# Sindrom relativnog deficita energije u sportu

**Surla, Lea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:332795

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-20**

*Repository / Repozitorij:*

Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**MEDICINSKI FAKULTET**

**Lea Surla**

# Sindrom relativnog deficita energije u sportu

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2019.**

Ovaj diplomski rad izrađen je na Katedri za zdravstvenu ekologiju, medicinu rada i sporta Škole narodnog zdravlja „Andrija Štampar“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc.dr.sc. Milana Miloševića i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2018./2019.

## POPIS KRATICA KORIŠTENIH U RADU

BMD – mineralna gustoća kostiju (engl. *bone mineral density*)

DSM – 5 - Dijagnostički i statistički priručnik za duševne poremećaje (engl. *diagnostic and statistical manual of mental disorders*)

EA - dostupnost energije (engl. *energy availability*)

EEE – trošak energije potreban za vježbanje (engl. *exercise energy expenditure*)

EI- potrošnja energije (engl. *energy intake*)

FFM – bezmasna tjelesna masa (engl. *fat free mass*)

FHA - funkcionalna hipotalamička amenoreja

FSH - folikulostimulirajući hormon

GH – hormon rasta (engl. *growth hormone*)

GnRH - gonadotropin-oslobađajući hormon

IGF – inzulinu sličan hormon rasta (engl. *insulin-like growth factor*)

LH – luteinizirajući hormon

MOO – Međunarodni olimpijski odbor

RED – S – relativni nedostatak energije u sportu (engl. *relative energy deficiency in sport*)

RMR – bazalni metabolizam (engl. *resting metabolic rate*)

**SADRŽAJ**

**Sažetak**

**Summary**

**1. UVOD ..... 1**

1.1. Povijesni pregled ..... 1

1.2. Definicija sindroma ..... 3

1.3. Energetski deficit i mjerenje ..... 2

1.4. Energetski deficit u muškaraca ..... 4

1.5. Rasna pripadnost i deficit energije ..... 5

**2. KLINIČKA PREZENTACIJA ..... 6**

2.1. Poremećaji prehrane ..... 6

2.2. Menstrualna disfunkcija ..... 7

2.3. Smanjenje mineralne gustoće kostiju ..... 8

2.4. Posljedice na ostalim energetskim sustavima ..... 9

2.5. Učinci energetskog deficita na performanse ..... 12

**3. PREVENCIJA ..... 13**

**4. DIJAGNOSTIČKA OBRADA ..... 14**

4.1. Probir ..... 14

4.2. Mjerenje energetske dostupnosti ..... 15

4.3. Dijagnosticiranje mensturalnih poremećaja ..... 15

4.4. Otkrivanje smanjene mineralne gustoće kostiju ..... 16

**5. LIJEČENJE ..... 17**

**6. POVRATAK U SPORT ..... 21**

**7. ZAKLJUČAK ..... 24**

**8. ZAHVALE ..... 25**

**9. POPIS LITERATURE ..... 26**

**10. ŽIVOTOPIS ..... 37**

**SAŽETAK**

Sindrom relativnog deficita energije u sportu

Lea Surla

Istraživanja o zdravlju sportašica, pa i sportaša, puno je napredovalo kroz zadnjih 50 godina. Zbog najjasnije simptomatologije prvo je primijećen i istražen učinak sporta na reproduktivno zdravlje. Sada, par desetljeća kasnije, znamo da sport nije etiološki čimbenik koji negativno utječe na zdravlje sportašica, već da je to nedostatak energije. Niska energetska dostupnost događa se kada organizam nema dovoljno energije kojom bi potkrijepio potrebe treniranja i normalnog, fiziološkog funkcioniranja. Dva su glavna razloga za navedeno – nedovoljan unos energije ili velika potrošnja. Također, menstrualna funkcija nije jedina komponenta zdravlja koja je zahvaćana. Ženska sportska trijada definirana je 1992.godine kao kombinacija menstrualne disfunkcije, poremećaja prehrane i osteoporoze. Međutim, i dalje mnogo sportaša i sportašica nije bilo dijagnosticirano jer nisu zadovoljavali sve tri komponente. Trijada je 2007. godine preimenovana u Sindrom relativnog deficita energije u sportu (od engl. *Relative Energy Deficiency in Sport*: RED – S) čime je istaknuta složenost problema te činjenica da i muški sportaši mogu biti zahvaćeni. Sindrom RED – S predstavlja poremećaj u fiziološkom funkcioniranju organizma koji može utjecati i na brzinu metabolizma, menstrualnu funkciju, zdravlje kosti, ali i sintezu proteina, kardiovaskularno zdravlje, imunološku obranu. Psihološke posljedice mogu prethoditi sindromu, ali mogu biti i njegova posljedica. Važno je na vrijeme prepoznati problem kako se ozbiljne posljedice ne bi dogodile. Potrebno je obrazovati liječnike, sportaše, trenere i ostale kako se nositi s time. Razvijeni su brojni alati i upitnici za otkrivanje sindroma, a i modeli o povratku u sport ako je sportaš, zbog opasnosti za zdravlje, morao prekinuti s treniranjem.

Ključne riječi: sport, niska energetska dostupnost, brzina metabolizma, menstrualna disfunkcija, zdravlje kosti, Sindrom relativnog nedostatka energije u sportu (RED – S)

**SUMMARY**

Relative energy deficiency in sport (RED – S)

Lea Surla

Researching the health of female and male athletes has seen a lot of progress over the last 50 years. Because of the clearest symptomatology, the effects of sports on reproductive health were first observed and explored. Now, a few decades later, we know that sport is not an etiologic factor that negatively affects athletes' health, but a lack of energy is. Low energy availability occurs when the body does not have enough energy to support the demands for training and normal physiological functioning. There are two main reasons for this - inadequate energy input or high consumption. Also, menstrual function is not the only health component that is affected. In 1992, women's sports triad was defined as a combination of menstrual dysfunction, eating disorder and osteoporosis. However, many female and male athletes were not diagnosed because they did not meet each of these three components. In the year 2000 the Triad was renamed into the relative energy deficit in the sport (RED - S), thus highlighting the complexity of the problem and the fact that male athletes can also be affected. RED - S syndrome is a disorder in the physiological functioning of an organism that can affect the metabolic rate, menstrual function, bone health, but also protein synthesis, cardiovascular health, and immune defence. Psychological consequences may precede syndrome but may also be the consequence of it. It is important to recognize the problem on time to make adequate preventive measures so that serious consequences would not develop. Also, it is necessary to educate doctors, athletes, trainers and others how to deal with it. Numerous tools and questionnaires for the detection of RED - S have been developed, as well as models for returning to sports if an athlete, due to a health hazard, has had to stop training.

Key words: sport, low energy availability, metabolic rate, menstrual dysfunction, bone health, relativne energy deficiency in sport (RED – S)

# 1. UVOD

## 1.1. POVIJESNI PREGLED

Povijesno gledano, žene su smatrane delikatnim stvorenjima i kao posljedica toga nisu se poticale na bavljenje sportom. Međutim, kako su žene morale preuzeti brojne fizički zahtjevne poslove tijekom dva svjetska rata, a kako se feministički pokret razvijao tijekom šezdesetih i sedamdesetih godina, sve je više prihvaćeno sudjelovanje žena u sportu. Kako je zastupljenost žena u sportu rasla, zabrinutost za specifične zdravstvene potrebe sportašica također je rasla u znanstvenoj zajednici (1).

Do Olimpijskih igara u Tokiju 1964. godine, sudjelovanje žena na Olimpijskim igrama poraslo je s 2,2% svih sportaša u 1900. godini na 13%, i od tada stalno raste (2). U skladu s tim povećanjem učešća ženskih sportova, tijekom ranih 1960-ih u publikaciji se prvi put pojavila zabrinutost o mogućem negativnom utjecaju pretjeranog vježbanja u kombinaciji s niskim unosom hrane na zdravlje i uspješnost sportaša. Pokrenuta su i istraživanja te problematike. Gyula Erdelyi, mađarski liječnik, proveo je prvo veliko presječno istraživanje na tom području, a jedan od specifičnih ciljeva bio je odgovoriti na pitanje „Kakav je utjecaj sportskih aktivnosti na menstruaciju i menstrualni ciklus sportašica?“. Dokazao je da 83,8% nije prijavilo nikakve promjene, 5,0% je prijavilo 'povoljne promjene' i 11,1% 'nepovoljne promjene' menstrualnog ciklusa. Na temelju tih nalaza Erdelyi je izjavio da treba isključiti svaki drugi patološki faktor koji može uzrokovati te promjene prije nego što sport smatramo uzročnim čimbenikom navedenog (3).

Tijekom sedamdesetih godina prošlog stoljeća provodilo se više poprečnih istraživanja. Malina i Spirduso istraživali su starosnu dob menarhe kod američkih sportašica (n = 222), kao i kod srednjoškolki i nesportašica. Malina i Spirduso zaključili su da su sportašice u srednjoj školi, na koledžu i na olimpijskoj razini postizale menarhe značajno kasnije nego nesportašice. Opažanja iz ovih ranih studija pokazala su da su sportašice izložene riziku od poremećaja u razvoju i vremenu menstruacije (4).

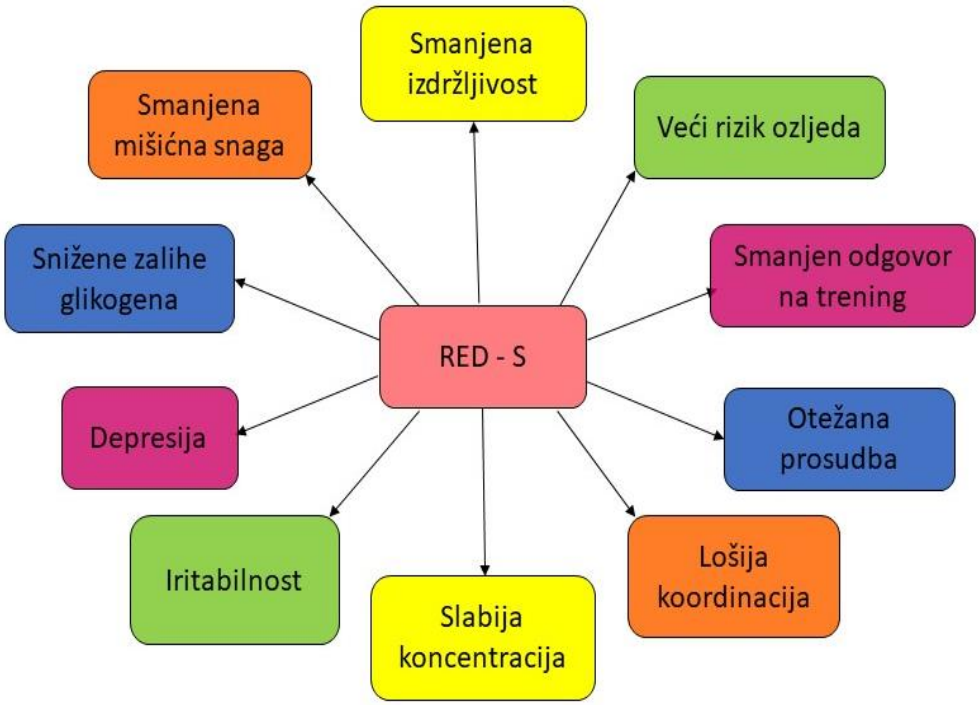
Tijekom osamdesetih i početkom 1990-ih otkrio se znatan broj dokaza o povezanosti poremećaja prehrane, amenoreje i smanjene koštane mase. Godine 1992. Američki koledž sportske medicine sazvao je skupinu koja se bavila ovim područjem zabrinutosti

u sportskoj zajednici. To je bila značajna prekretnica, kao što je bio i novonastali izraz „trijada sportašica“. Trijada je definirana kao "kombinacija poremećaja prehrane, amenoreje i osteoporoze kod fizički aktivnih djevojaka i žena". Dodatne namjere su bile istaknuti ozbiljne dugoročne zdravstvene posljedice trijade za sportašice, te potrebu za daljnjim istraživanjima o prevalenciji, uzrocima, prevenciji i liječenju sindroma (5). Godine 1990., Drinkwater i njegovi kolege istraživali su povezanost menstrualnog statusa i zdravlja kostiju među 97 američkih sportašica. Rezultati su ukazali na to da su menstrualne nepravilnosti utjecale na zdravlje kostiju, što bi moglo dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema kao što su povećani rizik od prijeloma i osteoporoza (6). Istodobno s istraživanjem koštane mase, drugi su istraživali prevalenciju poremećaja prehrane među sportašima. Istraživači su često grupirali sportaše iz sportova sa sličnim karakteristikama, posebno sportaše koji su sudjelovali u sportovima koji su naglašavali mršavost ili promicali nisku tjelesnu masu, kao što su estetski sportovi. Pokazalo se da su ovi sportaši imali veću prevalenciju poremećaja prehrane od njihovih kolega koji se natječu u sportovima koji nisu naglasili mršavost (7). Isto tako, spol se pokazao kao glavni čimbenik rizika za razvoj poremećaja prehrane, pri čemu žene imaju značajno veći rizik od muškaraca (8,9).

