

Unos proteina hranom i dodacima prehrani: količina, kvaliteta i raspored dnevnog unosa kod CrossFit natjecatelja

Tomljanović, Marta

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:456240>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International](#)/[Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-14**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam

Marta Tomljanović

7395/N

**UNOS PROTEINA HRANOM I DODACIMA
PREHRANI: KOLIČINA, KVALITETA I
RASPORED DNEVNOG UNOSA KOD
CROSSFIT NATJECATELJA
ZAVRŠNI RAD**

Predmet: Prehrana sportaša i vojnika

Mentor: prof.dr.sc. Zvonimir Šatalić

Zagreb, 2020.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda

Laboratorij za znanost o prehrani

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Nutricionizam

Unos proteina hranom i dodacima prehrani: količina, kvaliteta i raspored dnevnog unosa kod CrossFit natjecatelja
Marta Tomljanović, 0058210588

Sažetak: Cilj istraživanja bio je utvrditi unos proteina, njihovu kvalitetu i vrijeme unosa kod CrossFit natjecatelja. U ispitivanju je sudjelovalo 6 natjecatelja prosječne dobi 33 godine koji se bave CrossFit-om dulje od 6 mjeseci te su proveli jednodnevni dnevnik prehrane uz vaganje na dan kada su i trenirali. Preporučeni unos proteina za CrossFit se ekstrapolira iz preporuka za sportove snage i jakosti i iznosi 1,2-2,0 g/kg, a među ispitanicima je uočen raspon unosa od 1,35 do 2,5 g/kg. Ispitanici pretežno konzumiraju proteine životinjskog podrijetla koji čine 55-95% ukupnog dnevnog unosa proteina. Unos proteina manji je u jutarnjim satima (15% ukupnog unosa), a veći u popodnevnim satima, osobito za ručak (35,5%), što se slaže i s dnevnim rasporedom treninga koji se pretežno odvijaju navečer. Od ukupno 6 ispitanika, njih 5 konzumira namirnice dodatno obogaćene proteinima (proteinske čokoladice, proteinsko mlijeko) ili proteinske suplemente (proteine sirutke) i njihov unos iznosi 10-30% ukupnog proteinskog unosa. Hrana ili dodaci prehrani bogati proteinima konzumirani su 1 h prije ili unutar 1 h nakon treninga CrossFit-a.

Ključne riječi: CrossFit, prehrana, proteini, proteinski suplementi

Rad sadrži: 31 stranicu, 7 slika, 7 tablica, 44 literaturna navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: *prof. dr. sc. Zvonimir Šatalić*

Datum predaje: 1. rujna, 2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
University undergraduate study Nutrition
Department of Food Quality Control
Laboratory for Nutrition Science
Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Nutrition

**Food and supplement protein intake: quantity, quality and timing of intake in
CrossFit athletes**

Marta Tomljanović, 0058210588

Abstract: The purpose of the presented study was to determinate protein intake, quality of those proteins and time frame in which they were taken. Six who participated (aged 33 years) have been training CrossFit for more than 6 months. To determinate protein intake, athletes conducted one-day food diary and have weighted their food on training days. Protein intake recommendations for CrossFit are non-existing, so we use general recommendations for strenght sports which are 1,2-2,0 g/kg. Intake in our athletes varies from 1.35 to 2.5 g/kg body mass. Animal based proteins are more consumed than plant based proteins, and they make 55-95% of daily protein intake. Protein intake is lower in mornings (15% of daily intake) and bigger in the afternoon, especially for lunch (35,5%), which collides with the fact that training is mostly in the evening. Five out of six athletes consume food with added proteins (protein bars, milk with added protein) or protein supplements (whey) and they make 10-30% of daily protein intake. Food rich with protein is usually consumed 1 hour before or within 1 hour after CrossFit workout.

Keywords: CrossFit, nutrition, protein, protein supplements

Thesis contains: 31 page, 7 figures, 7 tables, 44 references

Original in: Croatian

Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb

Mentor: *PhD. Zvonimir Šatalić*, Full Professor

Thesis delivered: September 1st, 2020.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 2 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 3 |
| 2.1. CrossFit | 3 |
| 2.1.1. Natjecanja u CrossFit-u | 4 |
| 2.1.2. CrossFit treneri i njihovo znanje o prehrani | 5 |
| 2.1.3. Službene prehrambene preporuke za CrossFit natjecatelje..... | 5 |
| 2.2. Prehrambene preporuke za sportove snage | 6 |
| 2.3. Proteini | 7 |
| 2.3.1. Preporuke za unos proteina | 8 |
| 2.3.2. Kvaliteta proteina | 8 |
| 2.3.3. Proteini sirutke | 9 |
| 2.3.4. Proteini i mišićna hipertrofija..... | 10 |
| 2.3.5. Vrijeme uzimanja proteina..... | 11 |
| 2.3.6. Proteini i oporavak..... | 13 |
| 2.3.7. Proteinski suplementi i CrossFit..... | 14 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 16 |
| 3.1. Ispitanici | 16 |
| 3.2. Metode rada | 17 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA..... | 17 |
| 5. ZAKLJUČAK | 27 |
| 5. POPIS LITERATURE | 28 |

1. UVOD

CrossFit je fitnes režim dizajniran za razvoj kondicije i snage. Sastoji se od visoko intenzivnih, kratko ponavljajućih vježbi čiji je cilj stvoriti „najspremnije muškarce i žene na Zemlji“ poboljšavajući njihovu snagu, mobilnost, izdržljivost, brzinu, jakost, koordinaciju, ravnotežu i agilnost (Marshall, 2015).

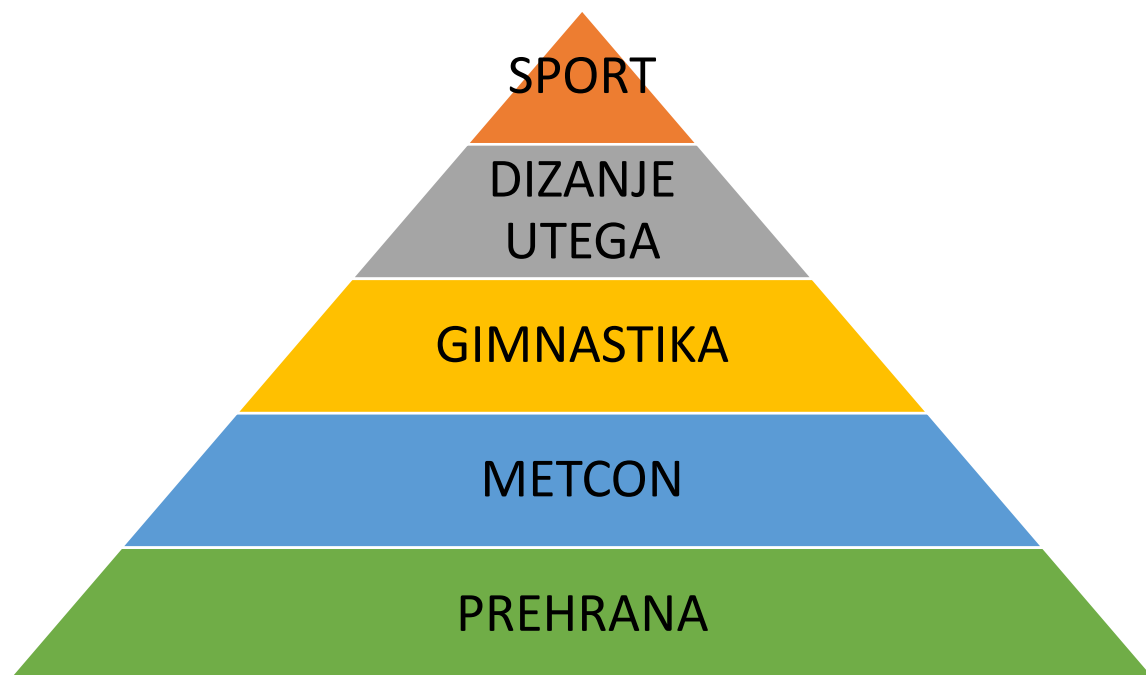
Osnivač CrossFit-a je Greg Glassman, bivši gimnastičar koji osniva prvu CrossFit teretanu s ciljem optimiziranja svoje izvedbe kombinirajući funkcionalni trening snage s komponentama gimnastike, kružnog treninga i vježba izdržljivosti. Iz prve teretane brzo se proširila vijest o novom načinu treninga koja je privukla raznu populaciju, od vojnika, do bankara i domaćica te je 2000. godine osnovan CrossFit Inc., matična baza svih CrossFit centara. U svijetu postoji više od 13 000 teretana u 120 država. U Hrvatskoj postoji 10 službenih CrossFit centara, koji imaju doznaku od CrossFit Inc. i pravo korištenja imena i loga.

Prehrana igra sve veću ulogu u sportu, ali i u rekreaciji. CrossFit je relativno mlad sport te su istraživanja provedena na temu prehrane limitirana i bazirana na anegdotama, pa se preporuke ekstrapoliraju iz sportova gdje je najviše poklapanja s obzirom na karakteristike. Preporuke za količinu i vrijeme unosa proteina uzimamo iz općenitih preporuka za sportove snage i jakosti. Postoji tek nekoliko istraživanja o važnosti proteina i proteinskih suplemenata kod CrossFit natjecatelja. Iako su proteinski suplementi sve više korišteni kod sportaša i rekreativaca zbog benefita na tjelesnu kompoziciju i povećanje mišićne mase i snage, njihov značajan utjecaj na izvedbu u CrossFit-u je potrebno još istražiti. Kako su proteini prioritetni nutrijent u sportskoj prehrani CrossFit vježbača, cilj je ovog rada bio detaljnije upoznati unos proteina s obzirom na ključne karakteristike: vremenski raspored unosa, količina, kvaliteta i izvori.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. CrossFit

CrossFit je način vježbanja koji može biti okarakteriziran kao visoko intenzivni intervalni trening (HIIT) jer se sastoji od vježbi koje se ponavljaju određen broj puta u limitirajućem vremenu. Vježbe se izvode brzo i vrijeme odmora između vježbi je kratko. Periodizacija u CrossFit-u može omogućiti maksimalnu izdržljivost i intenzitet pa se preporuča trenirati tri dana i odmarati jedan dan. Treninzi su bazirani na metcon-u, takozvanom metaboličkom kondicioniranju, koji optimizira aerobni kapacitet, kardiovaskularno zdravlje i kompoziciju tijela (Murawska-Cialowicz i sur., 2015). Glavni dio treninga je WOD (workout of the day) koji ima svoja pravila i standarde te se bilježe rezultati vježbi na ploči. Filozofija CrossFit-a je prikazana u piramidi (slika 1.), gdje je prehrana baza napretka u sveukupnoj izvedbi. Ako postoji deficijencija u nekoj fazi piramide i ostale komponente su ugrožene (Glassman, 2002).



Slika 1. Teorijska hijerarhija napretka u CrossFit-u (modificirana po Glassman-u, 2002)

U CrossFit-u se koriste tri različita modela koja definiraju pogleda na fitnes. Prvi model se bazira na devet prepoznatih generalnih fizičkih vještina: kardiovaskularna izdržljivost, brzina, snaga, fleksibilnost, jakost, koordinacija, agilnost, ravnoteža i točnost. Pojedinaac je u formi onoliko koliko je sposoban u svakoj od 10 vještina. Poboljšanja u izdržljivosti, snazi i fleksibilnosti dolaze kroz trening (aktivnost koja poboljšava izvedbu kroz mjerljivu promjenu na tijelu), poboljšanja u koordinaciji, agilnosti, ravnoteži i ročnosti dolaze kroz vježbu (aktivnost koja poboljšava izvedbu kroz promjene u živčanom sustavu). Jakost i brzina su adaptacije i

treninga i vježbi. Drugi model se bazira na izvedbi vježbi, tj. da se spremnost može mjeriti izvođenjem zadataka, poznatih i nepoznatih, u raznim kombinacijama. Treći model se bazira na sustavima za dobivanje energije. Spremnost koju promovira CrossFit način života zahtijeva kompetenciju u sva tri modela i njihov balans (Marshall, 2015).

Filozofija CrossFit-a je pripremiti se za nepoznato. Treninzi su koncipirani tako da traju kratko i da su visokog intenziteta, npr. može biti kombinacija trčanja 800 m i dizanja utega, što daje kombinaciju aerobnih i anaerobnih komponenti (Ihatsu, 2018). Kao i drugi HIIT programi, CrossFit poboljšava muskulaturu, izdržljivost i VO_{2max} . U istraživanju provedenom 2013. godine, Babiash i sur. (2013) su uključili 16 zdravih i uvježbanih ispitanika u CrossFit zajednicu. Prošli su testiranja i zatim proveli dva WOD-a tijekom kojih im je mjerena potrošnja energije, brzina otkucaja srca i VO_{2max} . Babiash i sur. zaključuju da CrossFit povećava aerobni kapacitet više i učinkovitije nego tradicionalni aerobni treninzi te da u manje od 12 minuta treninga (ne računajući zagrijavanje i istežanje) ispitanici su potrošili prosječno 115,8 kalorija, što je iznimno motivirajuće, pogotovo uz popunjen dnevni raspored (Porcari i sur., 2013). Fealy i Nieuwoudt su proveli istraživanje o utjecaju visoko intenzivnog treninga u trajanju od 8 do 20 minuta (kao što je CrossFit WOD) na smanjenje inzulinske rezistencije kod ljudi s dijabetesom tipa 2. Istraživanje je pokazalo da je 13 pretilih ispitanika s dijabetesom tip 2 nakon 6 tjedana treniranja značajno smanjilo masnu masu, dijastolički tlak i lipide u krvi. Najvažnije, takav tip treninga je povećao inzulinsku osjetljivost što ukazuje na to da CrossFit može biti efektivniji u borbi s dijabetesom tipa 2 nego standardni aerobni programi treninga (Fealy i sur., 2018).

