće metode aktivnog i pasivnog odmora između pojedinih treninga. Istraživanja su pokazala kako metode aktivnog odmora smanjuju bolove u mišićima koji se javljaju nakon trenažnog opterećenja, ali ne utječu na zamijećeni osjećaj umora sportaša (*engl. perceived fatigue*).

Upotreba odjeće koja vrši kompresiju na donje ekstremitete kao pasivne metode oporavka pokazala se korisnom metodom za poboljšanje sportske izvedbe i ubrzanja oporavka u trkača (79). Učinak uranjanja tijela u ledenu kupku, kao i korištenje krioterapije cijelog tijela pokazuje oprečne rezultate za različite sportove pri čemu kod sportaša koji sudjeluju u timskim sportovima prikazuju pozitivne učinke na oporavak mišićne funkcije nakon sportske aktivnosti, dok se kod maratonaca pokazalo kako imaju jednak učinak na oporavak kao i placebo metoda (80). Uranjanje tijela u hladnu kupku pokazalo se korisnom metodom u izvedbi i oporavku treninga s otporom, dok nije pokazalo učinak na aerobnu aktivnost (81). Psihološke metode relaksacije i meditacije pokazale su se naprotiv korisnim metodama u sportaša koji sudjeluju u sportovima

izdržljivosti, smanjujući anksioznost, a time poboljšavajući oporavak i posljedično sportsku izvedbu (82). Zaključno, aktivne i pasivne metode oporavka individualne su za svakog sportaša i uvelike ovise o vrsti sporta i trenažnom opterećenju kojoj je sportaš podvrgnut, a kako bi se ostvario adekvatan oporavak i ubrzao njegov proces, potrebno je kombinirati oba modaliteta.

Dovoljna količina kvalitetnog sna nužna je za postizanje optimalnih adaptacija organizma na trenažno opterećenje, optimalnu sportsku natjecateljsku izvedbu te sportsku formu kao i prevenciju sportskih ozljeda i nastanak sindroma pretreniranosti. Premala količina sna ili njegova smanjena kvaliteta utječu na sve aspekte sportske izvedbe. Nedovoljan san usporava oporavak rezervi glikogena u mišićima (83) dovodi do povećanog oštećenja mišićnog tkiva tijekom fizičke aktivnosti, a i usporava proces oporavka nakon sportske aktivnosti (84). Nedostatak sna pokazao se važnim čimbenikom rizika za nastanak sportskih ozljeda te je otkriveno kako su sportaši koji su spavali manje od 8 sati imali 1,7 puta veći rizik za nastanak ozljede od sportaša koji su spavali više od 8 sati (85). Navedeno se može objasniti povećanjem vremena i smanjenjem brzine reakcije na nepovoljne uvjete kao i smanjenje sport specifičnih sposobnosti (86). Zbog svega navedenog sportašima koji sudjeluju u sportovima izdržljivosti preporučeno je više od 8 sati sna na dan kako bi osigurali optimalnu razinu sportske izvedbe i smanjili rizik za nastanak ozljeda (87). Provođenje mjera higijene spavanja koje uključuju prilagodbu sobne temperature, sobne rasvjete i ograničenje korištenja mobilne i računalne tehnologije neposredno prije spavanja, dovodi do povećanja duljine i kvalitete sna u sportaša (88).

Prehrana	Hidracija	Oporavak
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ugljikohidrati:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5,0g/kg/dan</li> <li>• prije sportske aktivnosti povećati unos</li> <li>• gelovi i napitci tijekom fizičke aktivnosti koja traje &gt;45minuta</li> <li>• nakon sportske aktivnosti: 1,0-1,2g/kg/h</li> </ul> </li> <li>• <b>Proteini:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,2-2,0 g/kg/dan</li> <li>• nakon sportske aktivnosti: cjelovit proteinski obrok (esencijalne i neesencijalne aminokiselina)</li> </ul> </li> <li>• <b>Masti:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• povećan unos nezasićenih masnih kiselina, izbjegavanje transmasnih kiselina</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nadoknađivati tekućinu prije nego se javi osjećaj žeđi</li> <li>• Tijekom fizičke aktivnosti: 200-400 mL tekućine svakih 20 minuta ili <ul style="list-style-type: none"> <li>• 500 mL tekućine svakih 30 minuta</li> </ul> </li> <li>• Nakon sportske aktivnosti: 125-150% u odnosu na manjak</li> <li>• Nadoknada natrija kao suplementa nije potrebna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Između serija tijekom treninga:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aktivni odmor-hodanje</li> </ul> </li> <li>• <b>Između treninga:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pasivne metode - uranjanje tijela u hladnu kupku, istezanje, meditacija</li> <li>• aktivne metode - aktivnosti niskog intenziteta poput hodanja</li> </ul> </li> <li>• Više od 8 sati sna za triatlonce</li> <li>• Primjenjivati mjere higijene spavanja</li> </ul>