De Souza i sur. su 1998. godine proveli prospektivnu opservacijsku studiju o umjereno aktivnim ženama (18-36 godina) kako bi procijenili učestalost lutealnih i ovulacijskih abnormalnosti. Rezultati su pokazali da manje od polovice (42%) žena koje su vježbale imaju ovulacije, 42% su pokazivale nedostatak lutealne faze, a 16% su bile anovulacijske. To je bio ključni nalaz u napredovanju razumijevanja Trijade, jer je jasno pokazao da dužina menstrualnog ciklusa nije točan pokazatelj funkcije jajnika kod sportašica (10). Temeljno vjerovanje mnogih istraživača Trijade u to vrijeme bilo je to da je naporno vježbanje faktor koji može poremetiti reproduktivnu funkciju kod žena (11,12). Počevši od 1993. godine, američki istraživači Loucks i Callister osporili su to i predložili ideju da niska dostupnost energije, koja se može dogoditi sa ili bez pridruženog poremećaja u prehrani, može biti pokretački čimbenik u razvoju menstrualnih poremećaja, a time i Trijade (13). Kako bi se istražila navedena teorija, provedeno je niz istraživanja koja su manipulirala i unosom hrane i potrošnjom energije. Rezultati ovih istraživanja otkrili su blisku povezanost između dostupnosti energije i varijacije LH pulzacija, što ukazuje da dostupnost energije igra ključnu ulogu u pokretanju menstrualnih poremećaja povezanih s Trijadom (14,15).

## 1.2. DEFINICIJA SINDROMA

Međunarodni olimpijski odbor (MOO) je 2005. godine izdao Konsenzus o ženskoj sportskoj trijadi gdje je ona definirana kao kombinacija poremećaja u prehrani i nepravilnih menstrualnih ciklusa što postupno vodi do sniženog lučenja endogenog estrogena i drugih hormona i rezultira smanjenom gustoćom kostiju (16). Ova izjava, temeljena na istraživanjima provedenima u tom periodu, služi kao zamjena i vodič atletskom timu za zdravstvenu podršku u vezi procjene rizika, terapije i odluka vezanih za povratak u sport sportašica zahvaćenih tom problematikom. 2007.godine, u skladu sa znanstvenim napretkom, Američki koledž sportske medicine redefinira trijadu kao klinički entitet koji se odnosi na odnos između tri međusobno povezane komponente: energetske dostupnosti, menstrualne funkcije i zdravlja kostiju. Dodano je i razumijevanje patofiziologije koje opisuje koncept da, tijekom vremena, sportašice variraju duž kontinuiranog spektruma – od zdrave sportašice s optimalnom dostupnošću energije, redovitim menstrualnim ciklusima i zdravim kostima do suprotnog kraja spektruma koji je karakteriziran amenorejom, niskom energetskom dostupnosti i osteoporozom (17). Od 2007. znanstveni dokazi i klinička iskustva pokazuju da je etiološki faktor za trijadu energetski deficit do kojeg dolazi zbog neravnoteže između unosa energije hranom i potrošnje energije za održavanje homeostaze, zdravlja, dnevnih aktivnosti, rasta i sportskih aktivnosti. Također je postalo jasno da taj klinički entitet nije trijada dostupnosti energije, menstrualne funkcije i zdravlja kostiju nego da je to sindrom koji je rezultat relativnog nedostatka energije i posljedično utječe na mnoge aspekte fizioloških funkcija, uključujući brzinu metabolizma, menstrualnu funkciju, zdravlje kosti, imunitet, sintezu proteina, kardiovaskularno i psihološko zdravlje. Također, relativni nedostatak energije ne pogađa samo žene, već i muškarce. Uzimajući u obzir sve navedeno, potrebna je nova terminologija koja će točnije opisati klinički sindrom koji se do sada nazivao ženskom sportskom trijadom. MOO predlaže sveobuhvatniji, širi pojam za sindrom: Sindrom relativnog deficita energije u sportu (Relative Energy Deficiency in Sport, RED – S) (18).




Slika 1. Potencijalne posljedice relativnog nedostatka energije u sportu. Prilagođeno prema Mountjoy, et al, 2014 (18).

### 1.3. ENERGETSKI DEFICIT I MJERENJE

Podležeći problem sindroma relativnog deficita energije u sportu je deficit energije za podupiranje cijelog raspona tjelesnih funkcija koje su uključene u optimalno zdravlje i funkcioniranje. Dostupnost energije (EA) računa se tako da od unosa energije (EI)(kcal) oduzmemo trošak energije potreban za vježbanje (EEE)(kcal) u odnosu na postotak tjelesne mase bez masti (FFM)(kg).

Dostupnost energije (EA) = Unos energije (EI) (kcal) – trošak energije potreban za vježbanje (EEE) (kcal) / FFM(kg)

U zdravih odraslih osoba, vrijednost od 45 kcal/kg FFM/dan označava energetsku potrebu. Deficit energije, koji se događa sa smanjenjem energetskog unosa i/ili povećanog opterećenja vježbanjem, uzrokuje prilagodbe tjelesnih sustava s ciljem smanjenja potrošnje energije i vodi do remećenja hormonalnih, metaboličkih i funkcionalnih karakteristika (19). U međuvremenu, iako neki upozoravaju na različite odgovore raznih tjelesnih sustava, mnogi od tih sustava su značajno poremećeni pri EA <30 kcal / kg FFM /dan (125 kJ / kg FFM / dan), čineći ga povijesno ciljanim pragom za nisku dostupnost energije. Međutim, nedavni dokazi upućuju na to da ova granica ne predviđa amenoreju kod svih žena (20). Osim toga, napominje se da energetska

dostupnost od 30 kcal / kg / FFM približno odgovara prosječnoj vrijednosti bazalnog metabolizma (RMR) (21). Budući da se niska raspoloživost energije pokazala kao dobar pokazatelj u objašnjavanju markera suboptimalnog zdravlja i funkcija u laboratorijskim i terenskim postavkama, čini se logičnim da procjena raspoloživosti energije može poslužiti kao dijagnostički alat u prevenciji ili upravljanju RED-S (22).

Unatoč primarnoj važnosti određivanja odgovarajuće EA u sportaša, nekoliko prepreka onemogućava izravnom mjerenju EA da bude pouzdana i praktična opcija. Prvo, nema standardiziranog protokola za prikupljanje podataka (npr. broj dana prikupljanja, metodologija za procjenu unosa energije ili FFM). Osim toga, postoje značajne zabrinutosti zbog pouzdanosti i valjanosti svake od mjerenih podataka. Najveći izazov je dobiti točan zapis o uobičajenome unosu energije iz samoprijavljenih izvora (23). Drugi izazovi uključuju mjerenje energije potrošene na vježbanje tijekom treninga / natjecanja (24). Navedeni problemi mogu djelomično objasniti zašto mnoga terenska istraživanja bilježe značajna odstupanja između izračuna EA i simptoma povezanih s niskom raspoloživošću energije (25–27). Međutim, druga objašnjenja za ta opažanja uključuju: vremensku disocijaciju između razdoblja neusklađenog ponašanja u ishrani i vježbanja koji je stvorio probleme s niskom dostupnosti energije i okolnost tijekom koje je provedena procjena raspoloživosti energije i interakcija drugih prehrambenih značajki koje često postoje s niskom raspoloživošću energije i mogu pogoršati njezine učinke (npr. visok unos vlakana, stimulansa i umjetnih zaslađivača; namirnice niske energetske gustoće; visoka ograničenja u ishrani i loš raspored energije unutar jednog dana) (28–30). Čak i ako bi se ti problemi mogli riješiti, izračun energetske dostupnosti vjerojatno bi uključivao specijaliziranu opremu i stručnost (npr. mjerenje tjelesne kompozicije denzitometrijom), dobru motivaciju i usklađenost sportaša (npr. vođenje evidencije ishrane ili sveobuhvatne aktivnosti) i puno vremena i stručnosti kako bi se prikupljene informacije obradile. Osim toga, stanja s niskom dostupnosti energije mogu se razviti u različitim fazama treninga i natjecanja zbog različitih fizioloških zahtjeva. Procjena raspoloživosti energije može postići neke vrijedne rezultate, kao što je jačanje interakcije između liječnika i sportaša, što može stvoriti dobar odnos, povjerenje i razumijevanje potreba za energetskom dostupnosti. Međutim, znatni napori potrebni za procjenu energetske raspoloživosti te slabosti kao samostalnog dijagnostičkog alata sprječavaju stručna tijela da ga uvedu kao univerzalno preporučeno mjerilo.

## 1.4. ENERGETSKI DEFICIT U MUŠKARACA

Slično sportašicama, sve je više dokaza da i muškarci mogu doživjeti deficit energije u situacijama kada postoji neusklađenost između unosa energije i potrošnje energije za vježbanje ili natjecanje. Populacije sportaša muškog spola s povećanim rizikom za nisku dostupnost energije i posljedice zdravstvenih posljedica RED-S-a uključuju bicikliste, veslače, trkače, džokeje i sportaše u borbenim sportovima s težinskim klasama (31–34). Čimbenici koji pridonose niskoj energetskoj dostupnosti u sportaša su različiti i često jedinstveni za sport. Oni uključuju cikličke promjene u tjelesnoj masi i sastavu ("izrada težine"), produljeni neadekvatan unos energije kako bi se zadovoljili visoki energetski troškovi vježbanja u sportovima izdržljivosti, česte promjene u volumenu / intenzitetu treninga i sudjelovanje u zahtjevnim treninzima bez pratnje promjena u prehrani (35).

Neadekvatna dostupnost hrane, zbog kulturnih praksi ili nedostatka financijskih resursa, također može pridonijeti riziku za nisku dostupnost energije kod nekih sportaša, čak i među sportašima visokog kalibra, kao što to nesumnjivo ima i kod sportašica. RED-S se može pojaviti u oba spola, ali postoje razlike u biološkim odgovorima na nisku dostupnost energije u muških sportaša u usporedbi s njihovim kolegicama. Pretpostavljeno je da je prevalencija niske dostupnosti energije veća kod žena nego kod muškaraca, iako su nepoznate točne razlike. Prag i trajanje stanja niske energetske dostupnosti koji su potrebni za induciranje RED-S kod muškaraca nije poznato. Smanjenje koncentracije hormona testosterona vjerojatno je od veće zdravstvene brige kod muških sportaša (36).