2.1.1. Natjecanja u CrossFit-u

Za CrossFit kažu da je sport koji stvara najspremnije muškarce i žene na svijetu i priprema ih za nepoznato. Svake godine se održavaju kvalifikacije za svjetsko prvenstvo, takozvane CrossFit Igre. Kvalifikacije su Otvoreno i Regionalno natjecanje, počinju u proljeće i traju pet tjedana, gdje svaki tjedan se radi novi WOD. Svatko se može priključiti natjecanju i objaviti svoje rezultate na stranicu. Najboljih 17 natjecatelja nastavlja put na Regionalno natjecanje i najbolji od najbolji se natječu na CrossFit Igrama na jesen u Sjedinjenim Američkim Državama (CrossFit Inc. 2017). Osim CrossFit Igara, službeni CrossFit centri organiziraju svoja natjecanja koja sličje nacionalnim natjecanjima. U Hrvatskoj postoji 10 službenih CrossFit Centara, tri se nalaze u Splitu, jedan u Varaždinu, četiri u Zagrebu, jedan u Karlovcu i jedan u Čakovcu koji organiziraju natjecanja među svojim članovima i šalju najspremnije na svjetska natjecanja.

2.1.2. CrossFit treneri i njihovo znanje o prehrani

CrossFit postaje sve utjecajniiji u fitness zajednici i raste mu broj članova i teretana iz dana u dan. Kako bi se zadovoljila ponuda i potražnja, sve je veći broj certificiranih CrossFit trenera. Zajednica CrossFit Inc. pruža tečajevе za četiri razine CrossFit trenera. CrossFit razine 1 (CF-L1) treneri moraju proći tečaj od 2 dana koji im pruža uvodne informacije o metodologiji, konceptu i pokretima u CrossFit-u, nakon kojeg polažu ispit koji moraju riješiti minimalno 70% za prolaz. Treneri razine 2 (CF-L2) moraju imati certifikat s razine 1, šest mjeseci rada u struci i položen seminar. CrossFit treneri razine 3 (CF-L3), uz položena prva dva seminara, moraju položiti službeni test Certified CrossFit Trainer (CCFT). Uz test, obvezni su odslušati seminar o prehrani u sportu. Posljednja razina (CF-L4) obuhvaća sve aspekte do sada uz pokazivanje svojih trenerskih vještina (CrossFit Inc.)

Jedna od ključnih stvari za uspjeh u sportu je pravilna prehrana. Vrijeme konzumacije, izbor namirnica i količina utječu na sportsku izvedbu. Postoje mnoga istraživanja koja procjenjuju znanja sportaša (od rekreativaca do vrhunskih sportaša) i trenera o prehrani u sportu i sva su pokazala neadekvatno znanje, osobito o temama poput kontrole težine i uzimanju suplemenata. Kada govorimo o CrossFit-u, treneri razina 1 i 2 (CF-L1 i CF-L2) nisu obvezni imati nikakvo znanje o prehrani, osim ono koje sami istražuju i informiraju se. Maxwell i sur. (2017) su proveli istraživanje o znanjima certificiranih CrossFit trenera o prehrani i koje savjete oni daju svojim vježbačima. Provedena je online anketa s četiri kategorije: percepcije o prehrani, kviz o osnovnom znanju o sportskoj prehrani, izvori korišteni za dobivanje informacija o prehrani i savjeti koje su rekli klijentima. Ukupno je 289 CrossFit trenera odgovorilo na anketu, većina njih CrossFit treneri razine 1 (221 trener), zatim treneri razine 2 (58 trenera) i treneri razine 3 (3 trenera). Zaključak istraživanja je taj da skoro svi treneri smatraju kako je prehrana vrlo važan aspekt u sportskoj izvedbi, a najviše znanja je pokazano u rubrici energetske potrebe i oporavak, dok je znanje o hidraciji i makronutrijentima nedovoljno. Najčešći izvor informacija je internet, dok su registrirani dijetetičari i nutricionisti na zadnjem mjestu po izvoru informacija gdje je više od četvrtine trenera izjavilo kako se nikad nije posavjetovalo s nutricionistom. Preporučeni obrasci prehrane su Paleo dijeta (40% trenera je preporuča) i Zonska dijeta (44% trenera je preporuča) (Maxwell i sur., 2017).

2.1.3. Službene prehrambene preporuke za CrossFit natjecatelje

CrossFit je fitness režim u fazi razvijanja i iz dana u dan broji sve više sportaša i rekreativaca. Ne postoji mnogo istraživanja koja su proučavala prehranu CrossFit natjecatelja, pa su službene preporuke po mnogočemu još uvijek nedovoljno razvijene. Veliku popularnost među CrossFit-erima su stekli Zonski i Paleo način prehrane. Preporuke za unos makronutrijenata se

izražavaju kao postotak dnevnog unosa energije (%kcal) (Stulnig, 2015), što suvremena sportska prehrana smatra opravdano neadekvatnim pristupom te je preporučeno izražavati makronutrijente u g/kg tjelesne mase. Zonski način prehrane sugerira na unos 40% energije ugljikohidratima, 30% energije proteinima i 30% energije mastima. U novijim smjernicama možemo vidjeti da je preporučeni unos proteina 1.8-2.2 g/kg tjelesne mase. Cilj je smanjiti unos energije bez osjećaja gladi, što omogućava visok unos proteina koji produžuju osjećaj sitosti. Također preporuča se unos polinezasićenih masti, a izbjegavanje zasićenih i omega-6-masnih kiselina (Sears i Bell, 2004). Zonska prehrana je poznata po tome što je protuupalna, tj uspješna je u reduciranju upale u tijelu te pomaže u povećanju osjetljivosti na inzulin kod dijabetesa tipa 2 (Stulnig, 2015). Paleo prehrana oponaša prehranu iz Kamenog doba, gdje se konzumira meso, riba, voće, povrće, jaja, a izbjegavaju se žitarice, mliječni proizvodi, rafinirani proizvodi, leguminoze i sol (Jönsson i sur., 2009; Masharani i sur., 2015). Do ograničenja u konzumaciji određene hrane dolazi iz pretpostavke da je moderna hrana uzrok raznih bolesti poput kardiovaskularnih bolesti i dijabetesa tip 2. U istraživanju o Paleo prehrani dokazan je pozitivan utjecaj na razinu glukoze u krvi kod dijabetesa tipa 2, poboljšana je osjetljivost na inzulin, smanjen rizik za kardiovaskularne bolesti, smanjen sistolički krvni tlak i primijećen je pad u tjelesnoj težini i indeksu tjelesne mase (Jönsson i sur., 2009).

2.2. Prehrambene preporuke za sportove snage

Kad pričamo o sportašima u sportovima snage i jakosti, oni slijede preporuke za proteine, ugljikohidrate i masti koje su veće od preporuka za neaktivne pojedince i rekreativce. Preporučeni dnevni unos proteina bi trebao varirati između 1,2-2,0 g/kg tjelesne mase (tablica 2.). Nema potrebe za unosom proteina većim od 2,0 g/kg tjelesne mase jer ljudsko tijelo ne može povećavati sintezu proteina u beskonačnost kao odgovor na povećan unos proteina. Preporučeni unos ugljikohidrata je 6-10 g/kg tjelesne mase za treninge umjerenog do visokog intenziteta kao što je CrossFit (tablica 3.). Unos proteina i ugljikohidrata izražavamo u jedinicama g makronutrijenta/kg tjelesne mase jer bi izračun s obzirom na energetske udio (npr. 10-35% kcal) dao nedovoljnu ili pretjeranu količinu proteina i ugljikohidrata. Preporuke za unos masti se izražavaju s obzirom na energetske unos i iznose 20-35% kcal/dan. Unos manji od 20% ili veći od 70% se ne preporuča jer nema koristan učinak na zdravlje ni sportske rezultate (Štalić, 2016).

Tablica 1. Preporuke za unos proteina (Burke, 2010)

| Skupina | g/kg tjelesne mase |
|---|---------------------------|
| Tjelesno neaktivne osobe | 0,8-1 |
| Vrhunski sportaš (izdržljivost) | 1,6 |
| Tjelesna aktivnost umjerenog intenziteta | 1,2 |
| Rekreativac (izdržljivost) | 0,8-1 |
| Nogomet i sportovi snage | 1,4-1,7 |
| Početak (snaga) | 1,5-1,7 |
| Ravnotežno stanje (snaga) | 1-1,2 |
| Žene | 10-20% manje od muškaraca |

Tablica 2. Preporuke za unos ugljikohidrata (Burke, 2010)

| Skupina | g/kg tjelesne mase |
|---|--------------------|
| Niski intenzitet, trening vještine, lak trening | 3-5 |
| Umjeren trening, veća tjelesna masa Umjeren trening, slijedenje redukcijske dijete | |
| Umjeren intenzitet Treniranje <1 h/dan | 5-7 |
| Trening izdržljivosti Umjeren do visok intenzitet, 1-3 h/dan | 6-10 |
| Umjeren do visok intenzitet, 4-5 h/dan | 8-12 |

2.3. Proteini

Proteini su esencijalni nutrijent za sve žive organizme. Sastoje se od aminokiselina povezanih peptidnim vezama. Slijed aminokiselina u proteinu određuje njegovu funkciju, pa tako imamo strukturne proteine (kolagen), enzime (probavni enzimi), kontraktilne proteine (aktin i miozin), hormone (inzulin, glukagon), transportne molekule (hemoglobin), imunoproteine (antitijela) te proteine koji služe za održavanje acidobazne ravnoteže (Štalić, 2016). U proteinima hrane i u ljudskom tijelu imamo 20 aminokiselina, od kojih je 9 esencijalnih (organizam ih ne može sintetizirati i potrebno ih je unositi hranom). Za sintezu proteina potrebno je imati sve aminokiseline na raspolaganju jer aminokiselina koje ima najmanje je limitirajući čimbenik u sintezi proteina, tj. ona diktira koliko će se proteina sintetizirati (kad nje ponestane nema više sinteze potrebnih proteina).

2.3.1. Preporuke za unos proteina

Preporuke za unos proteina potrebne za metaboličke adaptacije, oporavak i proteinsku sintezu kod sportaša variraju između 1,2-2,0 g/kg tjelesne mase. Unos proteina veći od 2,0 g/kg tjelesne mase može biti prisutan kratko vrijeme kod sportaša u intenzivnim treninzima (npr. pred natjecanje) ili kod redukcije energetske unosa (zbog težinskih kategorija u natjecanjima) jer proteini pružaju najveći osjećaj sitosti te njihovom povećanom konzumacijom smanjujemo sveukupni energetski unos. Potrebe za proteinima variraju s obzirom na status sportaša (iskusnijim sportašima je potrebno manje proteina), s obzirom na vrstu treninga, na dostupnost ugljikohidrata i na dostupnost energije. Unos energije koji odgovara potrebama sportaša automatski odgovara i s unosom ugljikohidrata što dovodi do štednje proteina za proteinsku sintezu, a ne za oksidaciju za dobivanje energije. Kod energetske restrikcije preporuča se unos proteina 2,0 g/kg tjelesne mase i više kako bi se spriječio gubitak nemasne mase (Communications, 2016).