**Slika 2.** Prikaz smjernica za prehranu, hidraciju i oporavak u prevenciji sindroma pretreniranosti

## 9. Liječenje

Budući da je sindrom pretreniranosti kompleksna, multifaktorijalna bolest čija etiologija nije u potpunosti razjašnjena, ne postoje jasne smjernice za liječenje sindroma. Ako se prilikom dijagnostičke obrade pokaže da se simptomi javljaju zbog prisutnosti neke organske bolesti, potrebno je što prije započeti liječenje osnovne bolesti (4). Simptome pretreniranosti potrebno je zamijetiti u fazi funkcionalnog i nefunkcionalnog presezanja. Ta faza pretreniranosti ne zahtjeva aktivno liječenje, a sportaš je pod povećanim nadzorom što omogućuje pravovremenu intervenciju u slučaju pogoršanja simptoma (4).

Ako se simptomi zanemaruju i sportaši su izloženi opetovanim trenažnim opterećenjima bez adekvatnog odmora, dolazi do razvoja sindroma pretreniranosti.



Glavni terapijski modalitet u liječenju sindroma pretreniranosti je odmor (89). Međutim, dugotrajni pasivni odmor kod sportaša dovodi do gubitka stečenih adaptacija na opterećenje i dodatnog pogoršanja kondicijskog stanja i perzistiranja simptoma (43). Stoga je metode pasivnog oporavka dugotrajno potrebno izbjegavati, one služe kao korisna terapijska metoda u inicijalnom liječenju. Dugoročno je potrebno primjenjivati metode aktivnog odmora niskog volumena i intenziteta s progresivnim povećanjem volumena. Počinje se s pet minuta hodanja ili neke druge fizičke aktivnosti niskog intenziteta, a vrijeme se progresivno povećava sve do jednog sata. Tek kad se uvjerimo u sportaševu dobru toleranciju volumena, može se početi s progresivnim povećanjem intenziteta (89).

Liječenju je potrebno pristupiti multifaktorijalno te je potrebno optimizirati sve čimbenike koji bi mogli imati ulogu u etiologiji. Sukladno tome potrebno je osigurati minimalno osam sati kvalitetnog sna kao i optimalni unos vode i makronutrijenata u organizam: barem 5,0 g/kg/dan ugljikohidrata, barem 1,5 g/kg/dan proteina kao i ukupni kalorijski unos od 35 g/kg/dan. Ipak, najvažnije je provesti odgovarajuće preventivne mjere kako bi se uopće spriječio nastanak sindroma pretreniranosti, budući da su terapijski modaliteti oskudni, a nemogućnost izliječenja sportaša može biti uzrokom kraja sportske karijere (43). Kako bi se povećala uspješnost liječenja potrebna je suradnja trenera i sportaša. Trener je dužan nadzirati sportaša i pratiti pokazatelje njegova oporavka. Definirani su psihološki, fiziološki i biokemijski markeri, koji iako nedovoljno specifični, čine koristan alat za praćenje oporavka sportaša. Potrebno je pratiti frekvenciju srčane frekvencije u mirovanju, varijabilnost srčane frekvencije, bazalne razina hormona i endokrini odgovor na trenažni podražaj kao objektivne parametre, ali i provoditi psihološke upitnike kojima sportaš izražava subjektivni doživljaj svog stanja u točno definiranim vremenskim razmacima (37,43).