## 1.5. RASNA PRIPADNOST I DEFICIT ENERGIJE

Odgovor na pitanje igra li rasna pripadnost ulogu u incidenciji i etiologiji RED-S ostaje spekulativan. Istraživanja pokazuju manji rizik od poremećaja prehrane u afričko-američkim, ali ne i latinoameričkim srednjoškolskim sportašicama u usporedbi s bijelcima (37). Trenutno nije poznato razlikuje li se prevalencija menstrualnih poremećaja među rasno raznolikim sportskim skupinama. Učestalost stres fraktura kod afričko-američkih vojnih regruta je niža nego u bijelaca (38). U međuvremenu, kod muških kenijskih trkača uočeno je da imaju veću mineralnu gustoću kostiju na mjestima koja nose težinu (npr. proksimalnog femura) nego zdrave kontrole, ali ne i na lumbalnoj kralježnici, gdje je Z vrijednost zabilježena ispod -2,0 u 40% ispitanika. Takvi trkači mogu imati nisku raspoloživost energije zbog niskog unosa energije i visoke potrošnje energije pri vježbanju (39). U drugom istraživanju mladih kenijskih sportašica utvrđeno je da trkačice na srednje udaljenosti i na daljinu pokazuju jednu ili više subkliničkih i / ili kliničkih komponente RED-S, uključujući veći rizik za nisku dostupnost energije i menstrualnu disfunkciju nego kontrole (40). Objavljena istraživanja uvelike nedostaju o pojavnosti RED-S sindroma u afričko-američkim, latinoameričkim i azijskim sportašima, uz nekoliko iznimaka. Stoga postoji potreba za uključivanjem raznolikije populacije sportaša u istraživanje RED-S i integriranje rasne / etničke pripadnosti u prevenciju i liječenje RED-S (41).

# 2. KLINIČKA PREZENTACIJA

## 2.1. POREMEĆAJI PREHRANE

Kontinuum poremećaja prehrane počinje s primjerenom prehranom i obrascima vježbanja, uključujući i zdravo hranjenje, ali i povremeno korištenje ekstremnijih metoda gubitka tjelesne težine kao što kratkotrajne restriktivne dijete (<30kcal/kg FFM/dan) (42). Na kraju kontinuuma nalaze se klinički poremećaji prehrane, abnormalni obrasci hranjenja, iskrivljena tjelesna slika, fluktuacije u tjelesnoj težini, zdravstvene komplikacije i varijacije u sportskim postignućima. Prema DSM-u 5 u poremećaje prehrane ubrajaju se anorexia nervosa, bulimia nervosa, kompulzivno prejedanje i drugi specificirani i nespecificirani poremećaji prehrane (43). Navedeni poremećaji imaju mnogo zajedničkih svojstava i sportaši često prelaze iz jednog poremećaja prehrane u drugi. Prevalencija poremećaja prehrane je 20% i 13% u odraslih i adolescentnih sportašica te 8% i 3% i odraslih i adolescentnih sportaša. Prevalencija se razlikuje od sporta do sporta (42). Patogeneza poremećaja prehrane je multifaktorijalna s bitnom ulogom i kulturnih, obiteljskih, individualnih i genetičkih/biokemijskih čimbenika (44). Veći rizik za razvoj poremećaja prehrane i okidači takvih poremećaja uključuju pritisak za što boljom izvedbom, naglo povećanje volumena treninga, ozljede i timsko vaganje (45).

Poremećaji prehrane češći su među sportašicama i sportašima u sportovima osjetljivim na težinu u odnosu na sportaše koji se bave sportovima u kojima je mršavost manje važna varijabla. U norveškom istraživanju profesionalnih muških i ženskih sportaša u adolescenciji, korištenjem upitnika, pronađena je veća učestalost poremećaja prehrane kod nesportaša u usporedbi s sportašima, ali kada se koristi klinički intervju, učestalost poremećaja prehrane bila je veća kod sportaša u odnosu na kontrole (46). Ovi nalazi ukazuju na potrebu za provođenjem intervjua za dijagnosticiranje poremećaja hranjenja kod sportaša. Želja za mršavošću s ciljem postizanja boljih rezultata kasnije utječe na poremećaje prehrane, a povećava se rizik i kada se odnos trenera i sportaša odlikuje čestim sukobima i slabom podrškom (47).

## 2.2. MENSTRUALNA DISFUNKCIJA

Eumenoreja je definirana kao regularni ciklusi koji se javljaju u intervalima između 21 i 35 dana. U adolescenata, ciklusi variraju između 21 i 45 dana. Primarna amenoreja se definira kao nepostojanje menarhe do 15.godine. Sekundarna amenoreja je odsutnost 3 uzastopna ciklusa nakon pojave menarhe. Oligomenoreja je ciklus u trajanju više od 45 dana (48). Učinci niske dostupnosti energije na reproduktivne hormone i menstrualnu funkciju kod sportašica dobro su opisani iako su kompleksni hormonski signalni putevi koji podupiru te učinke još uvijek u potpunosti razjašnjeni. Aktualni dokazi potvrđuju poremećaj vezan uz nisku razinu dostupnosti hormona (GnRH) u hipotalamusu, nakon čega slijedi promjena u izlučivanju LH i oslobađanju FSH iz hipofize te smanjenje razine estradiola i progesterona; ovo se smatra oblikom funkcionalne hipotalamičke amenoreje (FHA), a to je najčešći poremećaj menstrualne funkcije uzrokovan deficitom energije (49). Trajanje i ozbiljnost niske raspoloživosti energije potrebne za stvaranje takvih poremećaja također su nejasni, odražavajući i složenu prirodu problema i odstupanja povezana s različitim metodologijama koje su korištene za njezino proučavanje.

Prevalencija menstrualnih poremećaja u sportašica je visoko varijabilna. Prevalencija sekundarne amenoreje se procjenjuje na 2 do 5% u studentica, ali čak 69% među plesačicama i 65% u dugometražnih trkačica (50,51). Primarna amenoreja u studentica sportašica je ukupno 7%, visoka je (22%) u navijačica, ženskih ronilaca i gimnastičarka (52). Manje varijacije menstrualne funkcije, kao što su vrlo lagano krvarenje, blago produljeni menstrualni interval i predmenstrualni i postmenstrualni spotting , mogu se dogoditi i često ih se previdi u rutinskom probiru (53). Abnormalne razine hormona, pulsatilnost lučenja LH, nedovoljne zalihe masnog tkiva, niska energetska dostupnost i stres uzrokovan vježbanjem često su etiološki čimbenici menstrualnih poremećaja u sportašica. Neprimjerena energetska dostupnost može poremetiti pulsatilnost lučenja LH djelujući na izlučivanje (54). Brzi ili značajan gubitak masne tjelesne mase, čak i unutar perioda od 1 mjeseca, može poremetiti menstrualnu funkciju. Deficit energije također mijenja i razine drugih metaboličkih hormona, kao što su inzulin, kortizol, hormon rasta, inzulinu sličan faktor rasta 1 (IGF – 1), trijodtironin, grelin, leptin, tirozin, glukoza, masne kiseline i ketoni (55).

## 2.3. SMANJENJE MINERALNE GUSTOĆE KOSTIJU

Utvrđeno je da niska dostupnost energije doprinosi narušenom zdravlju kostiju kod sportaša, osobito žena. Unakrsne studije fizički aktivnih sportašica s oligomenorejom / amenorejom ili s niskom raspoloživošću energije pokazale su smanjenje BMD-a i markera koštane pregradnje, izmijenjenu mikroarhitekturu kostiju, smanjenu čvrstoću kostiju i povećani rizika od ozljeda kostiju u usporedbi s eumenorreičnim sportašicama i onima koji imaju odgovarajuću energetsku dostupnost (56). I u muškaraca i u žena, testosteron ima anabolički učinak na kosti, stimulira osteoklaste i formiranje kosti te apsorpciju kalcija. Niske razine testosterona povezane su sa smanjenom mineralnom gustoćom kostiju u sportaša. Endogeni estrogeni i androgeni imaju neovisne učinke na razvoj kosti u oba spola. Povećanje koncentracije stresnih hormona, kateholamina i kortizola, u kombinaciji s deficitarnim unosom energije, rezultira negativnim posljedicama na zdravlje kosti (57). Kratkoročna niska raspoloživost energije (putem prehrane i vježbanja) je prospektivno pokazala da negativno utječe na markere koštane pregradnje kod žena i nekih muškaraca (58).

Kosti sportašica s kroničnom amenorejom imaju manje učinka od osteogenskog učinka tjelovježbe. Smanjena mineralna gustoća kostiju prvo se pripisivala hipoestrogenizmu uzrokovanom menstrualnom disfunkcijom, međutim, niska dostupnost energije sada je prepoznata kao neovisni faktor lošeg zdravlja kostiju na svim razinama energetskog nedostatka zbog smanjene razine IgF-1 i markera formiranja kosti. Gubitak koštane mase u sportaša može biti ireverzibilan (59). Nedostaci u ishrani i posljedične promjene koštane strukture rezultiraju povećanim rizikom za razvoj stres fraktura u oba spola. Dodatni čimbenici rizika uključuju menstrualnu disfunkciju, kompulzivno vježbanje, loše zdravlje kostiju, nizak indeks tjelesne mase, prethodne prijelome i poremećaje prehrane (60). Visokorizične stres frakture (npr. vrat femura) se događaju u adolescentnih sportaša pogođenih sindromom i mogu imati ozbiljne dugotrajne posljedice (61). RED – S djeluje i na sportske performanse. Funkcionalna oštećenja povezana s niskom raspoloživošću energije uključuju veću prevalenciju virusnih bolesti, ozljeda i kritično smanjene reakcije na trening i naknadne rezultate (62). Specifične ženske i muške sportske populacije imaju povećani rizik za nižu BMD, uključujući džokeje, trkače, plivače i bicikliste. Neki sportaši s poremećajima u ishrani prakticiraju ekstremne metode kontrole težine (post, povraćanje, diuretik i zlouporaba laksativa) koji imaju moguće posljedice za zdravlje i performanse, kao što su

dehidracija i neravnoteža elektrolita, te gastrointestinalni problemi, uključujući ezofagitis i perforaciju ezofagusa od povraćanja. Diuretici i neke dijetalne pilule mogu sadržavati tvari koje je Svjetska antidoping agencija zabranila (18).

## 2.4. POSLJEDICE NA OSTALIM ENERGETSKIM SUSTAVIMA

Učinci niske dostupnosti energije na endokrini sustav opisani su pretežno u sportašica, a tek nedavno kod muških sportaša. Nalazi kod nekih sportašica u stanju niske dostupnosti energije uključuju poremećaj osi hipotalamus-hipofiza-gonada, promjene funkcije štitnjače, promjene u hormonima koji reguliraju apetit (npr. smanjenje leptina i oksitocina, povećanje grelina, peptida YY i adiponektina), smanjenje inzulina i inzulinu sličnog faktora rasta 1 (IGF-1), povećanje rezistencije na hormona rasta (GH) i povišenje kortizola. Mnoge od ovih hormonalnih promjena vjerojatno nastaju radi očuvanja energije za važnije tjelesne funkcije ili za korištenje tjelesnih rezervi energije za vitalne procese (63). Specifične promjene u muškaraca nisu u potpunosti shvaćene; međutim, smanjena pulzacija i amplituda LH opisani su u nizu slučajeva muških maratonaca, populacije s visokim rizikom za nisku dostupnost energije (64).