2.3.2. Kvaliteta proteina

Kvalitetu proteina procjenjujemo biološkom vrijednosti (BV) i probavljivošću proteina baziranom na aminokiselinskom sastavu (PDCAAS). Biološka vrijednost određuje koliko efikasno egzogeni proteini dovode do sinteze proteina u tkivima nakon apsorpcije i maksimalan rezultat iznosi $BV=100$. Probavljivost proteina bazirana na aminokiselinskom sastavu rangira izvore proteina po sastavu esencijalnih aminokiselina te maksimalni rezultat iznosi $PDCAAS=1.0$ (Stark i sur., 2012). Visoko kvalitetni proteini su potrebni za održavanje, popravak i sintezu mišićnih proteina. Postoje brojni izvori proteina dostupni za korištenje. Najčešće korišteni su kravlje mlijeko, kazein i whey (proteini sirutke). Mlijeko se sastoji od kazeina (80%) i proteina sirutke (20%). Kod procjene kvalitete, kravlje mlijeko ima rezultate $BV=91$ i $PDCAAS=1.00$ što znači da se brzo apsorbira u tijelu, promovira sintezu proteina i oporavak te sadrži sve esencijalne aminokiseline. Kazein ima rezultate $BV=77$ i $PDCAAS=1.00$ što bi značilo da je u usporedbi s mlijekom manje dostupan organizmu, ali sadrži sve esencijalne aminokiseline. Proteini sirutke imaju odličnu dostupnost organizmu, tj. brzo se apsorbiraju i dovode do sinteze proteina te sadrže sve esencijalne aminokiseline s rezultatom $BV=104$ i $PDCAAS=1.00$ (Stark i sur., 2012). Proteini biljnog podrijetla imaju manji anabolički učinak od proteina životinjskog podrijetla zbog manje probavljivosti, lošijeg sadržaja esencijalnih aminokiselina, osobito leucina (osim soje). Posljedično, biljni proteini su u organizmu korišteni za oksidaciju, a ne za mišićnu sintezu (Berrazaga i sur., 2019). U leguminozama (grašak, leća) nedostaju aminokiseline sa sulfatnom skupinom, dok su žitarice (pšenica, zob) manjkave na lizinu. Kada nedostaje neke esencijalne aminokiseline, sinteza proteina je limitirana. Proteini

biljnog podrijetla su manje probavljivi nego proteini životinjskog podrijetla zbog različite strukture. Sekundarnu strukturu biljnih proteina karakterizira visok sadržaj beta nabrane ploče i relativno mala količina alfa uzvojnice. Beta nabrana ploča dozvoljava biljnim proteinima otpornost na proteolizu i tako smanjuje probavljivost proteina. Na smanjenu probavljivost još utječe i prisutnost neškrobnih polisaharida i vlakana te bioaktivnih komponenti poput fitinske kiseline i inhibitora proteaze. Biljni proteini termički obrađeni su 18% probavljiviji nego neprocesirani (Berrazaga i sur., 2019). Proteini hrane životinjskog podrijetla poput mesa, ribe, jaja, mlijeka i mliječnih proizvoda osiguravaju sve esencijalne aminokiseline u potrebnoj količini (Štalić, 2016). Brže se probavljaju i apsorbiraju u organizmu. U istraživanju provedenom na kazeinu, proteinima sirutke i proteinima soje dokazano je kako je digestija najbrža za proteine sirutke, pa za proteine soje te naposljetku za kazein. Proteini sirutke su „brzi“ proteini jer se brzo apsorbiraju i digestiraju, a proteini kazeina su „spori“ proteini (Berrazaga i sur., 2019). Mišićna proteinska sinteza je zato najveća kod konzumacije proteina sirutke, zatim kod proteina soje i naposljetku kazeina. Proteini soje imaju manju mogućnost poticanja mišićne proteinske sinteze nego proteini sirutke (Tang i sur., 2009). O superiornosti proteina životinjskog podrijetla govori i veća mišićna sinteza nakon konzumacije 35 g kazeina (koji je „lošiji“ životinjski protein za mišićnu sintezu) nego 35 g proteina iz žitarica (Gorissen i sur., 2016). Suprotno tomu, u istraživanju gdje su uspoređivani proteini graška i proteini sirutke konzumirani tijekom 8 tjedana visoko-intenzivnog funkcionalnog treninga, nije bilo značajnih razlika u tjelesnoj kompoziciji, debljini mišića, snazi jednog ponavljanja (1RM) niti u izvedbi WOD-a. Kod provođenja istraživanja korišteni su suplementi koji su imali sličnu koncentraciju leucina (proteini sirutke su sadržavali 2,2 g leucina/dozi, a proteini graška 2,1 g leucina/dozi) koji potiče mišićnu proteinsku sintezu te je broj ispitanika bio limitiran. Obe grupe su značajno povećale snagu jednog ponavljanja kod čučnja i mrtvog dizanja, ali značajne razlike između grupa nije bilo. Potrebno je provesti još istraživanja kako bi se utvrdila značajnost biljnih proteina (u ovom slučaju proteina graška) na hipertrofiju mišića (Banaszek i sur., 2019).

2.3.3. Proteini sirutke

Kravlje mlijeko se sastoji od dvije kategorije proteina: proteina sirutke (20%) i kazeina (80%). Proteini sirutke se sastoje od beta-laktoglobulina, alfa-laktalbumina, imunoglobulina, glikomakropeptida, seruma albumina, laktoferina i laktoperoksidaze uz neke male proteine poput inzulina-faktora rasta i beta-mikroglobulina. Beta-laktoglobulin, koji se nalazi u proteinima sirutke u najvećem postotku (50-55%) je glavni izvor razgranatih aminokiselina, osobito leucina (otprilike 14,5% beta-laktoglobulina) koji potiče mišićnu proteinsku sintezu. Proteini sirutke su visokovrijedni proteini zbog svog sastava i sadržaja svih esencijalnih aminokiselina

koje su važne za poticanje mišićnog rasta, dobre probavljivosti, bioraspoloživosti i brze apsorpcije u organizmu. Suplementi proteina sirutke, tkz. Whey suplementi su najrašireniji oblik komercijalno dostupnih proteina korištenih od strane rekreativaca i profesionalnih sportaša. Tržište nudi suplemente proteina sirutke u tri kategorije: koncentrat proteina sirutke, izolat proteina sirutke i hidrolizat proteina sirutke. Nativni proteini sirutke (koncentrat) sadrže 29-89% ukupnih proteina po volumenu (g/100 g) dok ostatak sastava čine ugljikohidrati (laktoza) i lipidi. Najčešće korišteni oblici suplemenata proteina sirutke su koncentracije s 70% ili 80% proteina. Izolat proteina sirutke se sastoji od 90% proteina i neznatno malo laktoze i lipida što ga čini dostupnim za one intolerantne na laktozu ili na ketogenoj prehrani. Hidrolizat proteina sirutke je najkvalitetniji oblik proteina sirutke. Proteini su hidrolizirani na peptide koji se brzo apsorbiraju te sadrže više od 90% proteina. Hidrolizati proteina sirutke u nekim istraživanjima potiču brži oporavak i inzulinski odgovor nego koncentracije i izolati. Leucin sadržan u proteinima sirutke je ključna komponenta za hipertrofiju mišića te je potencijalno zaslužan i za supresiju degradacije proteina mišića. Iako leucin igra važnu ulogu kod adaptacije na trening s opterećenjima, nije jedina komponenta proteina sirutke zaslužna za benefite kod hipertrofije, već kombinacija svih komponenti (Hulmi i sur., 2010). Konzumacija suplemenata proteina sirutke dovodi do bržeg oporavka nakon intenzivnog treninga s opterećenjima i poboljšava anabolizam organizma (West i sur., 2017).

2.3.4. Proteini i mišićna hipertrofija

Proteini su u interakciji s vježbanjem i djeluju kao okidač i supstrat za sintezu proteina. Vrlo važan čimbenik za proteinsku sintezu, uz kakvoću, je vrijeme unosa prehrambenih proteina. Kako bi se došlo do mišićne hipertrofije potrebno je unositi 1,2-2,0 g proteina/kg tjelesne mase i imati energetske unos veći od 44-50 kcal/kg tjelesne mase (Stark i sur., 2012). Unos visokovrijednih proteina u iznosu od 20 g (sa sadržajem od 8 do 10 g esencijalnih aminokiselina) pet-šest puta dnevno dovodi do maksimalne stimulacije sinteze mišićnih proteina (Slater i Phillips, 2011). Čak i kad nam povećavanje mišićne mase nije primarni cilj, ukupni dnevni unos, vrijeme unosa i kvaliteta proteina su jako bitna kod planiranja prehrane. Trening s opterećenjima i dovoljan unos proteina/esencijalnih aminokiselina dovode do mišićne adaptacije i povećanja mišićne mase. Kod usporedbe vrste proteina koja potiče najveću mišićnu hipertrofiju, prednost imaju proteini sirutke u odnosu na kazein ili proteine soje (Hulmi i sur., 2010). Proteini sirutke promoviraju veći odgovor na mišićnu sintezu tijekom prvih 3 sata nakon konzumacije tijekom perioda oporavka i nakon treninga. Kod zdravih i mladih ispitanika, proteini sirutke su se pokazali učinkovitijima od kazeina i soje za 93% i 18% kod perioda odmora, a 122% i 31% u periodu odmah nakon treninga. U istraživanju je korišten hidrolizat proteina

sirutke dok su kazein i soja bili netaknuti (Tang et al., 2009). Vjerojatno najvažnija komponenta proteina sirutke je visoka koncentracija razgranatih aminokiselina (BCAA), osobito leucina. Leucin je esencijalna aminokiselina i spada u razgranate aminokiseline te okarakterizirana kao simulator proteinske sinteze. Nakon treninga, kao idealan napitak za mišićnu hipertrofiju, bi poslužili proteini sirutke s minimalno 3 g leucina (Stark i sur., 2012). U istraživanju gdje je sudjelovalo 16 zdravih i neutreniranih muškaraca dokazano je kako piće za oporavak nakon aktivnosti koje sadrži leucin ima veću razinu proteinske sinteze nego piće bez leucina (Dreyer i sur., 2008). Koopman i suradnici su potvrdili prethodnu tvrdnju u istraživanju na 8 neutreniranih muškaraca kojima su nakon treninga s opterećenjima davali 3 pića: ugljikohidratno piće, ugljikohidratno i proteinsko piće te ugljikohidratno, proteinsko piće sa slobodnim leucinom. Proteinska ravnoteža cijelog tijela je bila značajno veća kod ispitanika koji su konzumirali piće sa slobodnim leucinom što dovodi do potvrde da leucin povećava proteinsku sintezu (Koopman i sur., 2005). Za optimalnu mišićnu hipertrofiju potrebno je konzumirati 3 do 4 g leucina u serviranju nakon aktivnosti te u kombinaciji s maltodekstrinom ili glukozom. Konzumacija esencijalnih aminokiselina i dekstroze se pokazala najučinkovitijom za proteinsku sintezu prije samog treninga s opterećenjima. Za daljnje povećanje hipertrofije mišića, uz proteine, potrebno je trenirati s opterećenjima 3 do 5 puta tjedno, barem 10 do 12 tjedana i uključiti cijelo tijelo u trening (vježbe za gornji i donji dio tijela) (Stark i sur., 2012).

2.3.5. Vrijeme uzimanja proteina

Iako je vrijeme uzimanja nutrijenata i dalje kontroverzno pitanje, esencijalno je za optimalnu izvedbu kod sportaša. Planiranje vremena unosa hranjivih tvari, u ovom slučaju proteina, može utjecati na fizičke prilagodbe ukupnog zdravlja pojedinca ali i sportske izvedbe natjecatelja (Kafkas & Kafkas, 2019). Nakon treninga s opterećenjima je potrebno unijeti određenu dozu proteina, jer ako ispitanici ostanu u stanju bez nutrijenata dugo nakon treninga, ravnoteža proteina u mišićima ostaje negativna i inducirano je kataboličko stanje (Andersen i sur., 2005). Mišićna sinteza proteina i potrebe za pozitivnom proteinskom ravnotežom su dokazano najveće odmah nakon treninga. Oralni proteinsko-ugljikohidratni suplementi ili esencijalne aminokiseline unesene prije ili odmah poslije treninga omogućavaju idealne uvjete za rast mišića (Cribb & Hayes, 2006). Planiranje unosa proteina oko tjelesne aktivnosti je važno za očuvanje mišićne mase, omogućavanje mišićne hipertrofije, omogućavanje bržeg oporavka te možda osiguravanje optimalnog rada imunostava. Jedan od razloga zbog kojih je optimiranje vremena unosa proteina važno može biti povećana cirkulacija krvi kroz mišić nakon treninga i posljedično tome povećan je transport nutrijenata u mišić. Taj vremenski okvir je u korelaciji s maksimalnom mišićnom proteinskom sintezom koja se odvija nakon treninga te objašnjava