## 10. Zaključak

Etiologija sindroma pretreniranosti nije u potpunosti razjašnjena, ali su poznati čimbenici koji bi mogli pridonijeti njegovom razvoju. Triatlonci su zbog kompleksnosti sporta izloženi velikim volumenima treninga što je izaženije u novije vrijeme zbog povećanja broja natjecanja tijekom natjecateljske sezone. Budući da je sportski trening i proces sportske pripreme dugotrajan proces, kontinuirano izlaganje trenažnim opterećenjima bez odgovarajuće količine odmora pridonosi riziku za razvoj sindroma. Iako pogrešno planiranje i programiranje treninga povećava vjerojatnost nastanka sindroma, važnu ulogu u prevenciji imaju dovoljan unos makrohranjenata, nadoknada tekućine tijekom treninga i u fazi odmora prema definiranim smjericama te više od osam sati sna za sportaše koji sudjeluju u sportovima izdržljivosti kao što je triatlon. Pozitivan učinak pokazuje i provođenje mjera higijene spavanja.

Manjak jasno definiranih terapijskih modaliteta potencijalno dovodi do kraja karijere sportaša, što čini sindrom pretreniranosti ozbiljnim problemom u svijetu sporta.

Edukacije trenera i sportaša o ozbiljnosti i potencijalnim posljedicama sindroma pretreniranosti, kao i o mjerama prevencije koje je potrebno uvesti u trening i svakodnevni život sportaša, mogle bi pridonijeti boljem razumijevanju i smanjenju učestalosti razvoja sindroma.

## 11. Zahvale

Budući da jedno veliko poglavlje mog života završava, treba kako priliči zahvaliti svim ljudima koji su dio mog putovanja.

Zahvaljujem svom mentoru, prof.dr.sc. Milanu Miloševiću na pristupačnosti, stručnom vodstvu tijekom pisanja ovog rada i što mi je omogućio da fakultet završim pišući o sportu koj istinski volim.

Jedan mudar čovjek mi je jednom rekao da je tijekom obrazovanja sreo mnoštvo profesora, ali samo nekoliko učitelja tako da zahvaljujem svom učitelju, dr.sc. Peri Hrabaču na nesebičnoj potpori dijeljenju statističkih znanja, ali i ostalih životnih mudrosti. Učinili ste zadnje dvije godine na ovom fakultetu puno poučnijim, ali i zabavnijim zbog čega sam Vam beskrajno zahvalna.

Veliko hvala prof.dr.sc. Lani Ružić koja me raširenih ruku prihvatila i upoznala sa svijetom znanosti, a posebno znanosti u sportu te mi omogućila da spojim svoje dvije velike ljubavi, sport i medicinu. Vaša ljubaznost, otvorenost prema studentima, ali i profesionalnost i stručnost me uvijek iznova oduševljavaju i neizmerno sam Vam zahvalna na svemu što ste me dosad naučili i na svim vratima koja ste mi otvorili.

Najviše hvala ljudima koji me čine najbogatijom osobom na svijetu: mojoj obitelji i prijateljima.

Hvala mojim roditeljima na nesebičnoj i bezrezervnoj podršci tijekom svih ovih godina. Uvijek ste vjerovali u mene i podržavali moje želje i snove i učinili cijelo ovo putovanje puno bezbolnijim. Hvala mojoj mami što je sve moje lude ideje uvijek bez pogovora i puno pitanja podržavala, što je istovremeno bila moj najveći navijač i kritičar, ali i najbolji prijatelj. Uvijek govorim: "sve što jesam, zbog tebe sam" , a to stvarno i mislim. Hvala tati na neupitnoj podršci i prije ispitnim ritualima bez kojih ne bi bilo ni položenih ispita.

Hvala baki i djedu na velikoj ljubavi i podršci, od djetinjstva pa do završenog fakulteta. Hvala na svakodnevnim, višesatnim razgovorima uz popodnevnu kavu, sitnicama koje bi me uvijek oraspoložile, ali i velikim stvarima koje su olakšavale teške trenutke. Deda, iako više nisi s nama, znam da uvijek navijaš i da si uz mene na svakom koraku.