Niska dostupnost energije povezana je sa smanjenom brzinom metabolizma mirovanja kod sportašica koje se bave sportovima u kojima postoji naglasak na izdržljivosti (65). Kod žena s normalnom tjelesnom težinom s induciranim energetskim deficitom putem manipulacije vježbanjem i dijetom, mjereni gubitak težine tijekom 3 mjeseca bio je manji od predviđenog. Ispitanici koji su bili umjereno energetski manjkavi imali su značajno smanjenje metabolizma u mirovanju, i oni koji su bili jako deficitarni u energiji pokazali su značajno smanjenje leptina, T3, IGF-1 i povećanja grelina (66).

Željezo je neophodno za hematopoezu i prijenos kisika. Nedostatak željeza, često viđen u sportašica, može izravno i neizravno pridonijeti nedostatku energije. Mogući razlozi su potencijalno smanjenje apetita, smanjenje dostupnosti metaboličkog goriva i smanjenje metaboličke učinkovitosti, što posljedično dovodi do povećanja potrošnje energije tijekom vježbanja i odmora. Nedostatak željeza može također negativno utjecati na zdravlje kosti putem disregulacije GH / IGF-1 osi, hipoksije i hipotiroidizma, a također igra i važnu ulogu u funkciji štitnjače, plodnosti, pa čak i psihološkom

funkcioniranju. Zbog svega navedenog, niska raspoloživost energije može biti djelomično inducirana i može pridonijeti nedostatku željeza (67).

Linearno usporavanje rasta zabilježeno je u raznim studijama adolescentica i adolescenata s teškim oblikom anoreksije nervose, a istraživanja su pokazala djelomični, ali ne uvijek potpuni rast nakon oporavka. Smanjenje IGF-1, povećanje GH i povišena otpornost na GH dosljedno se bilježe kod osoba s anoreksijom nervosom. Studije kod sportašica s amenorejom pokazale su poremećenu sekreciju GH, smanjenje GH i IGF-1 sekretornog odgovora na vježbu (68).

Rana ateroskleroza može biti povezana s hipoestrogenizmom i FHA u mladih sportaša. Endotelna disfunkcija i nepovoljni lipidni profili zabilježeni su kod sportašica s amenorejom, a nastavak menstruacije doveo je do poboljšanja vaskularne endotelnu funkcije. U jednoj studiji, sportašice s amenorejom pokazale su nižu brzinu rada srca i sistolički krvni tlak u usporedbi s eumenoreičnim sportašicama, uz poremećaje normalnog odgovora renin-angiotenzin-aldosteronskog sustava na ortostatski izazov. Kod težeg stanja niske energetske dostupnosti anoreksije nervose mogu se pojaviti značajne kardiovaskularne promjene, uključujući abnormalnosti zalistaka, perikardijalni izljev, tešku bradikardiju, hipotenziju i aritmije (69,70).

U teškom niskoenergetskom stanju anoreksije nervoze, opisani su negativni zdravstveni utjecaji na puni gastrointestinalni trakt, kao što su izmijenjena funkcija sfinktera, odgođeno pražnjenje želuca, konstipacija i povećano vrijeme prolaska kroz crijevo (71).

Melin i suradnici mjerili su raspoloživost energije i razvili upitnik niske energetske dostupnosti među sportašica (LEAF-Q); pronašli su negativnu korelaciju s raspoloživošću energije i gastrointestinalnim simptomima kod elitnih švedskih i danskih sportaša (22). Ovi rezultati potvrđeni su i tijekom provođenja ankete među adolescentnim sportašima u Americi, koji su također izvijestili o većoj učestalosti curenja stolice i konstipaciji od onih za koje se smatra da imaju adekvatnu raspoloživost energije (72).

Deficit energije nosi posljedice i za imunološki sustav. Istraživanje provedeno u Japanu, koje je uključivalo 21 studenticu koje se profesionalno bave trčanjem, pokazalo je kako se simptomi gornjeg dišnog sustava uz sniženo izlučivanje

imunoglobulina A češće javljaju u sportašica s amenorejom nego u onih s redovitim menstrualnim ciklusima (73). Također, opservacijsko istraživanje profesionalnih trkačica u Australiji, tijekom priprema za Olimpijske igre 2016, pokazalo je kako je niska energetska dostupnost, mjerena LEAF – Q upitnikom, povezana s većim rizikom pojave bolesti (s naglaskom na gornji dišni sustav i gastrointestinalni sustav) i fizičkih bolova u odnosu na prethodni mjesec (74).

Psihološki problemi mogu prethoditi ili biti uzrokovani energetskim deficitom. Pokazalo se da niska dostupnost energije u sportaša ima negativne korelacije s različitim aspektima psihološkog blagostanja. Veća težnja za mršavošću može biti podloga za nisku dostupnost energije. U upitniku za procjenu poremećaja prehrane (od engl. *Eating Disorder Inventory*) veća težnja za mršavošću povezana je sa smanjenom potrošnjom energije u mirovanju, nižim razinama T3 i višim razinama grelina u sportašica, također su češće kognitivno suzdržani te pokazuju bulimične tendencije (75).

Utvrđeno je da adolescentice s FHA imaju veću učestalost blagih depresivnih osobina, psihosomatskih poremećaja i smanjenu sposobnost podnošenja stresa. Posebna studija otkrila je preklapanje u adolescenata s anoreksijom i onima s FHA: obje skupine su pokazale povećanu učestalost depresije, socijalnu nesigurnost i introvertiranost te strahove od povećanja tjelesne težine u usporedbi sa zdravim kontrolama. Teže psihološke smetnje uočene su u onih s težim energetskim deficitom (anoreksija nervoza) u odnosu na FHA skupinu (76). Rezultati istraživanja među sportašima muškog spola ukazuju na to da su restrikcijske dijete i izgrađivanje mišića povezani s bulimijom (77).

Osim toga, istraživanja među muškim bodybuilderima ukazuju na to da dugotrajna raspoloživost energije od približno 20-25 kcal / kg FFM / dan, kao što se vidi u završnoj fazi restriktivne dijete prije natjecanja, može biti imati negativne psihološke učinke za muškarce. Uočeni restriktivni obrasci ishrane rezultirali su smanjenjem mišićne mase i gubitkom snage, s izvješćima o endokrinoj disfunkciji i poremećajima raspoloženja kod sportaša sa sastavom tijela s približno 4% ukupne tjelesne masti (78).

## 2.5. UČINCI ENERGETSKOG DEFICITA NA PERFORMANSE

Dokazana je povezanost između raznih uzroka niske energetske dostupnosti (npr. hormonalne aberacije, oligomenoreja / amenoreja, bavljenje sportom u kojem je bitna mršavost) i faktora koji negativno utječu na performanse (npr. bolest, ozljeda, nedostatak željeza, lose raspoloženje) (79). Nedostaju istraživanja o povezanosti dugoročne restrikcije energije i sportskih performansa (80). Međutim, pretpostavljeno je da bi postojana niska dostupnost energije mogla narušiti sportske performanse putem različitih indirektnih mehanizama (npr. preuranjenim smanjenjem fizičkih, psiholoških i mentalnih sposobnosti i smanjenjem optimalne mišićne mase i funkcije).

Moglo bi se očekivati da će energetski deficit pogoršati učinkovitost ili ometati optimalno poboljšanje performansi putem akutnog oštećenja ključnih procesa kao što su skladištenje glikogena ili sinteza proteina ili sprečavanjem dosljednog i kvalitetnog treninga zbog povećanog rizika od ozljeda i bolesti (74). Unatoč važnosti navedenog, tek su nedavno studije pokušale izmjeriti izravan utjecaj deficita energije na sportske rezultate. Primjerice, Silva i Paiva izvijestili su da su atletske performance negativno povezane s raspoloživošću energije u među ritmičkim gimnastičarima (81). Nadalje, Tornberg i sur. nisu pronašli razliku u aerobnom kapacitetu (VO2, O2 (ml / min / kg)) između sportaša koji se bave sportovima izdržljivosti i sportaša s sekundarnom FHA, unatoč nižoj tjelesnoj težini i masnoj masi kod sportaša s FHA. Međutim, ispitanici s FHA imali su smanjenu neuromuskularnu učinkovitost (mjerenu mišićnu snagu i izdržljivost koljena) i vrijeme reakcije u usporedbi s eumenorreičnim sportašima (82). Woods i ostali pratili su veslače i veslačice kroz 4 tjedna intenzivnog treninga, što je bilo popraćeno nedostatkom povećanja unosa energije unatoč 21% -tnom povećanju obuke. Zaključeno je da je neadekvatna dostupnost energije vjerojatno negativno utjecala na oporavak vježbanja (83).

## 3. PREVENCIJA

Prevencija RED-S zahtijeva povećanje svijesti sportaša i njihovog tima. Trebalo bi organizirati obrazovne programe o RED-S, zdravoj prehrani, hrani, energetskoj dostupnosti, rizicima dijete i utjecaju navedenog na zdravlje. Potrebno je smanjiti naglasak na težinu, a naglasiti prehranu i zdravlje kao sredstva za pobošljanje učinkovitosti. Također, važno je izbjegavati kritične komentare o tjelesnom obliku/težini sportaša te promicati svijest da dobar učinak sportaša ne znači da je sportaš zdrav.
Istraživanja su pokazala da manje od 50% liječnika, fizioterapeuta i trenera može identificirati komponente trijade (energetski manjak sa ili bez poremećaja prehrane, menstrualnu disfunkciju i niski BMD), a samo 19% od 370 američkih srednjoškolskih medicinskih sestara može identificirati sve tri komponente trijade (84). U anketi među liječnicima različitih specijalizacija samo je 37% bilo svjesno trijade, a samo je jedna polovica bila spremna provoditi liječenje (85). U grupi australskih sportašica, jedna trećina je smatrala da su nepravilni menstrualni ciklusi 'normalni' za sportašice, a otprilike polovica je znala da je menstrualna disfunkcija faktor rizika za loše zdravlje kostiju (86).

Zdravstveni djelatnici mogu smanjiti zdravstvene implikacije RED-S organizirajući multidisciplinarni sportski tima za podršku sportaša, uključujući sportskog liječnika, nutricionista, psihologa, fizioterapeuta i fiziologa koji će biti upoznati s načinima otkrivanja i liječenja RED – S. Sportske organizacije kao što su međunarodne federacije, nacionalni olimpijski komiteti i nacionalne sportske federacije mogu spriječiti RED-S kroz provedbu preventivnih obrazovnih programa, smjernicama za trenere o upravljanju sportskim navikama, težinom i sastavom tijela.
Međutim, istraživanje Međunarodnih sportskih federacija utvrdilo je da samo 2 od 28 olimpijskih međunarodnih federacija imaju programe za RED-S (87). Razvijanje vršnjačkih edukativnih programa o poremećajima prehrane i trijadi pokazali su se obećavajućim i trebalo bi razviti slične RED-S programe pod vodstvom vršnjaka. Učinkoviti programi za prevenciju poremećaja prehrane trebaju biti multimodalni, interaktivni, usmjereni na sportaše i trenersko osoblje te bi trebali uključivati promjene zdravstvenog sustava i sportskih pravila (88).

# 4. DIJAGNOSTIČKA OBRADA

## 4.1. PROBIR

Probir i postavljanje dijagnoze RED – S sindroma je izazov, pogotovo zbog suptilne simptomatologije. Rano otkrivanje je ključno kako bi se poboljšale performanse i spriječile dugotrajne zdravstvene posljedice. Probir bi se trebao provoditi kao dio godišnjeg zdravstvenog pregleda sportaša i fizičkog vrednovanja prije kretanja bavljenja sportom, ali i kada se sportaš prezentira s poremećajem prehrane, gubitkom težine, nedostatnim rastom i razvojem, menstrualnom disfunkcijom, rekurentnim ozljedama i bolestima, smanjenim performansama i promjenama raspoloženja (18).