zašto je važno uzeti u obzir faktor vremena konzumacije proteina nakon treninga (Hulmi i sur., 2010). Konzumacija proteina nakon ključnih treninga i svako 3-5 h u obrocima u iznosu od 0,3 g/kg tjelesne mase dovodi do bolje adaptacije mišića na trening što dovodi do bolje izvedbe (Communications, 2016). Postoji sve više dokaza o pozitivnom djelovanju koje proizlazi iz kalkuliranja vremena za uzimanje proteina. Istraživanje provedeno na 23 rekreativca bodybuildera potvrdilo je činjenicu da je vrijeme suplementacije iznimno važno. Grupa bodybuildera je konzumirala suplemente prije samog treninga i odmah nakon treninga, dok je druga grupa konzumirala suplemente ujutro prije doručka i navečer prije spavanja (minimalno 5 sati prije ili nakon treninga). Svi ispitanici su unosili 1 g suplementa/kg tjelesne mase, a na 100 g je sadržavao 40 g proteina, 43 g ugljikohidrata, manje od 0,5 g masti i 7 g kreatin monohidrata. Prije samog početka istraživanja ispitanici su prošli kroz preliminalni program dizanja utega 8 do 12 tjedana. U 10 tjedana, ispitivanje je provedeno u 3 dijela. Prvi dio je bio pripremni i sastojao se od vježbi koje su ponavljane 1 put (1RM) sa 70-75% snage, drugi dio su sadržavale vježbe izvođene s 80-85% 1RM, a treći s 90-95% 1RM. Nakon 10 tjedana treninga, grupa koja je konzumirala suplemente odmah prije i iza treninga je imala bolju tjelesnu kompoziciju (povećanje u nemasnoj tjelesnoj masi i smanjenje tjelesne masti) i značajno povećanje mišićne hipertrofije i snage. Osim rezultata za snagu i tjelesnu kompoziciju, analiza dnevnika prehrane ispitanika nije pokazala promjene u prehranbenim navikama što znači da su pozitivne promjene rezultat dodatka prehrani (Cribb & Hayes, 2006). Istraživanje provedeno na marincima u Sjedinjenim Američkim Državama je pokazalo da ispitanici su koji su nakon treninga konzumirali napitak s proteinima (10 g), ugljikohidratima (8 g) i mastima (3 g) imali 33% manje posjeta ambulanti, 37% manje ozljeda kostiju, 83% manje toplinskih udara te im je upala mišića bila znatno manja nego ispitanicima koji su konzumirali napitak bez proteina s ugljikohidratima (8 g) i mastima (3 g) (Flakoll i sur., 2004). Hoffman i sur. (2010) su proveli dvostruko slijepo istraživanje s 15 ispitanika koje su podijelili u dvije grupe: grupa 1 je dobila 42 g proteinskog napitka (hidrolizirani kolagen, whey ili kazein s 250 mg BCAA prije i poslije treninga), a grupa 2 je dobila placebo maltodekstrin prije i poslije treninga. Praćena su četiri posjeta te su se procjenjivale snaga čučnja, mrtvog dizanja i iskoraka s girijom. U prvom posjetu su se bilježili rezultati maksimalne snage jednog ponavljanja (1RM), u drugom posjetu su ispitanici izvodili 4 serije od 10 ponavljanja s 80% snage jednog ponavljanja. Treći i četvrti posjet su mjerili četiri serije s što više moguće ponavljanja s 80% maksimalne težine. Grupa koja je konzumirala proteinski napitak pokazala je znatno veći broj ponavljanja kod posjeta tri i četiri nego grupa koja je konzumirala placebo napitak. Konzumacija proteina prije i poslije treninga pomaže sportašima da maksimiziraju izvedbu kod dizanja utega, ali i ubrzava vrijeme oporavka 24 i 48 sati nakon treninga (Hoffman

i sur., 2010). Jedno od dužih istraživanja su proveli Hulmi i sur. (2009) gdje su istraživali dugotrajne adaptacije na trening s opterećenjima kroz pojmove veličine mišića, produkcije sile i mišićne hipertrofije kada se u regularnu prehranu dodaju visokokvalitetni proteini sirutke prije i poslije treninga. Istraživanje je trajalo 21 tjedan i ispitanici su bili podijeljeni u 3 grupe: grupa 1 je dobivala 15 g proteina sirutke prije i nakon treninga s opterećenjima, grupa 2 je dobivala placebo prije i poslije treninga, a grupa 3 nije dobivala dodatke prehrani niti je sudjelovala u treninzima s opterećenjima, već je nastavila s uobičajenim aktivnostima (trčanje, plivanje, igre s loptom). Ispitanici koji su sudjelovali u treninzima s opterećenjima su tjedno imali 2 treninga u kojima su izvodili vježbe za donji i gornji dio tijela. Nakon 21 tjedna, provedene su biopsije četveroglavog bedrenog mišića, tj. njegovog najvećeg lateralnog dijela (vastus lateralis). Biopsija je pokazala značajno povećanje mišića kod grupe koja je konzumirala proteine čime zaključujemo da je došlo do veće mišićne sinteze kod konzumacije proteina prije i nakon treninga. Zaključno, čini se da visokokvalitetni proteini sirutke neposredno prije i nakon treninga dodatno povećavaju hipertrofiju mišića uzrokovanu otporom kod prethodno neutreniranih ispitanika (Hulmi i sur., 2009). Kod konzumiranja proteinsko-ugljikohidratnih suplemenata odmah nakon treninga primijećena je veća sinteza proteina u nozi nego kod konzumiranja suplementa 3 sata nakon aktivnosti (Levenhagen i sur., 2001). Kontroliranje vremena unosa proteina s obzirom na dnevni raspored pada u drugi plan, ako ukupan unos proteina tijekom dana nije adekvatan za mišićnu hipertrofiju. Potrebno je konzumirati dovoljnu količinu proteina kako bi došlo do pozitivne ravnoteže dušika i povećane mišićne sinteze dok se vodi briga o vremenu konzumacije proteina (Schoenfeld i sur., 2013). Konzumacija proteina prije, tijekom i poslije treninga s opterećenjima se pokazala učinkovitijom nego konzumacija proteina samo jednom (prije ili poslije treninga) što potvrđuju brojna istraživanja gdje ispitanici konzumiraju proteinske suplemente i neposredno prije, tijekom i nakon tjelesne aktivnosti. (Park i sur., 2019, Kafkas i Kafkas, 2019). Ingestija proteina u obroku neposredno prije spavanja dovodi do digestije i apsorpcije tijekom sna što povećava mišićnu proteinsku sintezu tijekom noći. Iako ne pomaže u redukciji apetita u jutarnjim obrocima, konzumacija proteina prije sna nakon treninga s opterećenjima može dovesti do povećanja mišićne mase i snage (Snijders i sur., 2019).

2.3.6. Proteini i oporavak

Period oporavka je iznimno važan za profesionalne sportaše, ali i rekreativce. Nakon treninga visokog intenziteta s opterećenjima, kao što je CrossFit, često su zabilježeni padovi u tjelesnoj izvedbi, povećan umor i upala mišića. Mnogo je faktora koji utječu na brzinu oporavka, poput obrasca spavanja, razine hidracije i unosa nutrijenata. Za što učinkovitiji oporavak, potrebno

je konzumirati hranu bogatu antioksidantima, vitaminima, proteinima, razgranatim aminokiselinama i omega-3-masnim kiselina. Konzumacija proteina nakon treninga s opterećenjima dovodi do pozitivne ravnoteže dušika u tijelu (Rindom i sur., 2016). Postoje istraživanja koja su dokazala da unos 50-100 g proteina tijekom perioda oporavka može ubrzati oporavak i proizvodnju energije tijekom bolova u mišićima s odgođenim nastupom (Communications, 2016). Suplementacija proteinima sirutke ili razgranatim aminokiselinama (BCAA) može smanjiti upalu mišića nakon treninga i ubrzati period oporavka. Razgranate aminokiseline su leucin, izoleucin i valin. Razlikuju se od ostalih jer se umjesto u jetri metaboliziraju direktno u mišićima. Leucin povećava sintezu proteina, pomaže u izgradnji i regeneraciji mišića, podržava regulaciju inzulina i jedna je od dvije aminokiseline koje se ne mogu konvertirati u glukozu. Izoleucin regulira potrošnju glukoze, a valin pospješuje funkciju mozga, smanjuje umor i služi kao prevencija razgradnje proteina. Prehrambeni izvori BCAA su meso, perad, riba, jaja, mlijeko i sir te sadržavaju 15-20 grama tih aminokiselina u 100 grama proteina. Međutim, sportaši ih često koriste kao dodatak prehrani u svrhu ergogenog učinka zbog čega je potrebno reći nekoliko riječi o tom suplementu. BCAA imaju anabolički učinak na skeletne mišiće u stanju mirovanja i oporavka od vježbi izdržljivosti i snage. Istraživanja pokazuju kako leucin sudjeluje u aktivaciji regulatornih enzima koji sudjeluju u biosintezi proteina, a istovremeno smanjuje degradaciju proteina (Rennie i sur., 2006). BCAA ima anabolički efekt na metabolizam proteina tijekom perioda oporavka nakon vježbanja, ali ne i tijekom vježbanja (Blomstrand & Saltin, 2001) . Također, BCAA uzrokuju brzo povećanje koncentracije u plazmi što može smanjiti transport triptofana u mozak i time reducirati sintezu 5-hidroksitriptamina koji, moguće, sudjeluje u nastanku umora (Karlsson i sur., 2006). Dokazano je da smanjuje osjet umora kod HIIT treninga. Istraživanje provedeno na komercijalnom proizvodu koji sadrži BCAA, alanin i ugljikohidrate je dokazano da smanjuje vrijeme odmora, poboljšava kapacitet treninga i izdržljivost, a da istovremeno ne utječe na prehrambene navike i unos kalorija (Gervasi i sur., 2020). Preporučena doza BCAA iznosi 0,03-0,05 g/kg TM/h ili 2-4 g/h. Preferirano je da suplement bude u obliku pića te da se konzumira tijekom treninga i oporavka. Visoke su doze (30 grama na dan) podnošljive, ali mogu imati loš učinak na sportsku izvedbu zahvaljujući povećanom stvaranju amonijaka.

2.3.7. Proteinski suplementi i CrossFit

Proteinski suplementi su najpoznatiji dodaci prehrani korišteni među rekreativcima, profesionalnim sportašima i vojnicima. Najčešći razlog korištenja proteinskih suplemenata je povećanje mišićne mase, pospješeno vrijeme oporavka i poboljšana izvedba (Pasiakos i sur., 2014). Oralno uzimanje suplementacije, u obliku esencijalnih aminokiselina ili kompletnih

proteina, prije ili odmah nakon treninga s opterećenjima, pospješuje sintezu proteina i pozitivnu neto ravnotežu proteina (Cribb i Hayes, 2006). Neto ravnoteža proteina je rezultat mišićne proteinske sinteze umanjene za mišićnu proteinsku razgradnju. Suplementi mogu biti u obliku tekućine, praha ili krute hrane. Najčešće korišteni proteinski suplementi su proteini sirutke (whey) u jednom od svojih oblika: koncentrat proteina sirutke, izolat proteina sirutke i hidrolizat proteina sirutke (Hulmi i sur., 2010). Proteinsko-ugljikohidratni dodaci nakon treninga pomažu povećati nemasnu tjelesnu masu i popuniti ispražnjene zalihe glikogena. Također smanjuju degradaciju i povećavaju sintezu mišićnih proteina (Outlaw i sur., 2014). Unatoč konzumaciji proteinskih dodataka od strane šire populacije, pa tako i CrossFit vježbača, ne postoji mnogo istraživanja o njihovom utjecaju na sam CrossFit. Urbina i suradnici su proveli istraživanje gdje su promatrali utjecaj suplemenata prije i poslije treninga kod uvježbanih CrossFit vježbača. Promatrana je tjelesna kompozicija, nemasna masa, postotak masti u tijelu, VO_{2max} , maksimalna snaga (Wingate peak power) i izvođena su dva WOD-a. Grupa koja je koristila suplemente prije treninga je konzumirala ekstrakt šipka, ekstrakt korijena repe, ekstrakt trešnje i ekstrakt crnog čaja, a nakon treninga su konzumirali proteinsko-ugljikohidratni napitak (40 g/80 g proteina za žene/muškarce i 80 g/160 g ugljikohidrata za žene/muškarce). Kontrolna grupa nije konzumirala ništa sat vremena prije ili poslije treninga. Ovakva kombinacija nije imala značajnog utjecaja na poboljšanje kompozicije tijela, grupa koja je konzumirala suplemente je povećala nemasnu masu tijela za 2%, ali je primijećeno poboljšanje u izvedbi WOD vježbi što je veoma značajno za CrossFit natjecatelje (Urbina i sur., 2013). U sličnom istraživanju o koristi proteinsko-ugljikohidratnog napitka, 29 CrossFit natjecatelja je kroz 6 tjedana prolazilo kroz procjene sličnih parametara (tjelesne kompozicije, VO_{2max} , Wingate maksimalne snage i WOD vježbi). Grupa koja je konzumirala suplemente prije treninga je uzimala ekstrakte šipka, korijena repe, trešnje, crnog i zelenog čaja, a nakon treninga proteinsko-ugljikohidratni napitak (20 g/40 g proteina za žene/muškarce i 40 g/80 g ugljikohidrata za žene/muškarce). Svaki od sudionika je ispunio upitnik o umoru, težini i upali mišića i raspoloženju nakon svake vježbe. Dokazana su značajna poboljšanja u vremenu izvođenja WOD-a i u broju ponavljanja vježbi, a napitak korišten prije treninga je potencijalno koristan u povećavanju maksimalne snage (Wingate peak power) i održavanju VO_{2max} . Komponente napitka prije treninga sadrže protuupalne komponente i antioksidanse koje pomažu u smanjenju upale mišića i poboljšanju oporavka nakon treninga. Također, konzumacija proteina odmah nakon treninga s opterećenjima je pokazala pozitivan utjecaj na povećanje nemasne tjelesne mase (Outlaw i sur., 2014).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Cilj istraživanja je bio dobiti uvid o prehrani CrossFit natjecatelja u Hrvatskoj, s posebnim naglaskom na proteine i proteinske suplemente, njihovu količinu, kvalitetu i vrijeme unosa. Dobiveni rezultati su uspoređeni s preporukama za proteine u sportovima snage i jakosti. Istraživanje je provedeno u lipnju 2020., ispitanici su dobili obrazac u kojem su trebali pisati dnevnik prehrane za 1 dan.