Hvala Diani i Mislavu s kojima sam provela cijelo djetinjstvo, a naša povezanost i prijateljstvo s godinama je samo sve jače. Hvala vam na beskonačno puno smijeha i avantura kroz sve ove

godine i što smo stvorili tradicije koje sad prenosimo i svojim curkama Mariam i Fatou, koje mi svojim dječjim veseljem i velikom ljubavi svakodnevno upotpunjuju život.

Hvala Karli što je uvijek moj veliki navijač i ostatku moje predivne i velike obitelji na svoj podršci, razumijevanju i ljubavi svih ovih godina.

Kažu da su prijatelji obitelj koju sam biraš, a ja nisam mogla izabrati bolju.

Cijeloj mojoj moreno ekipi hvala što su uvijek bili tu kad mi je trebala razonoda, a posebno hvala mojoj familijici: Idi i Alenu s kojima sam prošla i svakodnevno dijelim najljepše i najveselije, ali i najteže trenutke. Pokazali ste mi i svakodnevno mi pokazujete što znači imati prave prijatelje na koje uvijek mogu računati, ljude s kojima mogu doživjeti najveće smehove i avanture, ali i one koji su prvi tu kad je potreban zagrljaj i rame za plakanje. Mislim da niste svjesni koliko uljepšavate teške dane, a one sretno činite još sretnijim.

Hvala mom Dominiku na podršci, na uvijek konstruktivnim savjetima na našim višesatnim kavama i spuštanju na zemlju pri bilo kakvoj iracionalnoj panici.

Hvala mojoj kolegici i prijateljici Vesni što mi je studentske dane učinila puno lakšim i zabavnijim. Naša druženja, učenja, pjevanja i zabavljanja uvijek nosim sa sobom. Najbolje si što mi se dogodilo na ovom fakultetu i znam da sam stekla prijateljicu za cijeli život.

Hvala Dorini što mi je bila najbolja trenerica protekle dvije godine, napravila od mene triatlonku, a putem mi postala velika prijateljica i čuvala mi mentalno zdravlje te svojom stručnosti i savjetima nesebično pomogla u pisanju ovog rada. Znam da ćemo napraviti još puno velikih stvari zajedno.

Hvala mojim četveronožnim frendovima, Pumi, Grgi i Zoi koji su vidjeli više mojih suza nego ijedno ljudsko biće.

Za kraj, hvala mojoj Ivoni koja mi je u protekle dvije godine pružila nesebičnu i bezrezervnu podršku, razumijevanje i ljubav za koju nisam znala da mi je potrebna niti da ju je moguće doživjeti. Svojom prisutstvom dodaješ boje u svaki sivi dan i neizmerno sam zahvalna što te imam u životu.

Ponosna sam što Vas mogu zvati svojim ljudima. Hvala Vam što me činite najsretnijom, najzahvalnijom i najbogatijom osobom na svijetu!

## 12. Literatura

1. Milanović D. Osnove teorije treninga. U: Milanović D, Kolman M. Priručnik za sportske trenere. Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatski olimpijski odbor i Zagrebački športski savez; 1993. Str. 397-482
2. Milanović L., Šalaj S., Jukić I., Milanović D. Planiranje, programiranje i kontrola sportske pripreme. U: Marko Pećina. Sportska medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2019. Str 37-53.
3. Kreher JB, Schwartz JB. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports Health*. 2012 Mar;4(2):128–38.
4. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2013 Jan;45(1):186.
5. Etxebarria N, Mujika I, Pyne DB. Training and Competition Readiness in Triathlon. *Sports*. 2019 Apr 29;7(5):101.
6. Carfagno D, Hendrix J. Overtraining Syndrome in the Athlete: Current Clinical Practice. *Curr Sports Med Rep*. 2014 Jan 13;13:45–51.
7. Meeusen R, Vrijckotte S, De Pauw K, Piacentini MF. Overtraining Syndrome. *Aspetar Sports Medicine Journal*. 2014;3:14-21.
8. Urhausen A, Gabriel HH, Kindermann W. Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1998 Mar;30(3):407–14.
9. Pankanin ES. Overreaching and overtraining syndrome - causes, symptoms, diagnostics and prevention. *J Educ Health Sport*. 2018 Jul 31;8(7):424–9.
10. Urhausen A, Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med Auckl NZ*. 2002;32(2):95–102.
11. Meeusen R, Nederhof E, Buyse L, Roelands B, De Schutter G, Piacentini MF. Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol. *Br J Sports Med*. 2008 Sep 1;44:642–8.
12. Buyse L, Decroix L, Timmermans N, Barbé K, Verrelst R, Meeusen R. Improving the Diagnosis of Nonfunctional Overreaching and Overtraining Syndrome. *Med Sci Sports Exerc*. 2019 Jul 3;51.
13. Costill DL, Thomas R, Robergs RA, Pascoe D, Lambert C, Barr S, et al. Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med Sci Sports Exerc*. 1991 Mar;23(3):371–7.

14. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(s2):1–10.
15. van Loon LJC, Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Saris WHM, Wagenmakers AJM. The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *The Journal of Physiology*. 2001 Oct;536(1):295–304
16. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL, Wilmore JH. *Physiology of sport and exercise*. 5th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2012. 621 p.
17. Pearce PZ. A practical approach to the overtraining syndrome. *Curr Sports Med Rep*. 2002 Jun;1(3):179–83.
18. Robson-Ansley PJ, Blannin A, Gleeson M. Elevated plasma interleukin-6 levels in trained male triathletes following an acute period of intense interval training. *Eur J Appl Physiol*. 2007 Mar 1;99(4):353–60.
19. Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Feb;32(2):317–31.
20. Lakier Smith L. Overtraining, excessive exercise, and altered immunity: is this a T helper-1 versus T helper-2 lymphocyte response? *Sports Med Auckl NZ*. 2003;33(5):347–64.
21. MacKinnon LT. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system: overtraining effects on immunity and performance in athletes. *Immunol Cell Biol*. 2000 Oct;78(5):502–9.
22. Hackney AC. Stress and the neuroendocrine system: the role of exercise as a stressor and modifier of stress. *Expert Rev Endocrinol Metab*. 2006 Nov 1;1(6):783–92.
23. Urhausen A, Gabriel H, Kindermann W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med Auckl NZ*. 1995 Oct;20(4):251–76.
24. Meeusen R, Piacentini MF, Busschaert B, Buyse L, De Schutter G, Stray-Gundersen J. Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *Eur J Appl Physiol*. 2004 Mar;91(2–3):140–6.
25. Hooper SL, MacKinnon LT, Gordon RD, Bachmann AW. Hormonal responses of elite swimmers to overtraining. *Med Sci Sports Exerc*. 1993 Jun;25(6):741–7.
26. Schwartz TS. The Promises and the Challenges of Integrating Multi-Omics and Systems Biology in Comparative Stress Biology. *Integr Comp Biol*. 2020 Jul 1;60(1):89–97.

27. Rowbottom DG, Keast D, Morton AR. The emerging role of glutamine as an indicator of exercise stress and overtraining. *Sports Med Auckl NZ*. 1996 Feb;21(2):80–97.
28. Budgett R, Hiscock N, Arida RM, Castell LM. The effects of the 5-HT<sub>2C</sub> agonist m-chlorophenylpiperazine on elite athletes with unexplained underperformance syndrome (overtraining). *Br J Sports Med*. 2010 Mar;44(4):280–3.
29. Tanskanen M, Atalay M, Uusitalo A. Altered oxidative stress in overtrained athletes. *J Sports Sci*. 2010 Feb;28(3):309–17.
30. Halson SL, Jeukendrup AE. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med Auckl NZ*. 2004;34(14):967–81.
31. HYNYNEN E, UUSITALO A, KONTTINEN N, RUSKO H. Heart Rate Variability during Night Sleep and after Awakening in Overtrained Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006 Feb;38(2):313–7.
32. Lehmann M, Foster C, Keul J. Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1993 Jul;25(7):854–62.
33. Carrard J, Rigort AC, Appenzeller-Herzog C, Colledge F, Königstein K, Hinrichs T, et al. Diagnosing Overtraining Syndrome: A Scoping Review. *Sports Health*. 2021 Sep 9;14(5):665–73.
34. Cadegiani FA, da Silva PHL, Abrao TCP, Kater CE. Diagnosis of Overtraining Syndrome: Results of the Endocrine and Metabolic Responses on Overtraining Syndrome Study: EROS-DIAGNOSIS. *J Sports Med Hindawi Publ Corp*. 2020;2020:3937819.
35. Nickels M, Mastana S, Denniff M, Codd V, Akam E. Elite swimmers possess shorter telomeres than recreationally active controls. *Gene*. 2021 Feb 15;769:145242.
36. *Frontiers* [Internet] mjesto izdavanja nepoznato, ime izdavača nepoznato; godina izdavanja mrežne stranice nepoznata [pristupljeno: 1.6.2023.] Mehrosafar AH, Serrano Rosa MA, Moghadam Zadeh A, Gazerani P. Stress, Professional Lifestyle, and Telomere Biology in Elite Athletes: A Growing Trend in Psychophysiology of Sport. *Front Psychol*. 2020 Dostupno na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.567214>
37. *UpToDate* [Internet]. mjesto izdavanja nepoznato, ime izdavača nepoznato; c1992 [pristupljeno: 30.5.2023.] Differential diagnosis of overtraining syndrome. Dostupno na: <https://www.uptodate.com/contents/image/print?imageKey=SM%2F120150>
38. Kreher JB. Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: an opinion on education strategies. *Open Access J Sports Med*. 2016 Sep 8;7:115–22.