Zbog stigme povezane s poremećajima u prehrani, sportaši mogu biti motivirani da sakriju svoju bolest. Za neke sportaše se navodi da je prevalencija energetskog nedostatka visoka čak i bez prisutnosti poremećaja prehrane. Iako su treneri u idealnoj situaciji da identificiraju sportaše s poremećajima u prehrani, ponekad imaju poteškoća u razlikovanju između sportaša čiji izgled ili metrika sastava tijela zadovoljavaju njihova sportska očekivanja (npr. mršavost) od onih s poremećajima u prehrani, osobito ako je sportaš uspješan (89). Čak i ako se utvrdi poremećaj prehrane, treneri mogu imati poteškoća u uvjeravanju sportaša da traže liječenje.

Nedavno je LEAF-Q razvijen kao kratki upitnik o fiziološkim simptomima povezanima s energetskim nedostatkom, a upitnik o niskoj dostupnosti energije za muške sportaše je u razvoju. Postoje ograničeni dokazi za učinkovitost upitnika za samoprijavu, te se preporučuje dodatna individualna evaluacija (18). Alat za procjenu kliničke procjene RED-S (RED-S CAT) može pomoći kliničarima u probiru za RED S i u donošenje odluka za povratak u sport (90).

Usprkos tome što postoje različite metode probira, one nisu validirane i ne postoji konsenzus o tome koja je metoda najkorisnija, također, nijedna od navedenih metoda ne uključuje muškarce. S obzirom na to da energetski deficit ima bitnu ulogu u razvoju sindroma, dijagnoza bi se trebala temeljiti na identifikaciji prisustva i uzroka niske energetske dostupnosti. Nažalost, ne postoje standardizirane smjernice koje bi otkrile energetski deficit (91).

## 4.2. MJERENJE ENERGETSKE DOSTUPNOSTI

Mjerenje unosa energije, potrošnje te potreba zahtijeva znanje i uglavnom je neprecizno. Unos energije može se procijeniti retrospektivno (prisjećanjem) ili prospektivno (dnevnik hrane). Potrošnja energije koja se troši na vježbanje se uglavnom procjenjuje vođenjem dnevnika vježbanja i tablicama energetske potrošnje povezane s određenom vježbom ili sportom, ali mogu biti nadopunjene i podacima prikupljenima modernim sportskim tehnologijama (GPS, monitoriranje srčane frekvencije, mjeračima snage). U idealnom slučaju, unos energije i potrošnja mjere se kroz sličan period vremena koji je reprezentativan za uobičajeno hranjenje i treniranje. Bezmasna tjelesna masa može se kvantificirati metodama kao što su denzitometrija i antropometrija. Mjerenje metabolizma mirovanja putem indirektne kalorimetrije može potvrditi usporenje metabolizma nastalo zbog energetskog deficita. Podležeći čimbenici koji vode do neusklađenih mjerenja energetskog unosa i velikog volumena/ intenziteta treninga te pogrešni načini gubitka tjelesne težine mogu se relativno jednostavno dijagnosticirati (92). Kratak upitnik o poremećaju prehrane u sportaša (BEDA -Q) je validirani instrument za probir koji pokazuje obećavajuće rezultate u razlikovanju sportašica koje imaju i onih koje nemaju poremećaj prehrane (93). Zlatni standard za dijagnosticiranje poremećaja prehrane je razgovor o ispitivanju postojanja poremećaja prehrane (EDE – 16) (94).

## 4.3. DIJAGNOSTICIRANJE MENSTURALNIH POREMEĆAJA

Dijagnosticiranje funkcionalne hipotalamičke amenoreje je dijagnoza isključivanja. Procjena nepravilnih menstrualnih ciklusa trebala bi uključivati anamnezu o ciklusima koja uključuje vrijeme menarhe, redovitost ciklusa, korištenje lijekova, prisutnost drugih zdravstvenih problema i obiteljsku menstrualnu anamnezu. Klinički pregled uključuje procjenu antropometrije, stadija puberteta, postojanje znakova poremećaja prehrane i mogućih sekundarnih uzroka amenoreje. Pregled zdjelice može otkriti trudnoću ili vaginalnu atrofiju zbog hipoestrogenizma. Laboratorijski testovi mogu uključivati određivanje koncentracije hemoglobina, LH, FSH, prolaktina, estradiola, T4, tiroid – stimulirajućeg hormona, trudnoće i profila androgena. Detaljnije testiranje može uključivati i UZV zdjelice i uzorkovanje endometrija kako bi se isključila druga ginekološka patološka stanja (95).

## 4.4. OTKRIVANJE SMANJENE MINERALNE GUSTOĆE KOSTIJU

U sportašica s deficitom energije, poremećajem prehrane ili amenorejom u trajanju od više od 6 mjeseci, trebalo bi izmjeriti mineralnu gustoću kostiju denzitometrijom. Sportaši koji se bave sportovima koji uključuju velike terete trebali bi imati 5 – 15% višu mineralnu gustoću kostiju od nesportaša; Z vrijednost < -1 zahtijeva daljnju dijagnostiku. U sportaša, niska mineralna gustoća kostiju računa se ako je Z vrijednost od -1.0 do -2 uz anamnezu nutritivnih deficita, hipoestrogenizma, stres fraktura i drugi sekundarnih rizičnih čimbenika za frakture. Vrijednost ispod -2 smatra se osteoporozom s postojanjem sekundarnih rizičnih čimbenika. Za sportaše pod rizikom i one koji se liječe zbog niske mineralne gustoće kostiju, preporučeno je mjeriti mineralnu gustoću denzitometrijom u intervalu od 12 mjeseci u odraslih i 6 mjeseci u adolescenata (17).

## 5. LIJEČENJE

Terapija energetskog deficita treba uključivati povećanje energetskog unosa, redukciju vježbanja ili kombinaciju navedenog. Ako je niska raspoloživost energije posljedica nenamjernog nedovoljnog konzumiranja hrane, dovoljna je edukacija. Bez obzira na težinu pothranjenosti, preporučuje se rano uključivanje odgovarajuće obučenog stručnjaka (npr. sportskog dijetetičara) kako bi se poboljšala prehrambene navike sportaša. Optimiziranje raspoloživosti energije može poboljšati funkciju osi hipotalamus-hipofiza - gonada, kao i drugih sustava na koje negativno utječe niska raspoloživost energije kod žena (24). Energetski manjak treba rješavati promjenom vježbanja i prehrane u sportašica i sportašica (49). Liječenje se obično temelji na povećanom unosu hrane, ali može zahtijevati i promjene u izboru hrane, raspoređivanju energije i drugim prehrambenim svojstvima; te promjene moraju biti individualizirane i periodizirane u skladu s energetskim troškovima sportaša i ciljevima vježbanja. Može biti potrebno smanjenje ili prestanak vježbanja, ovisno o ozbiljnosti energetskog deficita, simptoma i razine usklađenosti. Jedina strategija nad kojom je provedena znanstvena kontrola je dodatak energetski bogatog suplementa u prehranu i redukcija treninga ili uvođenje dana odmora u tjedni plan treniranja. Usprkos malom broju ispitanika u uzorku, intervencija je bila uspješna, ali ne u svim provedenim slučajevima zbog toga što ne djeluje na mnoge podležeće dijetarne ni psihološke čimbenike (96). Razvijanje strategije koja bi implementirala dijetu s poznatim i dovoljnim energetskim unosom je logično, ali uglavnom i nepraktično zbog izazova mjerenja energetske dostupnosti. Zbog navedenog, praktično rješavanje problema niske energetske dostupnosti je implementiranje plana prehrane koji povećava trenutni energetski unos za 300 – 600 kcal/dan i osvrće se na pravilno raspoređivanje energije kroz dan i s obzirom na treniranje, sastav hrane i stres povezan s hranom.

U mladih sportašica, dobivanje na tjelesnoj težini je najjači prediktor oporavka normalne menstrualne funkcije. Prikladan unos proteina i ugljikohidrata preporuča se kako bi se oporavio jetreni glikogen i kako bi se facilitirala pulsatilnost lučenja LH. Vremenski okvir za oporavak menstrualne funkcije varira ovisno o težini energetskog deficita i o trajanju menstrualne disfunkcije. Kognitivna bihevioralna terapija jedan je nefarmakološki oblik liječenja za RED-S koji je pokazao da doprinosi nastavku menstruacije kod nekih žena s FHA (97). Početno nefarmakološko liječenje menstrualne komponente RED-S sindroma može vratiti menstrualnu funkciju tijekom

mjeseci, dok poboljšanja u zdravlju kostiju traju dulje i možda nikada neće doseći optimalne razine (98). Nepridržavanje terapije može zahtijevati uklanjanje sportaša iz treninga, odnosno natjecanja.

Mnogi liječnici propisuju niske doze oralnih kontraceptiva kao hormonsku nadomjesnu terapiju za namjenu vraćanja menstruacije ili poboljšanja BMD u sportašica s RED - S, ali ova intervencija ne djeluje na etiološke čimbenike energetskog deficita i može ugroziti postizanje vršne gustoće kostiju. Oralni kontraceptivi mogu se uzeti u obzir kod sportašica koje trebaju kontracepciju, ali oni ujedno mogu i maskirati energetski deficit, menstrualnu disfunkciju i pridonijeti koštanom gubitku (49). Intravenski depot medroksiprogesteron, kao vrsta kontracepcije, može uzrokovati amenoreju, a dugotrajna upotreba može djelovati na mineralnu gustoću kostiju adolescenata koja je reverzibilna do određene mjere po prekidu terapije (99,100). Terapija koja bi povratila fertilitet može uključivati i povećanje energetske dostupnosti. Farmakološki agensi su nužni kako bi stimulirali poremećaje luteinske faze (101). Potrebno je posvetiti pozornost sredstvima za fertilnost koja se nalaze na listi zabranjenih tvari Svjetske antidoping agencije.

Strategije za smanjenje gubitka koštane mase u žena koje imaju fiziološku hipotalamičku amenoreju slične su onima koje se koriste u amenoreičnih žena koje pate od anoreksije. U žena s anoreksijom, dobivanje na težini s ili bez povratka menstrualne funkcije smanjuje koštanu resorpciju i popravlja mineralnu gustoću kostiju. Usprkos tome, puni oporavak nije uvijek moguć jer je koštana mikroarhitektura također oštećena. Već povećanje energetskog unosa povećava koštanu masu za 1 – 10% u žena s anoreksijom (96). Vrlo je važno popraviti energetski deficit i o estrogenu ovisne mehanizme gubitka kosti kako bi se popravila mineralizacija trabekularne kosti i rast kortikalne. Mehaničko opterećenje i kontaktni sportovi pozitivno utječu na mineralnu gustoću kostiju i koštanu strukturu. Programi koji uključuju visoko opterećenje trebali bi biti implementrirani minimalno 2 – 3 puta tjedno kod sportaša koji se ne bave takvim vrstama treninga i kod onih koji imaju smanjenu mineralnu gustoću kostiju (17). Odgovarajuće hranjive tvari za izgradnju kostiju su kritične; na primjer, razine 25-hidroksi vitamina D u serumu <30 ng / mL povezane su s povećanom učestalošću stress fraktura. Uzimanje vitamina D od 600 do 800 IJ dnevno preporučuju prehrambene smjernice američkog Ministarstva poljoprivrede (USDA), ali privremeno može biti potreban veći unos kako bi se postigla ciljana razina 25-hidroksi vitamina D

u serumu> 30 ng / mL. Poboljšanje razine 25-hidroksi vitamina D može također smanjiti vrijeme zacjeljivanja i ubrzati povratak u igru nakon koštanih ozljeda. Osim toga, adekvatna potrošnja kalcija može pomoći smanjiti učestalost ozljeda kostiju. Sadašnja preporuka za dnevni unos kalcija je 1000 mg / dan kalcija za muškarce i žene u dobi od 19 do 50 godina i 1300 mg / dan za djecu i adolescente u dobi od 9-18 godina (102).