3.1. Ispitanici

U eksperimentalnom dijelu rada sudjelovalo je 6 ispitanika (Tablica 3.), svi natjecatelji, koji se bave CrossFit-om dulje od 6 mjeseci.

Tablica 3. Karakteristike ispitanika

| Ispitanik | Spol | Dob (godine) | Tjelesna masa (kg) | Tjelesna visina (cm) | Indeks tjelesne mase (kg/m ²) |
|-----------|------|--------------|--------------------|----------------------|---|
| 1. | Ž | 36 | 61 | 170 | 21,1 |
| 2. | M | 32 | 84 | 181 | 25,64 |
| 3. | M | 36 | 100 | 184 | 29,54 |
| 4. | M | 30 | 109 | 182 | 32,9 |
| 5. | Ž | 29 | 60 | 163 | 22,58 |
| 6. | M | 36 | 70,5 | 178 | 22,25 |

Obrazac za jednodnevni dnevnik prehrane je ispunilo 6 CrossFit natjecatelja, dvije žene i četiri muškarca. Primjećujemo kako je u pitanju populacija iznad 29 godina. Svi su sportaši od dječje dobi, koji su se nedavno pronašli u CrossFit-u jer je postao novi trend u sportskom svijetu. Svi se natječu na državnim i svjetskim natjecanjima u vlastitim kategorijama. Na temelju njihove tjelesne mase i visine izračunat je indeks tjelesne mase. Indeks tjelesne mase je omjer tjelesne mase i tjelesne visine (u m²). Po rezultatima tog indeksa postavljeni su standardi uhranjenosti za odrasle osobe. ITM <18,5 kg/m² ukazuje na pothranjenost, 18,5-24,9 kg/m² na adekvatnu uhranjenost, 25-29,9 kg/m² na prekomjernu tjelesnu masu, a više od 30,0 kg/m² na pretilost (Mišigoj-Duraković i sur., 2014). Kada gledamo dobivene rezultate za ITM, primjećujemo da većina ispitanika spada u skupinu od 18,5 do 24,9 kg/m² i pripadaju rasponu adekvatnih vrijednosti za ITM. Dva ispitanika imaju indeks tjelesne mase veći od adekvatnog. Po tim rezultatima rekli bi da je jedan ispitanik prekomjerne tjelesne mase (29,54 kg/m²), a drugi pretio (32,9 kg/m²). Kako je često tjelesna masa proporcionalna snazi, kod komponenti CrossFit-a u kojima dominira snaga, možemo reći kako je poželjno imati veću tjelesnu masu (posljedično podizanje veće kilaže). Naime, indeks tjelesne mase nije jedini faktor koji treba

uzeti u obzir kod procjenjivanja sportaša, mnogo je važnija tjelesna kompozicija. Mišićna masa teži više od masne mase, tako da sportaši koji su u fazi dobivanja na mišićnoj masi često mogu imati veći indeks tjelesne mase.

3.2. Metode rada

Za potrebe ovog završnog rada ispitanici su vodili jednodnevni dnevnik prehrane u kojem su bilježili unos hrane, vrijeme unosa, količinu hrane (vaganu na kuhinjskoj vagi ili procijenjenu pomoću kuhinjskog posuđa), vrstu termičke obrade hrane, naziv proizvođača, dodane masti (ulje, maslac) i tekućinu. Također bilo je potrebno navesti dodatke prehrani ako ih koriste, njihovog proizvođača, količinu, vrijeme konzumiranja te vrijeme i duljinu odradenog CrossFit treninga. Neki ispitanici su dobili obrazloženje uputa uživo (ispitanici koji treniraju u Splitu), dok su drugi uputstva dobili mailom. Za bilježenje dnevnika prehrane bilo je potrebno izabrati radni dan (ponedjeljak-petak) u kojem će odraditi trening. Za obrađivanje dnevnika prehrane korištene su Tablice o sastavu namirnica i pića (Kaić-Rak i Antonić, 1990) te deklaracije s pojedinih proizvoda.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Ispitanici su vodili dnevnik prehrane za 1 dan, gdje su bilježili hranu, količinu hrane, vrijeme unosa hrane, unos suplemenata i vrijeme treninga. Izračunati su ukupni energetske udjeli i udjeli proteina po obroku i po danu.

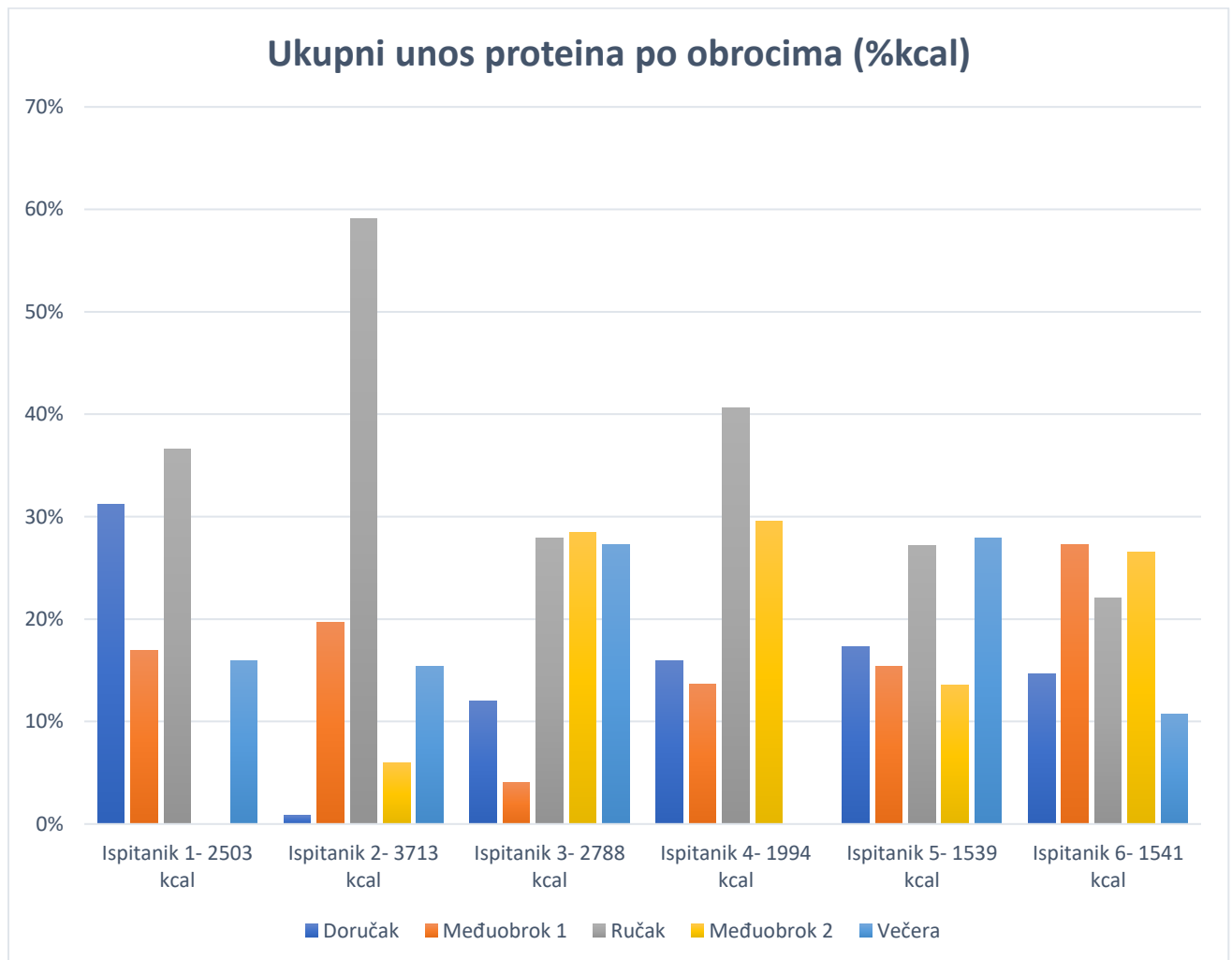
Tablica 4. Unos energije i proteina u danu zabilježenom dnevnikom prehrane

| Ispitanik | Energetski unos (kcal) | Proteini (g) | Proteini (g/kg tjelesne mase) | Udio proteina (%kcal) |
|-----------|------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1. | 2503 | 142 | 2,33 | 22,70 |
| 2. | 3713 | 117 | 1,40 | 12,60 |
| 3. | 2788 | 172 | 1,72 | 24,68 |
| 4. | 1994 | 169 | 1,55 | 33,90 |
| 5. | 1539 | 81 | 1,35 | 21,05 |
| 6. | 1541 | 177 | 2,50 | 45,94 |

Preporuke za unos proteina kod sportova snage i jakosti iznose 1,2-2,0 g/kg tjelesne mase. Možemo vidjeti da 4 od 6 (67%) ispitanika unosi proteine u skladu s preporukama, dok 2 ispitanika (33%) konzumiraju više od preporučenog unosa. Veći unos proteina možemo pripisati želji ispitanika da budu u suficitu misleći da će im to donijeti veću mišićnu proteinsku

sintezu. Unos veći od preporučenog možemo uskladiti i sa smanjenim energetske unosom kod nekih ispitanika (ispitanik 6), što su karakteristike mršavljenja uz gubitak masne mase, a očuvanje nemasne mase. Primjećujemo da je ispitanik 4 u najvećem deficitu, a ne konzumira dovoljno proteina kako bi očuvao mišićnu masu te će u procesu gubljenja na tjelesnoj masi izgubiti i nemasnu masu. Preporuke postavljaju referentnu vrijednost od 1,8-2,7 g proteina/kg tjelesne mase kada osobe žele izgubiti na tjelesnoj masi, a ne izgubiti mišićnu masu (Slater i Phillips, 2011).

Kada promatramo unos proteina po obrocima, težimo ravnomjernom rasporedu i prisustvu barem 20 g proteina u svakom obroku kako bi maksimalno simulirali mišićnu proteinsku sintezu (Slater i Phillips, 2011). Posebnu pažnju pridajemo proteinima konzumiranim u periodu od 1 h prije i unutar 1 h nakon tjelesnih aktivnosti.



Slika 2. Maseni udio proteina u obrocima

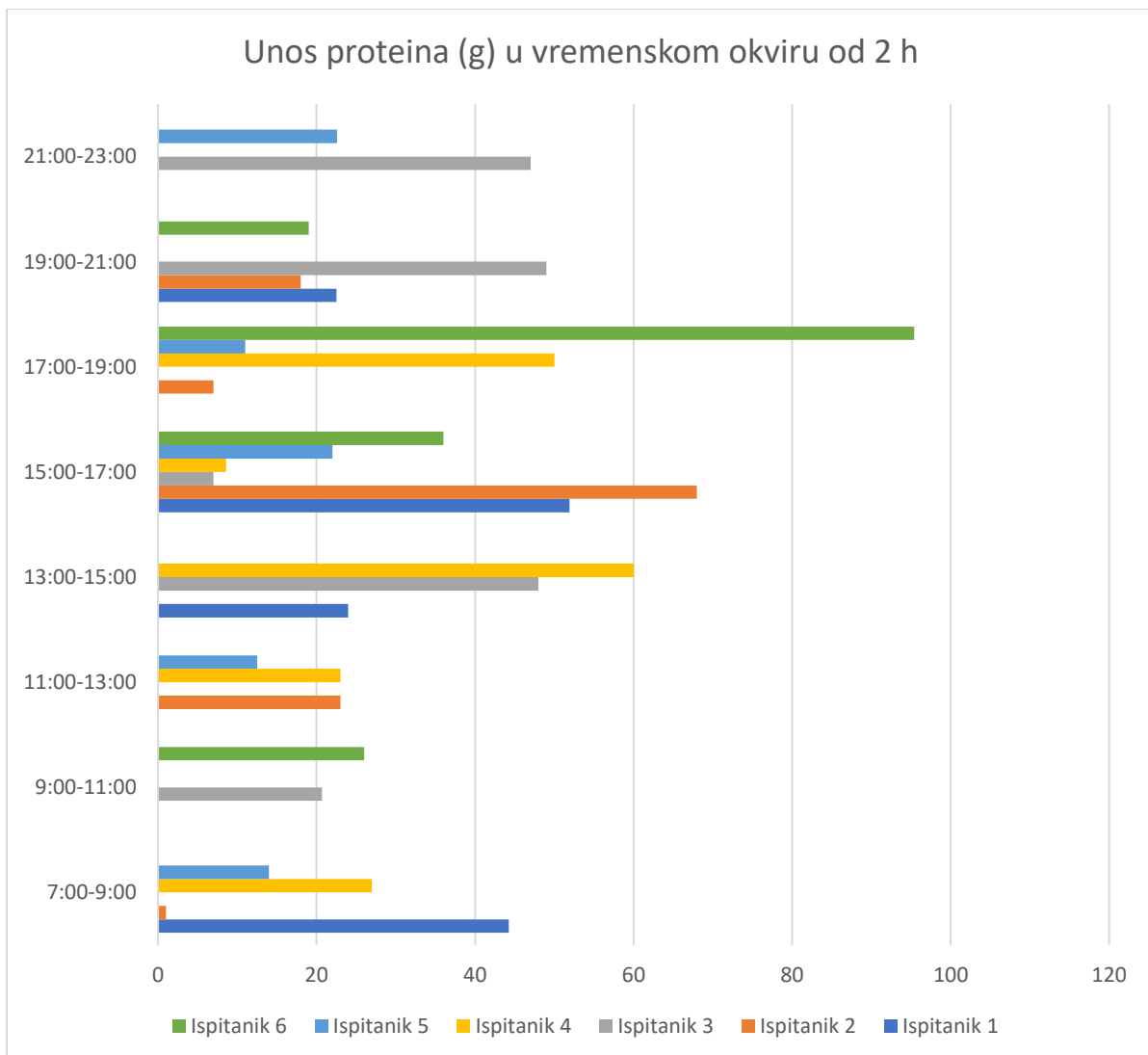
Možemo primijetiti da ne konzumiraju svi ispitanici 5 obroka dnevno (33% konzumira 4 obroka), što dovodi do obilnijih obroka prije ili kasnije. Raspodjela unosa proteina u danu bi trebala biti ravnomjerna (ili težiti tome) u svakom obroku. Kod nekih ispitanika vidimo trend „natrpavanja“ proteinima u jednom obroku, dok ih u drugom nema ili ima jako malo. Maseni udio proteina po obrocima varira od 0 do 59%. Unos proteina je najveći za ručak (22-59%, prosječno 35,6%), a najmanji za doručak (0,9-31,2%, prosječno 15,3%). Svi ispitanici doručkuju, ali ne konzumiraju dovoljno proteina što nadoknađuju u idućim obrocima.