39. Winsley R, Matos N. Overtraining and Elite Young Athletes. In: Armstrong N, McManus AM, editors. *Medicine and Sport Science* [Internet]. S. Karger AG; 2011 [pristupljeno 1.6.2023.]. p. 97–105. Dostupno na: <https://www.karger.com/Article/FullText/320636>
40. Gremion G, Kuntzer T. [Fatigue and reduction in motor performance in sportspeople or overtraining syndrome]. *Rev Med Suisse*. 2014 Apr 30;10(428):962, 964–5.
41. Rodrigues F, Monteiro D, Ferraz R, Branquinho L, Forte P. The Association between Training Frequency, Symptoms of Overtraining and Injuries in Young Men Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Jan;20(8):5466.
42. Meeusen R, Nederhof E, Buyse L, Roelands B, de Schutter G, Piacentini MF. Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol. *Br J Sports Med*. 2010 Jul;44(9):642–8.
43. Cadejani FA, Kater CE. Novel insights of overtraining syndrome discovered from the EROS study. *BMJ Open Sport — Exerc Med*. 2019 Jun 20;5(1):e000542.
44. Flávio C, Kater C, Gazola M. Clinical and biochemical characteristics of high-intensity functional training (HIFT) and overtraining syndrome: findings from the EROS study (The EROS-HIFT). *J Sports Sci*. 2019 Feb 20;37:1–12.
45. Grant CC, Janse VRDC, Collins R, Wood PS, Du TPJ. The Profile of Mood State (POMS) questionnaire as an indicator of Overtraining Syndrome (OTS) in endurance athletes. *Afr J Phys Health Educ Recreat Dance*. 2012 Dec;18(sup-1):23–32.
46. Frontiers [Internet] mjesto izdavanja nepoznato, ime izdavača nepoznato; godina izdavanja mrežne stranice nepoznata [pristupljeno: 1.6.2023.] Mejía-Mejía E, Budidha K, Abay TY, May JM, Kyriacou PA. Heart Rate Variability (HRV) and Pulse Rate Variability (PRV) for the Assessment of Autonomic Responses. Dostupno na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.00779>
47. Mourot L, Bouhaddi M, Perrey S, Cappelle S, Henriët MT, Wolf JP, et al. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2004 Jan;24(1):10–8.
48. Kajaia T, Maskhulia L, Chelidze K, Akhalkatsi V, Kakhbrishvili Z. ASSESSMENT OF EFFECTS OF NON-FUNCTIONAL OVERREACHING AND OVERTRAINING ON RESPONSES OF SKELETAL MUSCLE AND CARDIAC BIOMARKERS FOR MONITORING OF OVERTRAINING SYNDROME IN ATHLETES. *Georgian Med News*. 2021 Feb;(311):79–84.
49. Mukhopadhyay K. Physiological basis of adaptation through super-compensation for better sporting result. *Adv Health Exerc*. 2021 Dec 30;1(2):30–42.