Transdermalni estradiol (u kombinaciji s cikličkim progesteronom) uspješno je povećao mineralnu gustoću kostiju u pacijentica koje imaju anoreksiju. U nekim istraživanjima, kombinacija oralnih kontraceptiva koji sadržavaju 20 – 35 mg estradiola održala je ili popravila mineralnu koštanu gustoću u sportašica s amenorejom. Korištenje oralnih kontraceptiva u sportašica s funkcionalnom hipotalamičkom amenorejom ima štetan učinak na mineralnu gustoću kostiju jer suprimira sekreciju androgena i uzrokuje preuranjeno zatvaranje epifiza što ugrožava rast dugih kostiju u adolescenata (103). Bisfosfonati, koji inhibiraju koštanu resporpciju, nisu preporučeni u žena reproduktivne dobi jer se pohranjuju u kost kroz dugi period vremena i mogu biti teratogeni. Druge terapijske mogućnosti uključuju raloksifen (selektivni modulator estrogenskih receptora), teriparatid i kalcitonin koji također nisu dopušteni za korištenje u žena prije menopauze. U tijeku je razvoj novih terapijskih mogućnosti, ali problem je nedostatak kliničkih ispitivanja. Te terapijske mogućnosti uključuju faktor rasta dobiven iz inzulina (koštani anabolički agens) i leptin koji se mogu koristiti za stimuliranje apetita, čime se utječe na nastavak menstruacije i naknadno poboljšanje mineralne gustoće kostiju (104).

U muškaraca, nužno je otkrivanje i korekcija podležeće patologije, uključujući terapiju testosteronom za hipogonadizam i osteoporozu. Bisfosfonati se mogu koristiti kao monoterapija ili kao konsolidacijska terapija nakon primjene teriperatida ili u kombinaciji s hormonalnom nadomjesnom terapijom. Denusomab i stroncij ranelat također povećavaju mineralnu gustoću kostiju (105).

Ako sportaš ne želi ili ne može pratiti terapijski plan, uglavnom postoji podležeći psihološki čimbenik. Otpor sportaša prema terapiji uglavnom raste sukladno s težinom poremećaja prehrane. Terapiju bi trebali provoditi stručnjaci za mentalno zdravlje koji su upoznati s provođenjem terapije u sportaša s poremećajem prehrane. Učestalost, tipovi, intenzitet i trajanje psihološkog liječenja ovise o težini, kroničnosti i medicinskim i psihološkim komplikacijama poremećaja prehrane, kao i komorbiditetima psiholoških

poremećaja koji često prate takve probleme. U idealnom slučaju, problemi s prehranom mogu se liječiti ambulantno. Medicinske komplikacije (teška bradikardija, hipotenzija, ortostaza, neravnoteža elektrolita), rizik od samoozljeđivanja i nedostatak napretka u izvanbolničkom liječenju ukazuju na potrebu za intenzivnijim režimima liječenja, uključujući bolničke i intenzivne izvanbolničke programe. Liječenje je obično potrebno nekoliko mjeseci. Modaliteti liječenja mogu uključivati kognitivno-bihevioralnu terapiju, dijalektičku terapiju ponašanja ili obiteljsku terapiju. Budući da mnogi bolesnici s poremećajima u prehrani smatraju svoje poremećaje svrhovitim i nužnim, motivacija za oporavkom je kritični čimbenik u liječenju. Kako se kod sportaša s poremećajem u prehrani uočavaju veće razine depresije i anksioznosti, postoji potreba za usporednim liječenjem i ovih pratećih patologija. Od farmakoloških terapijskih mjera najčešće se propisuju antidepresivi (106).

## 6. POVRATAK U SPORT

Ograničen je broj smjernica utemeljenih na dokazima koje bi pomogle sportskom zdravstvenom timu kako bi procijenio mogućnost povratka sportu sportašima koji imaju RED – S.

Na temelju smjernica norveškog Olimpijskog centra za obuku i kolektivne stručne skupine za konsolidaciju MOO-a, razvijen je novi model kriterija za procjenu rizika za sudjelovanje u sportu – model semafora. Kriteriji za ovaj model temelje se na onima koji se koriste u norveškom Olimpijskom centru za obuku, a također ih preporuča i radna skupina MOO-a za sastav tijela, zdravstvo i učinkovitost (43). Prema modelu semafora, sportaši su, prema ozbiljnosti energetskog deficita, menstrualne disfunkcije i postotku tjelesne mase podijeljeni u tri kategorije.

Sportašima iz kategorije visokog rizika - crvenog svjetla - preporučuje se da se sudjelovanje u sportu. Zbog ozbiljnosti njihove kliničke slike, sudjelovanje u sportu može predstavljati ozbiljnu opasnost za njihovo zdravlje i može ometati sportaša da posveti pažnju potrebnu za liječenje i oporavak. Sportaši u kategoriji rizika umjerenog rizika - žutog svjetla - trebaju biti odobreni za sudjelovanje u sportu samo uz sudjelovanje pod nadzorom i plan liječenja. Sportaši iz kategorije zelenog svjetla zdravi su i sposobni za sudjelovanje u sportu. (Tablica 1 i 2).

Ponovna procjena procjene rizika sportaša trebala bi se odvijati u redovitim intervalima od 1-3 mjeseca, ovisno o kliničkom scenariju, kako bi se procijenila usklađenost i otkrile promjene u kliničkom statusu. Odlučivanje o povratku u igru nakon vremena izvan sporta zbog oporavka od ozljede i / ili bolesti temelji se na procjeni zdravlja sportaša i zahtjevima njegova sporta.

Tablica 1. Procjena rizika za sudjelovanje u sportu sportaša s RED – S. Prilagođeno prema Skårderud et al, 2012 (107).

| **Visoki rizik: ne započinjati, crveno svjetlo** | **Umjereni rizik: oprez, žuto svjetlo** | **Nizak rizik: zeleno svjetlo** |
|---|---|---|
| ➢ Anoreksija nervosa i drugi ozbiljni poremećaji prehrane<br><br>➢ Drugi ozbiljna medicinska stanja (psihološka i somatska) povezana s energetskim deficitom<br>➢ Ekstremni načini gubitka tjelesne težine koji vode do dehidracije i, posljedično, hemodinamske nestabilnosti i drugih, po život opasnih, stanja | ➢ Ekstremno nizak % tjelesne masti izmjeren denzitometrijom ili antropometrijom, kroz duži period<br><br>➢ Velik gubitak tjelesne težine (5 – 10% tjelesne mase u 1 mjesecu)<br><br>➢ Smanjenje očekivanog rasta i razvoja adolescentnog sportaša<br><br>➢ FHA amenoreja > 6mj.<br><br>➢ Menarha > 16 godina<br><br>➢ Abnormalan hormonalni profil u muškaraca<br>➢ Smanjen BMD<br>➢ Anamneza 1 ili više stres fraktura povezane s hormonalnom/menstrualnom disfunkcijom i/ili niskom dostupnosti energije<br>➢ Sportaši s psihičkim komplikacijama povezanim s niskom dostupnosti energije/poremećajem prehrane – EKG abnormalnostima – Abnormalnim laboratorijskim nalazima<br><br>➢ Deficit energije kroz duži period vremena<br><br>➢ Poremećaj prehrane koji negativno utječe na druge članove tima<br><br>➢ Non – compliance ili neodgovarajući odgovor na terapiju | ➢ Zdrave navike hranjenja s odgovarajućom dostupnosti energije<br><br>➢ Normalna hormonalna i metabolička funkcija<br><br>➢ BMD normalna s obzirom na sport, dob i etnicitet<br><br>➢ Zdravi muskuloskeletni sustav |

Tablica 2. Model procjene povratka u sport. Prilagođeno prema Skårderud et al, 2012 (107).

| **Visoki rizik – crveno svjetlo** | **Umjereni rizik – žuto svjetlo** | **Niski rizik – zeleno svjetlo** |
|---|---|---|
| ➢ Nema natjecanja<br>➢ Nadgledani trening dopušten kada je medicinski odobren i prilagođen<br>➢ Korištenje pisanog ugovora | ➢ Može se natjecati kad je to medicinski odobreno I pod nadzorom<br>➢ Može trenirati sve dok slijedi terapijski plan | ➢ Potpuno sudjelovanje u sportu |

## 7. ZAKLJUČAK

Sportaši često imaju suptilne, subkliničke simptome niske raspoloživosti energije. Dugoročni učinci energetskog nedostatka mogu biti iscrpljujući i potencijalno nepovratni, iako se, ako se rano dijagnosticiraju, mogu spriječiti. Znanstvenici se slažu da je temeljni faktor koji dovodi do ovog složenog kliničkog sindroma niska raspoloživost energije. Od objave konsenzusa Međunarodnog olimpijskog odbora o RED-u 2014. godine o RED -S, bilo je mnogo znanstvenih dostignuća kako bi se poboljšalo naše razumijevanje učinaka niske dostupnosti energije i zdravlja na sportaše i sportašice. Za rješavanje preostalih nedostataka, autori konsenzusa Međunarodnog olimpijskog odbora o RED-S potiču daljnju znanstvenu aktivnost na tom području. S obzirom na to da ne postoji praktično sredstvo za mjerenje raspoloživosti energije potrebno je razviti metodologije za pregled i identificiranje sportaša koji su izloženi riziku od RED-S, koji je i znanstveno potvrđen i relevantan i primjenjiv u kliničkoj sportskoj praksi. Također, potrebno je kroz obrazovne inicijative za sportaše, trenere, članove pratnje i sportske organizacije razviti svijest o RED – S. Usprkos napretku znanja na području RED – Sa kod muških sportaša i dalje ostaje praznina u razumijevanju RED-S u specifičnim sportovima s različitim zahtjevima za energijom, kriterijima izvedbe, etničkim i kulturnim perspektivama. Još se mnogo toga može naučiti o psihološkim i fiziološkim zdravstvenim rizicima i dugoročnim posljedicama RED-S kod svih sportaša, osobito muških sportaša, sportaša s invaliditetom i sportaša različitih rasa. Također, potrebno je dalje razvijati praktične smjernice za liječenje i siguran povratak u igru za sportaše s RED-S kako bi se poboljšalo zdravlje i uspješnost sportaša. Nastavak napretka korištenjem istraživačkih praksi kako bi se poboljšalo naše znanje i razumijevanje energetskog nedostatka i povezanih zdravstvenih posljedica pomoći će u razvoju učinkovitijih strategija prevencije, ranog otkrivanja i liječenja. To će omogućiti sportašima svih demografskih obilježja da uživaju u tjelovježbi, uz održavanje dobrog zdravlja i maksimiziranja svoje sportske izvedbe.

## 8. ZAHVALE

Za početak, zahvaljujem se svom mentoru doc.dr.sc. Milanu Miloševiću na pomoći, konstruktivnim savjetima i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Najveće hvala mom najvećem uzoru, mojoj mami Lili koja je, puna strpljena i ljubavi, u svakom trenutku dana i noći bila tu za mene sa savjetom i riječima podrške, koja me naučila kako se nositi sa svim problemima koji mi se nađu na putu, koja je uvijek vjerovala u mene i koja mi je, svojim primjerom, pokazala kakva osoba želim biti. Danas ne bih bila tu gdje jesam da nje nema. Puno hvala mojoj baki Mariji na toplini, ljubavi i pažnji, na svakom pripremljenom ručku nakon zahtjevnog dana i cvijetu koji bi mi uljepšao dan. Hvala mom djedu Mani na vikendima punim ljubavi i smijeha, na trudu koji je uložio u svaki obrok koji mi je pripremio i na najfinijem voću koje se potrudio, za mene, pronaći.