Tablica 5. Unos proteina po obrocima

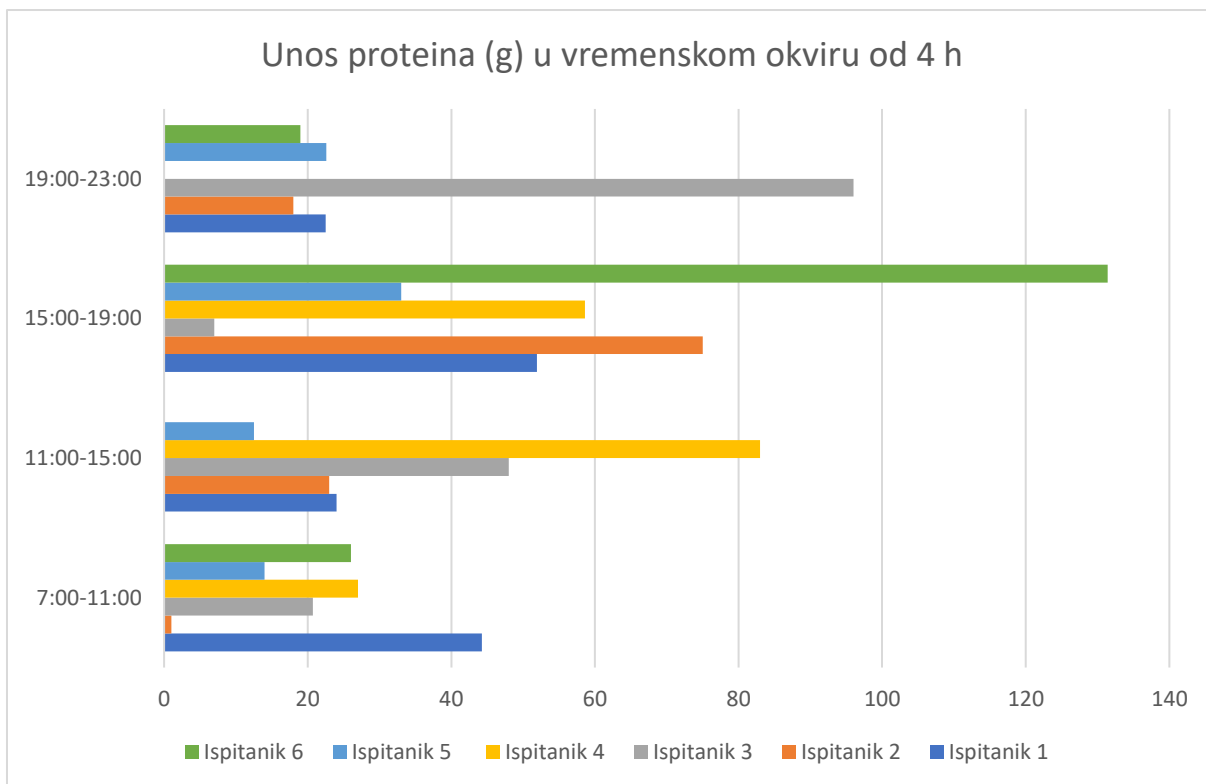
| Ispitanik | Obrok | Proteini (g) | Proteini (g/kg TM) | Proteini - maseni udio (%) |
|------------------|--------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1. | Doručak | 44,25 | 0,73 | 31,2 |
| | Međubrok 1 | 24 | 0,39 | 16,9 |
| | Ručak | 52 | 0,85 | 36,6 |
| | Međubrok 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Večera | 22,6 | 0,37 | 15,9 |
| 2. | Doručak | 1 | 0,01 | 0,9 |
| | Međubrok 1 | 23 | 0,27 | 19,7 |
| | Ručak | 68 | 0,81 | 59,1 |
| | Međubrok 2 | 7 | 0,08 | 6,0 |
| | Večera | 18 | 0,21 | 15,4 |
| 3. | Doručak | 20,7 | 0,21 | 12,0 |
| | Međubrok 1 | 7 | 0,07 | 4,1 |
| | Ručak | 48 | 0,48 | 27,9 |
| | Međubrok 2 | 49 | 0,48 | 28,5 |
| | Večera | 47 | 0,47 | 27,3 |
| 4. | Doručak | 27 | 0,25 | 16,0 |
| | Međubrok 1 | 23 | 0,21 | 13,6 |
| | Ručak | 68,6 | 0,63 | 40,6 |
| | Međubrok 2 | 50 | 0,46 | 29,6 |
| | Večera | 0 | 0 | 0 |
| 5. | Doručak | 14 | 0,23 | 17,3 |
| | Međubrok 1 | 12,5 | 0,21 | 15,4 |
| | Ručak | 22 | 0,37 | 27,2 |
| | Međubrok 2 | 11 | 0,18 | 13,6 |
| | Večera | 22,6 | 0,38 | 27,9 |
| 6. | Doručak | 26 | 0,37 | 14,7 |
| | Međubrok 1 | 48,4 | 0,69 | 27,3 |
| | Ručak | 39 | 0,55 | 22,0 |
| | Međubrok 2 | 47 | 0,67 | 26,6 |
| | Večera | 19 | 0,27 | 10,7 |

Primjećujemo da ne uspijevaju svi ispitanici konzumirati barem 20 g proteina u svim obrocima za optimalno iskorištavanje i proteinsku sintezu. Unos proteina varira od 0 do 68 g po obroku

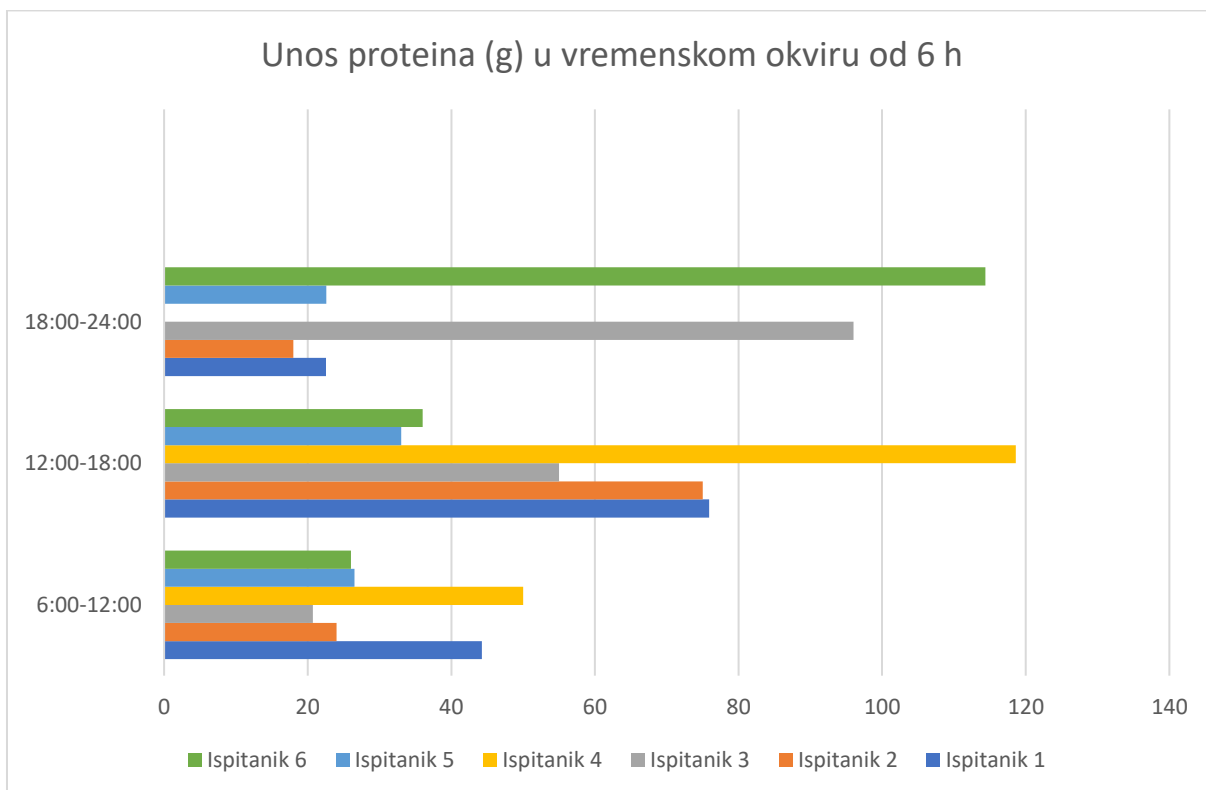
što je velik raspon i jasno neadekvatna raspodjela koja ne dovodi do maksimuma koji proteini mogu pružiti kada su pravilno konzumirani u vremenu i određenim količinama. Novi način izražavanja preporuka za unos proteina je 0,3 g/kg tjelesne mase po obroku. U 5 obroka bi to iznosilo 1,5 g/kg tjelesne mase, što spada u interval preporuka za sportove snage i jakosti. U nekim obrocima unos proteina iznos 0,85 g/kg tjelesne mase dok u nekim obrocima proteina uopće nema. Ne vidimo razliku kod kompozicije prehrane i unosa proteina u muških i ženskih ispitanika.



Slika 3. Unos proteina (g) kroz vremenske okvire od 2 h

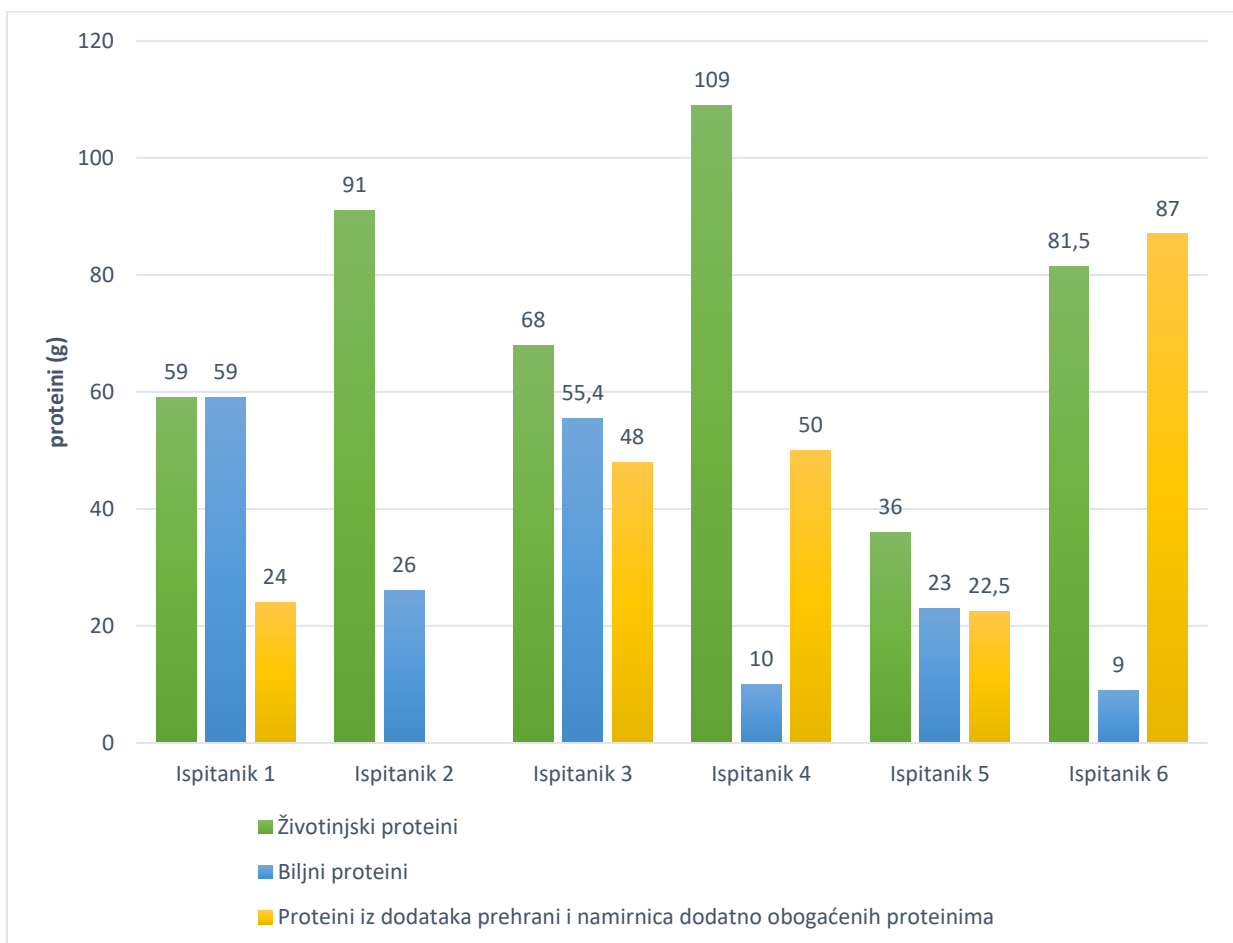


Slika 4. Unos proteina (g) kroz vremenske okvire od 4 h

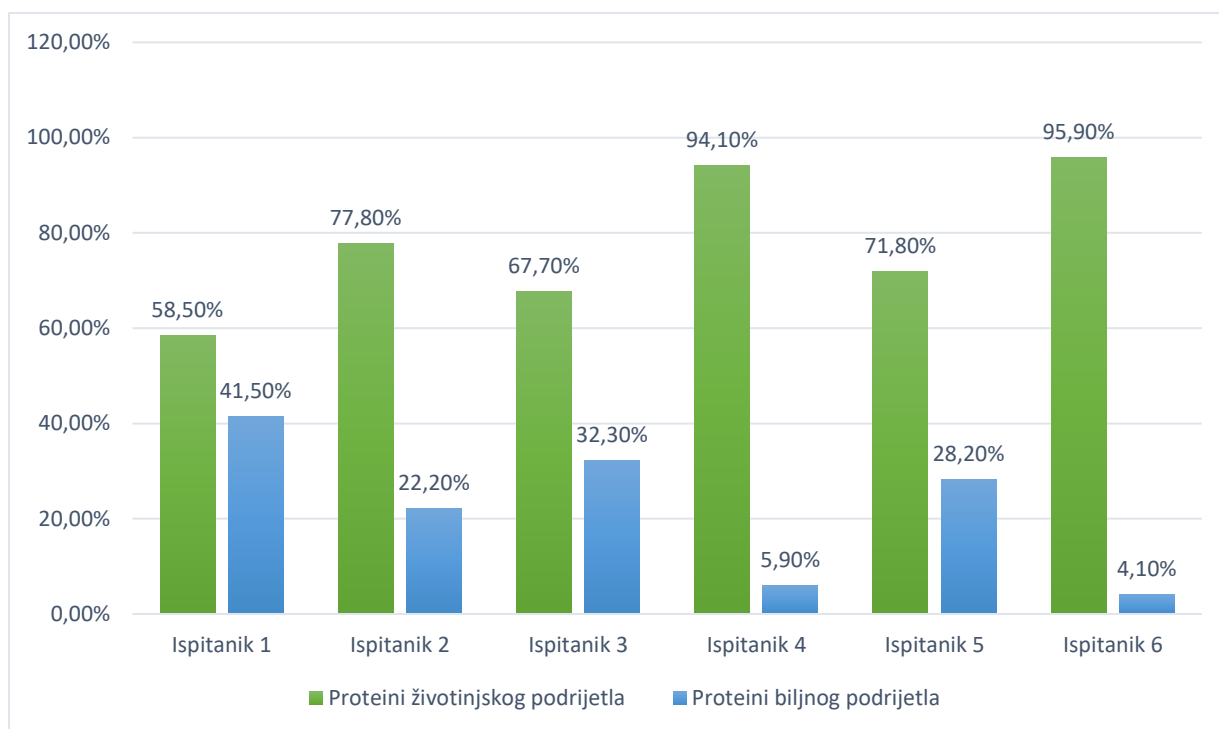


Slika 5. Unos proteina (g) kroz vremenske okvire od 6 h

Promatrajući unos proteina u vremenskim periodima od 2 h, 4 h i od 6 h, primjećujemo kako unos nije konstantan ni kod jednog ispitanika. Unos proteina je manji u jutarnjim satima u 5 od 6 ispitanika dok u popodnevnim satima primjećujemo porast ukupnog unosa (poslije 13:00). Vrijeme unosa proteina je u skladu s treninzima CrossFit-a. Od 6 ispitanika, 5 ispitanika trenira u popodnevnim satima (najčešće iza 19 h) i posljedično unosi više proteina u drugom dijelu dana (nakon ručka pa do iza treninga), dok jedan ispitanik trenira ujutro (ispitanik 1) i unos proteina mu je veći u prvom dijelu dana. Unos proteina u kasnim večernjim satima primjećujemo kod 2 od 6 ispitanika dok većina njih poslije 21 h ne konzumira proteine. Konzumacija proteina u večernjim satima, neposredno prije sna, može dovesti do povećane mišićne proteinske sinteze tijekom noći (Snijders i sur., 2019).



Slika 6. Unos životinjskih proteina, biljnih proteina i proteina iz dodataka prehrani i namirnica dodatno obogaćenih proteinima



Slika 7. Raspodjela unosa proteina: omjer unosa proteina hrane biljnog odnosno životinjskog podrijetla (% ukupnog dnevnog unosa)

Proteini životinjskog podrijetla su kvalitetniji, bolje se apsorbiraju i iskorištavaju u organizmu te sadrže sve esencijalne aminokiseline. S obzirom da svi natjecatelji koji su ispunjavali dnevnik prehrane su mesojedi, kod vrste unešenih proteina dominiraju proteini životinjskog podrijetla. Od ukupnog unosa proteina više od 50% je životinjskog podrijetla (58,5%-95,9%). Najčešće konzumirane namirnice bogate proteinima životinjskog podrijetla su jaja, sir, meso, mlijeko i sadrže sve esencijalne aminokiseline u količini koja je potrebna organizmu. Proteini biljnog podrijetla (mahunarke, žitarice) su također sastavni dio prehrane i zastupljene su u dnevnicima prehrane, ali u svom sastavu ne sadrže sve esencijalne aminokiseline i imaju lošiju probavljivost zbog slabije dostupnosti probavnim enzimima. Potrebno ih je komplementirati s drugim namirnicama koje sadrže druge esencijalne aminokiseline kako bi na kraju dana unijeli sve potrebne aminokiseline.

Vrijeme unosa proteina je jednako važno kao i količina i kvaliteta proteina. Ispitanici su bilježili vrijeme CrossFit treninga kako bi mogli očitati jesu li unijeli proteine neposredno prije ili iza treninga za maksimalnu mišićnu hipertrofiju (Tablica 6.). Mišićna proteinska sinteza je najveća sat vremena iza tjelesne aktivnosti, a pravilan raspored unosa proteina može dovesti do značajnog povećanja mišićne mase i snage (Cribb & Hayes, 2006).

Tablica 6. Vrijeme i količina unesenih proteina u odnosu na CrossFit trening (unutar 1 h prije i poslije treninga)

| Ispitanik | Proteini prije treninga | | | Trening | Proteini iza treninga | | |
|-----------|-------------------------|---------|----------|-------------|-----------------------|---------|----------|
| | Da/Ne | Vrijeme | Količina | | Da/Ne | Vrijeme | Količina |
| 1. | Da | 8:30 | 44,25 g | 9:30-12:30 | Da | 13:00 | 24 g |
| 2. | Da | 18:30 | 7 g | 19:00-20:00 | Da | 20:30 | 18 g |
| 3. | Ne | - | - | 19:00-20:00 | Da | 20:00 | 48 g |
| 4. | Da | 18:30 | 50 g | 19:30-21:30 | Ne | - | - |
| 5. | Da | 11:30 | 12,5 g | 12:00-14:00 | Da | 15:00 | 22 g |
| 6. | Da | 18:00 | 48,4 g | 19:00-20:00 | Da | 20:00 | 47 g |

Iz tablice 6. možemo očitati kako ispitanici znaju ili pretpostavljaju da će dobiti maksimalnu korist od proteina unesenih neposredno prije ili nakon treninga s obzirom na to da svi unose neku vrstu namirnice bogate proteinima u tom vremenskom periodu. Svi unose proteine visoke vrijednosti, odnosno proteine životinjskog podrijetla. Samo jedan ispitanik ne konzumira proteine nakon treninga, a taj ispitanik i preskače večeru, vjerojatno u cilju smanjenja tjelesne mase. Poznato je da 20 g proteina nakon treninga je dovoljno za mišićnu sintezu proteina i oporavak, a veći unos od toga ne dovodi do veće sinteze već se koristi kao izvor energije. Primjećujemo kako unos proteina varira od 18 g do 48 g, potencijalno jer neki ispitanici smatraju da je više bolje i da će većim unosom proteina postići veću mišićnu sintezu. To možemo pripisati neznanju ili nedovoljnoj upućenosti te je potrebno s ispitanicima provesti edukaciju.

Uz unos proteina iz hrane, u cilju povećanja količine konzumiranih proteina dnevno, ispitanici su konzumirali i namirnice obogaćene proteinima i proteinske suplemente. Od 6 ispitanika, 5 konzumira namirnice s dodanim proteinima ili proteinske suplemente poput proteina sirutke u prahu, mlijeka s dodanim proteinima, proteinskih čokoladica i proteinskih pudinga (Tablica 7.). Takve namirnice ispitanici konzumiraju 1 h prije ili do 1 h nakon treninga CrossFit-a.

Tablica 7. Vrsta, količina i vrijeme namirnica s dodanim proteinima

| Ispitanik | Vrsta dodatnih proteina | Količina dodatnih proteina | Količina proteina | g/kg TM | % ukupnog dnevnog unosa | Vrijeme unosa dodatnih proteina |
|------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------------|--|
| 1. | Optimum nutrition hydro whey isolate | 30 g – jedna mjerica | 24 g | 0,39 g/kg | 16,9% | 13:00, 30 minuta nakon treninga |
| 2. | - | - | - | | - | - |
| 3. | USN whey protein (Myprotein) | 68 g – dvije mjerice | 48 g | 0,48 g/kg | 27,9% | 20:00, odmah nakon treninga |
| 4. | 'z bregov protein mliječni napitak, okus čokolada | 500 mL | 50 g | 0,46 g/kg | 29,58% | 18:30, sat vremena prije treninga |
| 5. | Proteinska čokoladica (Proteini.si) | 55 g | 12,5 g | 0,21 g/kg TM | 15,43% | 11:30, 30 minuta prije treninga |
| | Proteinski puding ('z bregov) | 180 g | 10 g | 0,17 g/kg | 12,34% | 18:00 |
| 6. | Whey protein (Myprotein) | 25 g – jedna mjerica | 21 g | 0,3 g/kg | 11,86% | 9:00 |
| | Proteinska čokoladica (Myprotein) | 50 g | 19 g | 0,27 g/kg | 10,73% | 18:00, sat vremena prije treninga |
| | Whey protein (Myprotein) | 50 g – dvije mjerice | 47 g | 0,67 g/kg | 26,55% | 20:00, neposredno nakon treninga |
| | BCAA | 5 g | | | | |

Od proteinskih suplemenata koriste se proteini sirutke (whey) raznih proizvođača (Myprotein, proteini.si). Konzumiraju se u već predodređenim mjericama (25-34 g jedna mjerica) prije treninga ili neposredno nakon treninga. Uz proteine sirutke koje konzumiraju nakon treninga, ispitanici konzumiraju i proteinske čokoladice, pudinge i mlijeko obogaćeno proteinima prije treninga. Unos proteina iz suplemenata i namirnica dodatno obogaćenih proteinima varira od 10% do 30% ukupnog dnevnog unosa proteina. Najčešće se konzumiraju s vodom kao proteinski shake. Samo jedan ispitanik konzumira i razgranate aminokiseline (BCAA) kao dodatak prehrani, također neposredno nakon treninga u kombinaciji s proteinskim shake-om.

Proteini sirutke su ocijenjeni kao najbolji proteinski suplement za ubrzanje rasta mišićne mase. Sadrže sve esencijalne aminokiseline i bogate su razgranatim aminokiselinama, osobito leucinom koji maksimizira mišićnu proteinsku sintezu i smanjuje razgradnju. Postoji niz istraživanja o benefitima proteinskih suplemenata nakon treninga, od kojih vrlo malen broj na CrossFit natjecateljima, ali svako istraživanje daje pozitivnu korelaciju unosa sa snagom (1 RM-snaga u jednom ponavljanju) (Hoffman i sur., 2010). Kroz daljnje istraživanje možemo usporediti natjecatelje i utjecaj konzumacije proteinskih suplemenata na treninge, kao što su napravili neki znanstvenici prije (Outlaw i sur., 2014; Urbina i sur., 2013). Najčešći način konzumiranja proteinskih suplemenata je uz ugljikohidrate (suplement maltodekstrina, banane). Ugljikohidrati nakon treninga su potrebni za popunjavanje glikogenskih zaliha i oporavak. Preporuke za unos proteina u kombinaciji s ugljikohidratima iznose 0,2-0,4 g proteina/kg tjelesne mase i 0,8 g ugljikohidrata/kg tjelesne mase. Uzmemo li u obzir prosječnu tjelesnu masu naših ispitanika, za žene je potrební unos nakon treninga (uz konzumaciju ugljikohidrata) 12,1-24,2 g proteina, a za muškarce 18,2-36,4 g proteina. Možemo primijetiti kako po tim mjerilima svi ispitanici unose adekvatnu količinu proteina nakon treninga za mišićnu sintezu i oporavak.

5. ZAKLJUČAK

Primjenom jednodnevnog dnevnika prehrane u skupini od 6 hrvatskih CrossFit natjecatelja, uz ograničenja s obzirom na količinu informacija koje osigurava uvid u prehranu jednog dana, može se zaključiti da ispitanici unose preporučenu količinu proteina ili je premašuju (ispitanici unose 1,35-2,5 g proteina/kg).

Obrada dnevnika prehrane je pokazala da prevladavaju proteini životinjskog podrijetla (mlijeko, meso, jaja, sir), njihov unos iznosi 55-95% ukupnog dnevnog unosa proteina.

Kada se promatra dnevni unos hrane ispitanika kroz 3 obroka i 2 međuobroka, može se zaključiti da s obzirom na preporuku od 0,3 g/kg po obroku/međuobroku, ispitanici konzumiraju od 0 do 0,85 g/kg što ukazuje na neravnomjernu raspodjelu proteina po obrocima. Kod planiranja unosa proteina ne primjećujemo razliku između muških i ženskih ispitanika.

Najveći unos proteina, s obzirom na obrok odnosno međuobrok, ispitanici ostvaruju za ručak, koji u prosjeku iznosi 35,6% ukupnog dnevnog unosa proteina, a najmanji za doručak i prosjek iznosi 15% ukupnog dnevnog unosa. Unos proteina je veći u popodnevnim satima (ručak, međuobrok 2 i večera), što je u skladu s dnevnim trenažnim rasporedom, gdje 5 od 6 ispitanika odrađuje CrossFit treninge u večernjim satima.

Gotovo svi ispitanici, pored unosa hranom, unose dodatne proteine i dodatke prehrani; unos iz ovog izvora iznosi 10-30% ukupnog dnevnog unosa, tj. 0,17-0,67 g/kg. Suplemente unose 1 h prije treninga ili 1 h nakon treninga te najčešće korišteni suplementi su proteini sirutke (whey) u kombinaciji s ugljikohidratima (suplement maltodekstrina, banane).

5. POPIS LITERATURE

1. Andersen, L. L., Tufekovic, G., Zebis, M. K., Cramer, R. M., Verlaan, G., Kjær, M., Suetta, C., Magnusson, P., & Aagaard, P. (2005). The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism: Clinical and Experimental*. **54**: 151–156.
2. Banaszek, A., Townsend, J. R., Bender, D., Vantrease, W. C., Marshall, A. C., & Johnson, K. D. (2019). The Effects of Whey vs. Pea Protein on Physical Adaptations Following 8-Weeks of High-Intensity Functional Training (HIFT): A Pilot Study. *Sports*. **7**: 12.
3. Berrazaga, I., Micard, V., Gueugneau, M., & Walrand, S. (2019). The role of the anabolic properties of plant-versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: a critical review. *Nutrients*, **11**.
4. Blomstrand, E., & Saltin, B. (2001). BCAA intake affects protein metabolism in muscle after but not during exercise in humans. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. **281**: 365–374.
5. Burke L., Deakin V. (2010) *Clinical Sports Nutrition*, 4. izd., McGraw-Hill
6. Communications, S. (2016). Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. **48**: 543–568.
7. Cribb, P. J., & Hayes, A. (2006). Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. **38**: 1918–1925.
8. CrossFit Inc. <https://www.crossfit.com/>
9. Dreyer, H. C., Drummond, M. J., Pennings, B., Fujita, S., Glynn, E. L., Chinkes, D. L., Dhanani, S., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2008). Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. **294**: 392–400.
10. Fealy, C. E., Nieuwoudt, S., Foucher, J. A., Scelsi, A. R., Malin, S. K., Pagadala, M., Cruz, L. A., Li, M., Rocco, M., Burguera, B., & Kirwan, J. P. (2018). Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. *Experimental Physiology*. **103**: 985–994.
11. Flakoll, P. J., Judy, T., Flinn, K., Carr, C., & Flinn, S. (2004). Postexercise protein supplementation improves health and muscle soreness during basic military training in marine recruits. *Journal of Applied Physiology*. **96**: 951–956.
12. Gervasi, M., Sisti, D., Amatori, S., Donati Zeppa, S., Annibalini, G., Piccoli, G., Vallorani,

- L., Benelli, P., Rocchi, M. B. L., Barbieri, E., Calavalle, A. R., Agostini, D., Fimognari, C., Stocchi, V., & Sestili, P. (2020). Effects of a commercially available branched-chain amino acid-alanine-carbohydrate-based sports supplement on perceived exertion and performance in high intensity endurance cycling tests. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. **17**: 1–16.
13. Gorissen, S. H. M., Horstman, A. M. H., Franssen, R., Crombag, J. J. R., Langer, H., Bierau, J., Respondek, F., & van Loon, L. J. C. (2016). Ingestion of wheat protein increases in vivo muscle protein synthesis rates in healthy older men in a randomized trial. *Journal of Nutrition*. **146**: 1651–1659.
 14. Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Tranchina, C. P., Rashti, S. L., Kang, J., & Faigenbaum, A. D. (2010). Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids*. **38**: 771–778.
 15. Hulmi, J. J., Kovanen, V., Selänne, H., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., & Mero, A. A. (2009). Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids*. **37**: 297–308.
 16. Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., & Stout, J. R. (2010). Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutrition and Metabolism*. **7**: 28–31.
 17. Ihatsu, J. (2018). Dietary Habits of Competitive Crossfit Athletes in Finland. *University of Eastern of Finland, March*, 95.
 18. Jönsson, T., Granfeldt, Y., Ahrén, B., Branell, U. C., Pålsson, G., Hansson, A., Söderström, M., & Lindeberg, S. (2009). Beneficial effects of a Paleolithic diet on cardiovascular risk factors in type 2 diabetes: A randomized cross-over pilot study. *Cardiovascular Diabetology*. **8**: 1–14.
 19. Kafkas, A., & Kafkas, M. (2019). Resistance Training: Nutrient Timing in Terms of Protein Consumption. *Journal Of Athletic Performance And Nutrition*. **6**: 13-21.
 20. Kaić-Rak A., AntoniĆ K. (1990) Tablice o sastavu namirnica i pića. *Zavod za zaštitu zdravlja SR Hrvatske, Zagreb*
 21. Karlsson, K. R., Ko, R., & Blomstrand, E. (2006). Branched-Chain Amino Acids : Metabolism , Physiological Function , and Application Branched-Chain Amino Acids Activate Key Enzymes in Protein Synthesis. *The Journal of Nutrition*. **136**: 269–273.
 22. Koopman, R., Wagenmakers, A. J. M., Manders, R. J. F., Zorenc, A. H. G., Senden, J. M. G., Gorselink, M., Keizer, H. A., & Van Loon, L. J. C. (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *American Journal of Physiology - Endocrinology and*

- Metabolism*. **288**: 645–653.
23. Levenhagen, D. K., Gresham, J. D., Carlson, M. G., Maron, D. J., Borel, M. J., & Flakoll, P. J. (2001). Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*. **280**: 982–993.
 24. Marshall, J. A. R. (2015). What Is Fitness? *Social Evolution and Inclusive Fitness Theory*, October.
 25. Masharani, U., Sherchan, P., Schloetter, M., Stratford, S., Xiao, A., Sebastian, A., Nolte Kennedy, M., & Frassetto, L. (2015). Metabolic and physiologic effects from consuming a hunter-gatherer (Paleolithic)-type diet in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*. **69**: 944–948.
 26. Maxwell, C., Ruth, K., & Friesen, C. (2017). Sports Nutrition Knowledge, Perceptions, Resources, and Advice Given by Certified CrossFit Trainers. *Sports*. **5**: 21.
 27. Mišigoj-Duraković, M., Sorić, M., & Duraković, Z. (2014). Antropometrija u procjeni kardio-metaboličkog rizika. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju*. **65**: 19–27.
 28. Murawska-Cialowicz, E., Wojna, J., & Zuwała-Jagiello, J. (2015). Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. *Journal of Physiology and Pharmacology*. **66**: 811–821.
 29. Outlaw, J. J., Wilborn, C. D., Smith-Ryan, A. E., Hayward, S. E., Urbina, S. L., Taylor, L. W., & Foster, C. A. (2014). Effects of a pre-and post-workout protein-carbohydrate supplement in trained crossfit individuals. *SpringerPlus*. **3**: 1–7.
 30. Park, Y., Park, H.-Y., Kim, J., Hwang, H., Jung, Y., Kreider, R., & Lim, K. (2019). Effects of whey protein supplementation prior to, and following, resistance exercise on body composition and training responses: A randomized double-blind placebo-controlled study. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*. **23**: 34–44.
 31. Pasiakos, S. M., Lieberman, H. R., & McLellan, T. M. (2014). Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: A systematic review. *Sports Medicine*. **44**: 655–670.
 32. Porcari, J. P., Ph, D., Steffen, J., Ph, D., Doberstein, S., Foster, C., & Ph, D. (2013). Newly released ACE.sponsored reseach gauges the calorie burn and intensity of two popular CrossFit workouts. *Ace pro Source*. November, 3–4.
 33. Rennie, M. J., Bohé, J., Smith, K., Wackerhage, H., & Greenhaff, P. (2006). Branched-Chain Amino Acids as Fuels and Anabolic Signals in Human Muscle. *The Journal of*

- Nutrition*. **136**: 264S-268S.
34. Rindom, E., Nielsen, M. H., Kececi, K., Jensen, M. E., Vissing, K., & Farup, J. (2016). Effect of protein quality on recovery after intense resistance training. *European Journal of Applied Physiology*. **116**: 2225–2236.
 35. Schoenfeld, B. J., Aragon, A. A., & Krieger, J. W. (2013). The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: A meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. **10**: 1–13.
 36. Sears, B., & Bell, S. (2004). *Review The Zone Diet: An Anti-Inflammatory, Low Glycemic-Load Diet*. **2**: 24–38.
 37. Slater, G., & Phillips, S. M. (2011). Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *Journal of Sports Sciences*. **29**.
 38. Snijders T, Trommelen J, Kouw IWK, Holwerda AM, Verdijk LB, van Loon LJC. The Impact of Pre-sleep Protein Ingestion on the Skeletal Muscle Adaptive Response to Exercise in Humans: An Update. *Front Nutr*. 2019;6:17. Published 2019 Mar 6.
 39. Stark, M., Lukaszuk, J., Prawitz, A., & Salacinski, A. (2012). Protein timing and its effects on muscular hypertrophy and strength in individuals engaged in weight-training. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. **9**: 1–8.
 40. Stulnig, T. M. (2015). The ZONE Diet and Metabolic Control in Type 2 Diabetes. *Journal of the American College of Nutrition*. **34**: 39–41.
 41. Šatalić Z., Sorić M., Mišigoj-Duraković M. (2016) Sportska prehrana, Znanje
 42. Tang, J. E., Moore, D. R., Kujbida, G. W., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: Effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology*. **107**: 987–992.
 43. Urbina, S., Hayward, S., Outlaw, J., Holt, J., Burks, B., Cox, B., Faillace, E., Stai, B., Stone, M., Wildman, R., Wells, S., Dunsmore, K., Smith-Ryan, A., Taylor, L., Foster, C., & Wilborn, C. (2013). Performance and body composition effects of a pre-workout supplement and post-workout protein intake in trained crossfit individuals. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. **10**: 13–14.
 44. West, D. W. D., Sawan, S. A., Mazzulla, M., Williamson, E., & Moore, D. R. (2017). Whey protein supplementation enhances whole body protein metabolism and performance recovery after resistance exercise: A double-blind crossover study. *Nutrients*. **9**: 1–18.

Izjava o izvornosti

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Marta Tomljanović

Ime i prezime studenta