50. Mujika I. Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017 Apr 1;12(s2):S2-17.
51. Verkhoshansky Y, Siff MC. Supertraining. 6th. ed., expanded version. Rome: Verkhoshansky SSTM; 2009. 578 p.
52. Bartolomei S, Hoffman JR, Stout JR, Zini M, Stefanelli C, Merni F. Comparison of block versus weekly undulating periodization models on endocrine and strength changes in male athletes. *Kinesiology.* 2016;48(1):71–8.
53. Clemente-Suárez VJ, Ramos-Campo DJ. Effectiveness of Reverse vs. Traditional Linear Training Periodization in Triathlon. *Int J Environ Res Public Health.* 2019 Jan;16(15):2807.
54. Williams C. IOC Consensus Statement on Sports Nutrition 2003.
55. Reed JL, De Souza MJ, Williams NI. Changes in energy availability across the season in Division I female soccer players. *J Sports Sci.* 2013;31(3):314–24.
56. Skupnjak M. Raspoloživa energija tijekom pripremnog, natjecateljskog i prijelaznog perioda u lakih i teških profesionalnih veslačica i veslača. [diplomski rad]. Prehrambeno-biotehnoški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb; 2018.
57. Church DD, Hirsch KR, Park S, Kim IY, Gwin JA, Pasiakos SM, et al. Essential Amino Acids and Protein Synthesis: Insights into Maximizing the Muscle and Whole-Body Response to Feeding. *Nutrients.* 2020 Dec 2;12(12):3717.
58. Kato H, Volterman KA, West DWD, Suzuki K, Moore DR. Nutritionally non-essential amino acids are dispensable for whole-body protein synthesis after exercise in endurance athletes with an adequate essential amino acid intake. *Amino Acids.* 2018 Dec;50(12):1679–84.
59. van Vliet S, Shy EL, Abou Sawan S, Beals JW, West DW, Skinner SK, et al. Consumption of whole eggs promotes greater stimulation of postexercise muscle protein synthesis than consumption of isonitrogenous amounts of egg whites in young men. *Am J Clin Nutr.* 2017 Dec;106(6):1401–12.
60. Burke LM, Hawley JA, Wong SHS, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci.* 2011;29 Suppl 1:S17-27.
61. Zoorob R, Parrish MEE, O'Hara H, Kalliny M. Sports Nutrition Needs: Before, During, and After Exercise. *Prim Care Clin Off Pract.* 2013 Jun 1;40(2):475–86.
62. Gonzalez JT, Fuchs CJ, Betts JA, van Loon LJC. Liver glycogen metabolism during and after prolonged endurance-type exercise. *Am J Physiol-Endocrinol Metab.* 2016 Sep;311(3):E543–53.

63. Welch AA, MacGregor AJ, Minihane AM, Skinner J, Valdes AA, Spector TD, et al. Dietary fat and fatty acid profile are associated with indices of skeletal muscle mass in women aged 18-79 years. *J Nutr*. 2014 Mar;144(3):327–34.
64. Dhaka V, Gulia N, Ahlawat KS, Khatkar BS. Trans fats—sources, health risks and alternative approach - A review. *J Food Sci Technol*. 2011 Oct;48(5):534–41.
65. Neagu N. Avoid Overtraining In Athletes Best Performance By Effort And Recovery. *Marathon*. 2016;8(1):97–101.
66. Rehrer NJ. Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Med Auckl NZ*. 2001;31(10):701–15.
67. Armstrong LE. Rehydration during Endurance Exercise: Challenges, Research, Options, Methods. *Nutrients*. 2021 Mar;13(3):887.
68. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. 2007 Feb;39(2):377–90.
69. Cosgrove SD, Black KE. Sodium supplementation has no effect on endurance performance during a cycling time-trial in cool conditions: a randomised cross-over trial. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013 Jun 3;10:30.
70. Hew-Butler TD, Sharwood K, Collins M, Speedy D, Noakes T. Sodium supplementation is not required to maintain serum sodium concentrations during an Ironman triathlon. *Br J Sports Med*. 2006 Mar;40(3):255–9.
71. Veniamakis E, Kaplanis G, Voulgaris P, Nikolaidis PT. Effects of Sodium Intake on Health and Performance in Endurance and Ultra-Endurance Sports. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Mar 19;19(6):3651.
72. Braun-Trocchio R, Graybeal AJ, Kreutzer A, Warfield E, Renteria J, Harrison K, et al. Recovery Strategies in Endurance Athletes. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022 Feb 13;7(1):22.
73. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med Auckl NZ*. 1998 Jul;26(1):1–16.
74. Kellmann M, Bertollo M, Bosquet L, Brink M, Coutts AJ, Duffield R, et al. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018 Feb 1;13(2):240–5.
75. Simjanovic M, Hooper S, Leveritt M, Kellmann M, Rynne S. The use and perceived effectiveness of recovery modalities and monitoring techniques in elite sport. *J Sci Med Sport*. 2009 Jan 1;12:S22.