Hvala mojim dragim kolegama, mojoj D grupi, uz koje mi je ovo studiranje bilo ljepše i zabavnije. Hvala mojoj kolegici i prijateljici Anji koja je uvijek spremna pomoći i odgovoriti na svako moje pitanje, pa i ono najgluplje. Hvala mojoj Ani, mojoj mentorici, mom suputniku na putovanjima, na svim savjetima, pomoći, strpljenju, kako vezano za fakultet, tako i za život. Veliko hvala mojoj podršci Denisu, koji je sa mnom prolazio kroz ovaj fakultet, s kojim je učenje bilo lakše, a problemi manji. Hvala na trudu koji ulažeš u sve što mi treba i hvala što si mi pomogao shvatiti što zahtijeva moj trud, a što ne.

## 9. POPIS LITERATURE


1. Rose F. Female fertility and the body fat connection. N Engl J Med. 2002;99(1):133–4.

2. International Olympic Committee. Factsheet: Women in the Olympic Movement. Int olympic Comm. 2016;(January):1–5.

3. Slater J, Brown R, McLay-Cooke R, Black K. Low Energy Availability in Exercising Women: Historical Perspectives and Future Directions. Sport Med. 2017;47(2):207–20.

4. Malina, R.M.; Spirduso, W.W.; Tate, C.; Baylor AM. Age at menarche and selected menstrual characteristics in athletes at different competitive levels and in different sports. Med Sci Sport. 1978;10(3):218–22.

5. Kimberly K. Yeager, Rosemary Agostini, Ausrelia Nattiv BD. The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. MSSE; 1993. p. 775–7.

6. Castelo-Branco C, Pons F, Martínez De Osaba MJ, Garrido J, Fortuny A. Menstrual history as a determinant of current bone density in young hirsute women. Metabolism. 1996;45(4):515–8.

7. J. Warren B, L. Stanton A, L. Blessing D. Disordered eating patterns in competitive female athletes. Int J Eat Disord. 1990;9(5):565–9.

8. Pasman L, Thompson JK. Body image and eating disturbance in obligatory runners, obligatory weightlifters, and sedentary individuals. Int J Eat Disord. 1988;7(6):759–69.

9. Johnson C, Powers PS, Dick R. Athletes and eating disorders: The National Collegiate Athletic Association study. Int J Eat Disord. 1999;26(2):179–88.

10. M.J. DS, B.E. M, A.B. L, A.A. L, L.S. P, C.G. C, et al. High frequency of luteal phase deficiency and anovulation in recreational women runners: Blunted elevation in follicle-stimulating hormone observed during luteal-follicular transition. J Clin Endocrinol Metab. 1998;83(12):4220–32.

11. Loucks AB, Mortola JF, Girton L. Alterations in the Hypothalamic-Pituitary-Ovarian and. 2015;68(2):402–11.

12. Rencken ML, Chesnut CH, Drinkwater BL. Bone density at multiple skeletal sites in amenorrheic athletes. J Am Med Assoc. 1996;276(3):238–40.

13. Loucks AB, Callister R. Induction and prevention of low-T3 syndrome in exercising women. Am J Physiol Integr Comp Physiol. 2017;264(5):R924–30.

14. Loucks AB, Verdun M, Heath EM. Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. J Appl Physiol. 2017;84(1):37–46.

15. Loucks, Anne B; Heath EM. Dietary Restriction Reduces Luteinizing Hormone (LH) Pulse Frequency during Waking Hours and Increases LH Pulse Amplitude during Sleep in Young Menstruating Women. J Clin Child Adolesc Psychol. 1994;78(4):910–5.

16. Drinkwater BL, Nilson K, Ott S, Chesnut CH. Bone Mineral Density After Resumption of Menses in Amenorrheic Athletes. JAMA J Am Med Assoc. 1986;256(3):380–2.

17. Matzkin E, Paci GM. The female athlete triad. Musculoskelet Heal Women. 2014;1–13.

18. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, et al. The IOC consensus statement: Beyond the Female Athlete Triad-Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). Br J Sports Med. 2014;48(7):491–7.

19. Loucks AB. Energy balance and body composition in sports and exercise. J Sports Sci. 2004;22(1):1–14.

20. Williams NI, Leidy HJ, Hill BR, Lieberman JL, Legro RS, Souza MJ De. Magnitude of daily energy deficit predicts frequency but not severity of menstrual disturbances associated with exercise and caloric restriction. Am J Physiol Metab. 2014;308(1):E29–39.

21. Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. J Sports Sci. 2011;29(3).

22. Melin A, Tornberg ÅB, Skouby S, Faber J, Ritz C, Sjödin A, et al. The LEAF questionnaire: A screening tool for the identification of female athletes at risk for the female athlete triad. Br J Sports Med. 2014;48(7):540–5.

23. Burke LM, Lundy B, Fahrenholtz IL, Melin AK. Pitfalls of Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;28(4):350–63.

24. Cialdella-Kam L, Guebels CP, Maddalozzo GF, Manore MM. Dietary intervention restored menses in female athletes with exercise-associated menstrual dysfunction with limited impact on bone and muscle health. Nutrients. 2014;6(8):3018–39.

25. Aparicio-Ugarriza R, Mielgo-Ayuso J, Benito PJ, Pedrero-Chamizo R, Ara I, González-Gross M. Physical activity assessment in the general population; instrumental methods and new technologies. Nutr Hosp. 2015;31:219–26.

26. Pinheiro Volp AC, Esteves de Oliveira FC, Duarte Moreira Alves R, Esteves EA, Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. Nutr Hosp. 2011;26(3):430–40.

27. Westerterp KR. Measurement of energy expenditure. Transl Res Methods Diabetes, Obes Cardiometabolic Drug Dev. 2015;8:169–87.

28. Gaskins AJ, Mumford SL, Zhang C, Wactawski-Wende J, Hovey KM, Whitcomb BW, et al. Effect of daily fiber intake on reproductive function: The BioCycle Study. Am J Clin Nutr. 2009;90(4):1061–9.

29. Barron E, Cano Sokoloff N, N Maffazioli GD, Ackerman KE, Woolley R, Holmes TM, et al. A High Fiber and Vegetable Protein Diet is Associated with Low Lumbar Bone Mineral Density in Young Oligo-amenorrheic Athletes [Pediatric Endocrinologist and Principal Investigator]. J Acad Nutr Diet. 2016;116(3):481–9.

30. Stellingwerff T, Bergland D, Burke LM, Mero AA, Heikura IA, Uusitalo ALT. Low Energy Availability Is Difficult to Assess but Outcomes Have Large Impact on Bone Injury Rates in Elite Distance Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2017;28(4):403–11.

31. Barrack MT, Fredericson M, Tenforde AS, Nattiv A. Evidence of a cumulative effect for risk factors predicting low bone mass among male adolescent athletes. Br J Sports Med. 2017;51(3):200–5.

32. Tenforde AS, Barrack MT, Nattiv A, Fredericson M. Parallels with the Female Athlete Triad in Male Athletes. Sport Med. 2016;46(2):171–82.

33. Wilson G, Hawken MB, Poole I, Sparks A, Bennett S, Drust B, et al. Rapid weight-loss impairs simulated riding performance and strength in jockeys: implications for making-weight. J Sports Sci. 2014;32(4):383–91.

34. Close GL, Mooses M, Tenforde AS, Morton JP, Burke LM, Lundy B. Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;28(4):364–74.

35. Close GL, Mooses M, Tenforde AS, Morton JP, Burke LM, Lundy B. Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;364–74.

36. Loucks AB. Low energy availability in the marathon and other endurance sports. Sport Med. 2007;37(4/5):348–52.

37. Rhea DJ. Eating disorder behaviors of ethnically diverse urban female adolescent athletes and non-athletes. J Adolesc. 1999;22(3):379–88.

38. Lappe JM, Stegman MR, Recker RR. The impact of lifestyle factors on stress fractures in female army recruits. Osteoporos Int. 2001;12(1):35–42.

39. Tam N, Santos-Concejero J, Tucker R, Lamberts RP, Micklesfield LK. Bone health in elite Kenyan runners. J Sports Sci. 2018;36(4):456–61.

40. Muia EN, Wright HH, Onywera VO, Kuria EN. Adolescent elite Kenyan runners are at risk for energy deficiency, menstrual dysfunction and disordered eating. J Sports Sci. 2016;34(7):598–606.

41. Quah YV, Poh BK, Ng LO, Noor MI. The female athlete triad among elite Malaysian athletes: prevalence and associated factors. Asia Pac J Clin Nutr.

2009;18(2):200–8.

42. Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Aspects of disordered eating continuum in elite high-intensity sports. Scand J Med Sci Sport. 2010;20(2):112–21.

43. Sundgot-Borgen J, Meyer NL, Lohman TG, Ackland TR, Maughan RJ, Stewart AD, et al. How to minimise the health risks to athletes who compete in weight-sensitive sports review and position statement on behalf of the Ad Hoc Research Working Group on Body Composition, Health and Performance, under the auspices of the IOC Medical Commission. Br J Sports Med. 2013;47(16):1012–22.

44. Stice E, South K, Shaw H. Future Directions in Etiologic, Prevention, and Treatment Research for Eating Disorders. J Clin Child Adolesc Psychol. 2012;41(6):845–55.

45. Arthur-Cameselle J, Sossin K, Quatromoni P. A qualitative analysis of factors related to eating disorder onset in female collegiate athletes and non-athletes. Eat Disord. 2017;25(3):199–215.

46. Martinsen M, Bratland-Sanda S, Eriksson AK, Sundgot-Borgen J. Dieting to win or to be thin? A study of dieting and disordered eating among adolescent elite athletes and non-athlete controls. Br J Sports Med. 2010;44(1):70–6.

47. Shanmugam V, Jowett S, Meyer C. Interpersonal difficulties as a risk factor for athletes' eating psychopathology. Scand J Med Sci Sport. 2014;24(2):469–76.

48. Redman LM, Loucks AB. Menstrual disorders in athletes. Sport Med. 2005;35(9):747–55.

49. Gordon CM, Ackerman KE, Berga SL, Kaplan JR, Mastorakos G, Misra M, et al. Functional hypothalamic amenorrhea: An endocrine society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2017;102(5):1413–39.

50. ABRAHAM SF, BEUMONT PJV, FRASER IS, LLEWELLYN- JONES D. Body weight, exercise and menstrual status among ballet dancers in training. BJOG An Int J Obstet Gynaecol. 1982;89(7):507–10.

51. Dusek T. Influence of high intensity training on menstrual cycle disorders in

athletes. Croat Med J. 2001;42(1):79–82.

52. Beals KA, Manore MM. Disorders of the Female Athlete Triad among Collegiate Athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2016;12(3):281–93.

53. De Souza MJ, Toombs RJ, Scheid JL, O'Donnell E, West SL, Williams NI. High prevalence of subtle and severe menstrual disturbances in exercising women: Confirmation using daily hormone measures. Hum Reprod. 2010;25(2):491–503.

54. Sonntag B, Ludwig M. An integrated view on the luteal phase: Diagnosis and treatment in subfertility. Clin Endocrinol (Oxf). 2012;77(4):500–7.

55. Wade GN, Jones JE. Neuroendocrinology of nutritional infertility. Am J Physiol Integr Comp Physiol. 2004;287(6):1277–96.

56. Papageorgiou M, Dolan E, Elliott-Sale KJ, Sale C. Reduced energy availability: implications for bone health in physically active populations. Eur J Nutr. 2018;57(3):847–59.

57. Fuqua JS, Rogol AD. Neuroendocrine alterations in the exercising human: Implications for energy homeostasis. Metabolism. 2013;62(7):911–21.

58. Ihle R, Loucks AB. Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. J Bone Miner Res. 2004;19(8):1231–40.

59. Lambrinoudaki I, Papadimitriou D. Pathophysiology of bone loss in the female athlete. Ann N Y Acad Sci. 2010;1205:45–50.

60. McCabe MP, Smyth MP, Richardson DR. Current Concept Review: Vitamin D and Stress Fractures. Foot Ankle Int. 2012;33(6):526–33.

61. Goolsby MA, Barrack MT, Nattiv A. A Displaced Femoral Neck Stress Fracture in an Amenorrheic Adolescent Female Runner. Sports Health. 2012;4(4):352–6.

62. Thein-Nissenbaum JM, Rauh MJ, Carr KE, Loud KJ, McGuine TA. Associations Between Disordered Eating, Menstrual Dysfunction, and Musculoskeletal Injury Among High School Athletes. J Orthop Sport Phys Ther. 2011;41(2):60–9.

63. Logue D, Madigan SM, Delahunt E, Heinen M, Mc Donnell SJ, Corish CA. Low Energy Availability in Athletes: A Review of Prevalence, Dietary Patterns, Physiological Health, and Sports Performance. Sport Med. 2018;48(1):73–96.

64. MacConnie SE, Barkan A, Lampman RM et al. Decreased hypothalamic gonadotropin-releasing hormone secretion in male marathon runners. N Engl J Med. 1986;315(7):280–4.

65. Melin A, Tornberg B, Skouby S, Møller SS, Sundgot-Borgen J, Faber J, et al. Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. Scand J Med Sci Sport. 2015;25(5):610–22.

66. Koehler K, De Souza MJ, Williams NI. Less-than-expected weight loss in normal-weight women undergoing caloric restriction and exercise is accompanied by preservation of fat-free mass and metabolic adaptations. Eur J Clin Nutr. 2017;71(3):365–71.

67. Petkus DL, Murray-Kolb LE, De Souza MJ. The Unexplored Crossroads of the Female Athlete Triad and Iron Deficiency: A Narrative Review. Sport Med. 2017;47(9):1721–37.

68. Laughlin G A YSCC. Nutritional and endocrine metabolic aberrations in amenorrheic athletes. J Clin Endocrinol Metab. 1996;81(12):4301–9.

69. Spaulding-Barclay MA, Stern J, Mehler PS. Cardiac changes in anorexia nervosa. Cardiol Young. 2016;26(4):623–8.

70. Hoch AZ, Jurva JW, Staton M a, Thielke R, Hoffmann RG, Pajewski N, et al. Athletic amenorrhea and endothelial dysfunction. WMJ. 2007;106(6):301–6.

71. Norris ML, Harrison ME, Isserlin L, Robinson A, Feder S, Sampson M. Gastrointestinal complications associated with anorexia nervosa: A systematic review. Int J Eat Disord. 2016;49(3):216–37.

72. Ackerman KE, Holtzman B, Cooper KM, Flynn EF, Bruinvels G, Tenforde AS, et al. Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of Relative Energy Deficiency in Sport. Br J Sports Med. 2018;1–6.

73. Shimizu K, Suzuki N, Nakamura M, Aizawa K, Imai T, Suzuki S, Nobuhiko E, Hanaoka Y, Nakao K, Suzuki N, Mesaki N, Kono I AT. Mucosal immune function comparison between amenorrheic and eumenorrheic distance runners. J Strength Cond Res. 2012;26(5):1402–6.

74. Drew MK, Vlahovich N, Hughes D, Appaneal R, Peterson K, Burke L, et al. A multifactorial evaluation of illness risk factors in athletes preparing for the Summer Olympic Games. J Sci Med Sport. 2017;20(8):745–50.

75. De Souza MJ, Hontscharuk R, Olmsted M, Kerr G, Williams NI. Drive for thinness score is a proxy indicator of energy deficiency in exercising women. Appetite. 2007;48(3):359–67.

76. Marcus MD, Loucks TL, Berga SL. Psychological correlates of functional hypothalamic amenorrhea. Fertil Steril. 2001;76(2):310–6.

77. Petrie T, Galli N, Greenleaf C, Reel J, Carter J. Psychosocial correlates of bulimic symptomatology among male athletes. Psychol Sport Exerc. 2014;15(6):680–7.

78. Fagerberg P. Negative consequences of low energy availability in natural male bodybuilding: A review. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2018;28(4):385–402.

79. Rauh MJ, Nichols JF, Barrack MT. Relationships Among Injury and Disordered Eating , Menstrual Dysfunction , and Low Bone Mineral Density in High School Athletes. J Athl Train. 2010;45(3):243–52.

80. El Ghoch M, Soave F, Calugi S, Dalle Grave R. Eating disorders, physical fitness and sport performance: A systematic review. Nutrients. 2013;5(12):5140–60.

81. Silva MRG, Paiva T. Poor precompetitive sleep habits, nutrients' deficiencies, inappropriate body composition and athletic performance in elite gymnasts. Eur J Sport Sci. 2016;16(6):726–35.

82. Tornberg ÅB, Melin A, Koivula FM, Johansson A, Skouby S, Faber J, et al. Reduced Neuromuscular Performance in Amenorrheic Elite Endurance Athletes. Vol. 49, Medicine and Science in Sports and Exercise. 2017. 2478–2485 p.

83. Woods AL, Garvican-Lewis LA, Lundy B, Rice AJ, Thompson KG. New

approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. PLoS One. 2017;12(3):1–17.

84. Brown KN, Wengreen HJ, Beals KA. Knowledge of the female athlete triad, and prevalence of triad risk factors among female high school athletes and their coaches. J Pediatr Adolesc Gynecol. 2014;27(5):278–82.

85. Curry EJ, Logan C, Ackerman K, McInnis KC, Matzkin EG. Female Athlete Triad Awareness Among Multispecialty Physicians. Sport Med - Open. 2015;1(1):1–7.

86. Miller, Stephanie; Kukuljan, Sonja; Turner, Anne; Ducher G. Energy deficiency, menstrual disturbances, and low bone mass: What do exercising Australian women know about the female athlete triad? Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2012;22(2):131–8.

87. Mountjoy M, Costa A, Budgett R, Dvorak J, Engebretsen L, Miller S, et al. Health promotion through sport: International sport federations' priorities, actions and opportunities. Br J Sports Med. 2018;52(1):54–60.

88. de Bruin AP. Athletes with eating disorder symptomatology, a specific population with specific needs. Curr Opin Psychol. 2017;16:148–53.

89. Plateau CR, McDermott HJ, Arcelus J, Meyer C. Identifying and preventing disordered eating among athletes: Perceptions of track and field coaches. Psychol Sport Exerc. 2014;15(6):721–8.

90. Mountjoy M, Sundgot-Borgen J, Burke L, Carter S, Constantini N, Lebrun C, et al. Relative energy deficiency in sport (RED-S) clinical assessment tool (CAT). Br J Sports Med. 2015;49(7):421–3.

91. Burke LM, Cox GR, Cummings NK, Desbrow B. Guidelines for Daily Carbohydrate Intake. Sport Med. 2006;31(4):267–99.

92. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport: Review and position statement on behalf of the Ad Hoc research working group on body composition health and performance, under the auspices of the I.O.C. medical commission. Sport Med. 2012;42(3):227–49.

93. Martinsen M, Holme I, Pensgaard AM, Torstveit MK, Sundgot-Borgen J. The development of the brief eating disorder in athletes questionnaire. Med Sci Sports Exerc. 2014;46(8):1666–75.

94. Fairburn C, Cooper Z CM. Eating Disorder Examination (16.0D). Fairburn. 2008;0–49.

95. Javed A, Tebben PJ, Fischer PR, Lteif AN. Female athlete triad and its components: Toward improved screening and management. Mayo Clin Proc. 2013;88(9):996–1009.

96. Dueck CA, Matt KS, Manore MM, Skinner JS. Treatment of Athletic Amenorrhea with a Diet and Training Intervention Program. Int J Sport Nutr. 2016;6(1):24–40.

97. Berga SL, Loucks TL. Use of cognitive behavior therapy for functional hypothalamic amenorrhea. Ann N Y Acad Sci. 2006;1092:114–29.

98. Arends JC, Cheung MYC, Barrack MT, Nattiv A. Restoration of menses with nonpharmacologic therapy in college athletes with menstrual disturbances: A 5-year retrospective study. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2012;22(2):98–108.

99. Kaunitz AM, Arias R, McClung M. Bone density recovery after depot medroxyprogesterone acetate injectable contraception use. Contraception. 2008;77(2):67–76.

100. Hartard M, Kleinmond C, Wiseman M, Weissenbacher ER, Felsenberg D, Erben RG. Detrimental effect of oral contraceptives on parameters of bone mass and geometry in a cohort of 248 young women. Bone. 2007;40(2):444–50.

101. Vanheest JL, Rodgers CD, Mahoney CE, De Souza MJ. Ovarian suppression impairs sport performance in junior elite female swimmers. Med Sci Sports Exerc. 2014;46(1):156–66.

102. Holick MF, Binkley NC, Bischoff-Ferrari HA, Gordon CM, Hanley DA, Heaney RP, et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An endocrine society clinical practice guideline. J Clin Endocrinol Metab. 2011;96(7):1911–30.

103. Scheid JL, Toombs RJ, Ducher G, Gibbs JC, Williams NI, De Souza MJ.

Estrogen and peptide YY are associated with bone mineral density in premenopausal exercising women. Bone. 2011;49(2):194–201.

104. Eriksen EF, Halse J, Moen MH. New developments in the treatment of osteoporosis. Acta Obstet Gynecol Scand. 2013;92(6):620–36.

105. Ebeling PR. Osteoporosis in Men. N Engl J Med. 2008;1474–82.

106. Mitchell JE, Roerig J, Steffen K. Biological Therapies for Eating Disorders Pharmacotherapy of Bulimia Nervosa HHS Public Access. Int J Eat Disord. 2013;46(5):470–7.

107. Skårderud F, Fladvad T, Holmlund H, Garthe I, Engebretsen L. Den dårlig ernærte idrettsutøveren - retningslinjer for tiltak. Tidsskr den Nor Laegeforening. 2012;132(17):1944.

## 10. ŽIVOTOPIS

Rođena sam i odrasla u Zagrebu. Pohađala sam osnovnu školu Oton Iveković gdje sam vodila školski časopis Oton. 2009. godine upisala sam II. opću gimnaziju u Zagrebu koju sam završila 2013. godine s odličnim uspjehom. Predstavljala sam gimnaziju na županijskom natjecanju iz biologije. Sudjelovala sam u razmjeni učenika u Njemačkoj u sklopu DSD nastave.

2013.godine upisala sam Medicinski fakultet u Zagrebu. U sklopu fakulteta vodila sam edukaciju o HPV cijepljenju u srednjim školama. Aktivna sam članica udruge studenata medicine CroMSIC.

Od osnovne škole učim engleski jezik, a položila sam FCE ispit. Njemački također učim od osnovne škole te sam položila DSD. Aktivno se služim i talijanskim jezikom.

Veći dio života sam se aktivno bavila sportom (tenis, rukomet, ples i skijanje), od čega sam najdulje (12 godina) trenirala plivanje.