76. Yamagishi T, Babraj J. Active Recovery Induces Greater Endurance Adaptations When Performing Sprint Interval Training. *J Strength Cond Res.* 2019 Apr;33(4):922–30.
77. Madueno MC, Guy JH, Dalbo VJ, Scanlan AT. A systematic review examining the physiological, perceptual, and performance effects of active and passive recovery modes applied between repeated-sprints. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 Sep;59(9):1492–502.
78. Scanlan AT, Madueno MC. Passive Recovery Promotes Superior Performance and Reduced Physiological Stress Across Different Phases of Short-Distance Repeated Sprints. *J Strength Cond Res.* 2016 Sep;30(9):2540–9.
79. Franke TPC, Backx FJG, Huisstede BMA. Lower extremity compression garments use by athletes: why, how often, and perceived benefit. *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2021 Mar 24;13(1):31.
80. Wilson LJ, Cockburn E, Paice K, Sinclair S, Faki T, Hills FA, et al. Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. *Eur J Appl Physiol.* 2018 Jan;118(1):153–63.
81. Malta ES, Dutra YM, Broatch JR, Bishop DJ, Zagatto AM. The Effects of Regular Cold-Water Immersion Use on Training-Induced Changes in Strength and Endurance Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.* 2021 Jan;51(1):161–74.
82. Keilani M, Hasenöhr T, Gartner I, Krall C, Fürnhammer J, Cenik F, et al. Use of mental techniques for competition and recovery in professional athletes. *Wien Klin Wochenschr.* 2016 May;128(9–10):315–9.
83. Skein M, Duffield R, Edge J, Short MJ, Mündel T. Intermittent-sprint performance and muscle glycogen after 30 h of sleep deprivation. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Jul;43(7):1301–11.
84. Main LC, Dawson B, Heel K, Grove JR, Landers GJ, Goodman C. Relationship between inflammatory cytokines and self-report measures of training overload. *Res Sports Med Print.* 2010 Apr;18(2):127–39.
85. Milewski MD, Skaggs DL, Bishop GA, Pace JL, Ibrahim DA, Wren TAL, et al. Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. *J Pediatr Orthop.* 2014 Mar;34(2):129–33.
86. Halson SL. Sleep in elite athletes and nutritional interventions to enhance sleep. *Sports Med Auckl NZ.* 2014 May;44 Suppl 1(Suppl 1):S13-23.
87. Roberts SSH, Teo WP, Aisbett B, Warmington SA. Extended Sleep Maintains Endurance Performance Better than Normal or Restricted Sleep. *Med Sci Sports Exerc.* 2019 Dec;51(12):2516–23.

88. O'Donnell S, Beaven CM, Driller MW. From pillow to podium: a review on understanding sleep for elite athletes. *Nat Sci Sleep*. 2018 Aug 24;10:243–53.
89. Budgett R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *Br J Sports Med*. 1998 Jun;32(2):107–10.

## 13. Životopis

Rođena sam 13.10.1997. godine u Zagrebu. Srednjoškolsko obrazovanje stekla sam u V. gimnaziji, a 2018. godine upisujem Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom fakulteta razvijam interes za fiziologiju sporta i znanost u sportu te sudjelujem na projektima na Katedri za fiziologiju sporta i vježbanja na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu.