Dodaci prehrani za poboljšanje izvedbe kod nogometnih produžetaka

Talan, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:159:072668

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Nikola Talan

6923/N

DODACI PREHRANI ZA POBOLJŠANJE IZVEDBE KOD NOGOMETNIH PRODUŽETAKA

ZAVRŠNI RAD

Predmet: Prehrana sportaša i vojaka

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

Zagreb, 2016.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda

Laboratorij za znanost o prehrani

DODACI PREHRANI ZA POBOLJŠANJE IZVEDBE KOD NOGOMETNIH PRODUŽETAKA

Nikola Talan, 6923/N

Sažetak:

Nogometni produžeci važan su dio nogometne utakmice kojima se odlučuje o prolasku u daljnju fazu natjecanja. Cilj ovog rada je predložiti nutritivne intervencije u obliku dodataka prehrani s ciljem poboljšanja izdržljivosti čime bi se omogućila optimizacija izvedbe u situacijama kada rezultat utakmice zahtjeva igranje produžetaka. Na temelju trenutno raspoloživih podataka, potencijalno djelotvorna suplementacija sastoji se od dodataka prehrani ugljikohidrata, kofeina, kreatina i nitrata. Ergogeni učinak ugljikohidratima ostvaruje se unosom otopine maltodekstrina i fruktoze (400-500 mL, 10-12% ugljikohidrata) tijekom poluvremena utakmice te konzumacijom gela (ugljikohidrati i elektroliti, 0,7 ± 0,1 g/kg TM) prije početka produžetka. Kreatin se preporuča uzimati zajedno s obrokom poslije treninga ili utakmice (3-5 g/kg TM), kofein se preporuča uzimati u obliku kapsula za vrijeme zagrijavanja za utakmicu (6 mg/kg TM), dok se nitrati suplementiraju u obliku soka od cikle (3 L, 36 sati prije utakmice). Pravilnim unosom određenih dodataka prehrani moguće je poboljšati izvedbu nogometaša kod produžetaka.

Ključne riječi: prehrana nogometaša, dodaci prehrani, nogometni produžeci

Rad sadrži: 35 stranica, 2 tablice, 155 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku (pdf format) pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

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

Rad predan: srpanj 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Final work

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

Undergraduate studies Nutrition

Department of Food Quality Control

Laboratory for Nutrition Science

DIETARY SUPPLEMENTS FOR ENHANCING PERFORMANCE IN FOOTBALL EXTRA-TIME

Nikola Talan, 6923/N

Abstract:

The extra-time period is an important part of a football match, although they are relatively rare, because of the role that this additional period of play has in determining success in tournament situations. The goal of this work was to propose nutritional supplementation protocols that football players can use in an attempt to improve their endurance so that the protocol enhances their performance in situations that require the extra-time to be played. The nutritional supplementation protocol consists of carbohydrate supplements, creatine and caffeine. The ergogenic effect of carbohydrate is obtained by muscle glycogen supercompensation, consumption of 400-500 mLs of 10-12% glucose polymer/fructose solution during the half-time and with the consumption of a carbohydrate gel (0,7± 0,1g/kg) prior to the extra time. Creatine supplements should be taken together with the first meal after a training session or a match (3-5 g/kg),caffeine has an ergogenic effect after an acute consumption of a caffeine capsule during the warm up for the match (6 g/kg) and nitrate should be supplemented in the form of beetroot juice (3 L, 36 hours before the game).

Key words: dietary supplements, sports nutrition, extra-time, football

Thesis contains: 35 pages, 2 tables, 155 references

Original in: Croatian

Final work in printed and electronic (pdf format) version is deposited in: Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor*: Zvonimir Šatalić, PhD, Associate Professor*

Thesis delivered: July, 2016.

SADRŽAJ

1.UVOD 1
2. PREHRANA NOGOMETAŠA 2
2.1. Energija 3
2.2.Makronutrijenti 4
2.2.1. Ugljikohidrati 4
2.2.2 Proteini 6
2.2.3. Masti 7
2.3. Mikronutrijenti 8
2.4. Hidracija 8
3. DODACI PREHRANI I ERGOGENA SREDSTVA 10
3.1. Dodaci prehrani korisni u nogometu 12
3.1.1. Kreatin 14
3.1.2. Kofein 17
3.1.3. Suplementacija ugljikohidratima 18
3.1.4. Beta-hidroksi-β-metilbutirat (HMB) 20
3.1.5. β-alanin 20
3.1.6. Nitrati (NO_3^-) 21
3.1.7. Bikarbonati 22
4. FIZIOLOŠKI I METABOLIČKI ZAHTJEVI NOGOMETNE UTAKMICE 23
4.1. Nastanak umora 24
4.1.1. Privremeni umora tijekom utakmice 24
4.1.2. Umor na kraju utakmice 25
4.2. Zahtjevi nogometnih produžetaka 26
4.3. Suplementacija s ciljem poboljšanja izvedbe tijekom nogometnih produžetaka 28
5. ZAKLJUČAK 31
6. LITERATURA 32

1.UVOD

Sportski uspjeh određuje mnogo faktora: genetsko nasljeđe, trening, tehnika, taktika, motivacija te prehrana koja zapravo u najmanjoj mjeri pridonosi uspjehu u sportu. Za razliku od genetike, trening i prehrana u potpunosti su odgovornost pojedinca pa kada su sve druge varijable podjednake, prehrana može biti odlučujući čimbenik pobjede odnosno poraza (Šatalić i sur., 2016; Maughan i Shirreffs, 2007). U vrijeme kada svjetski standardi u sportu rastu, sportaš koji želi biti najbolji mora istražiti sve moguće načine kako bi u tom nastojanju uspio (Maughan i sur., 2007).

Tema ovog rada su dodaci prehrani u nogometu s posebnim naglaskom na one koji nogometašima mogu biti od pomoći kada nogometna utakmica zahtjeva igranje produžetaka. Nogometna utakmica igra se uobičajeno 90 min, no ako je rezultat izjednačen, na kraju utakmice koja se igra u sklopu turnira (FIFA Svjetsko prvenstvo, UEFA Liga prvaka, itd.), igra se produžetak koji se sastoji od dva poluvremena po 15 min. Važnost produžetaka može se iščitati iz podatka da su za vrijeme Svjetskog prvenstva u nogometu 2014. godine, u 50% utakmica faze ispadanja te u tri od pet posljednja finala UEFA Lige prvaka, igrani produžeci.

Dosadašnja istraživanja vezana uz fiziološke i tehničke odgovore na zahtjeve produžetaka su nedostatna što je iznenađujuće ako se uzme u obzir važnost produžetaka u utvrđivanju uspješnosti u utakmicama u sklopu turnira. Međutim, poznato je da tijekom regularnog dijela utakmice dolazi do nastanka umora koji dovodi do smanjenih fizičkih i tehničkih sposobnosti. Kako je sposobnost sprječavanja umora radi održavanja izvedbe izrazito važna, potrebno je pomoć potražiti u različitim strategijama kao što su izmjene, programi aerobnih i anaerobnih priprema te protokol nutritivne suplementacije. Koliko je autoru poznato, do sada nisu predloženi protokoli nutritivne suplementacije s ciljem poboljšanja izvedbe kod nogometnih produžetaka.

Cilj ovog rada je predložiti protokol suplementacije koji nogometaši mogu koristiti kako bi se poboljšao kapacitet izdržljivosti te im se time omogućila optimizacija izvedbe u situacijama kada rezultat utakmice zahtjeva igranje produžetaka.

2. PREHRANA NOGOMETAŠA

Nogomet je najpopularniji među sportovima jer se igra u svim državama svijeta. Prema istraživanju 265 milijuna ljudi diljem svijeta igra nogomet, što ga čini neosporivim sociološkim i medijskim fenomenom (García-Rovés i sur., 2014). Ovaj sport ima bogatu povijest, iako je u obliku u kojem ga danas znamo formiran osnivanjem Engleskog nogometnog saveza (The Football Association – The FA) 1863. godine. Ubrzo nakon toga proširio se kontinentalnim dijelom Europe, a kasnije i Južnom Amerikom te ostalim dijelovima svijeta. Najviša svjetska nogometna organizacija, Fédération Internationale de Football Association (FIFA), osnovana je 1904. godine, a četiri godine kasnije, 1908., održan je prvi uspješan nogometni turnir u sklopu Olimpijskih igara u Londonu (Reilly i Williams, 2003). Jednu nogometnu ekipu čini jedanaest igrača, od kojih je jedan igrač na golu, a ostali igrači definiraju se kao obrambeni, vezni i napadači, ovisno o aktivnosti i položaju na terenu na kojem igraju. Iz ovakve podjele igrača na nogometnom terenu proizlaze i različiti zahtjevi igrača u tehničkim, taktičkim, morfološkim, funkcionalnim, motoričkim, psihološkim izvedbama (Marković, 2013). Jedan od razloga zašto je nogomet toliko popularan je taj što igrači ne moraju imati izvanredne sposobnosti u bilo kojem od spomenutih područja izvedbe, ali moraju posjedovati razumnu razinu sposobnosti unutar svih područja (Stelen i sur., 2005). Nogomet se može smatrati sportom izdržljivosti koji se sastoji od aktivnosti niskog intenziteta s povremenim aktivnostima visokog intenziteta (Reilly i Williams, 2003).

Tijekom jedne nogometne utakmice koja se sastoji od dva poluvremena po 45 min, tipična udaljenost koju jedan vrhunski nogometaš pokrije je 10 do 13 kilometara, pri čemu vezni igrači pretrče veće udaljenosti od ostalih igrača. No, većina te udaljenosti pređena je hodanjem i trčanjem niskog intenziteta, što zahtijeva manju razinu energije (Bangsbo i sur., 2005). Vrhunski igrači trče prosječno intenzitetom koji je blizu anaerobnog praga (80-90% maksimalnog broja otkucaja srca). Iako se većina aktivnosti temelji na izdržljivosti, potrebno je izvoditi i velik broj eksplozivnih aktivnosti, kao što su skakanje, udaranje lopte, uklizavanje, okretanje, sprintanje, promjena ritma i borba za loptu (Stelen i sur., 2005). Ono što razlikuje vrhunske nogometaše od rekreativaca je količina aktivnosti visokog intenziteta. Postoje velike individualne razlike u fizičkim zahtjevima za pojedine igrače s obzirom na poziciju u timu. Brojna istraživanja analizirala su pozicije na kojima igrači igraju u timu. Srednji braniči pokrivaju manju ukupnu udaljenost i izvode manje trčanja visokog intenziteta nego igrači na ostalim pozicijama, što je usko povezano s njihovim taktičkim zadaćama u ekipi. Bočni igrači pokrivaju znatno veće udaljenosti pri visokom intenzitetu i sprintanju, ali

isto tako izvode manje udaraca glavom i uklizavanja od igrača na ostalim pozicijama. Napadači pokrivaju istu udaljenost pri visokom intenzitetu kao i bočni ili vezni igrači, ali pritom odrađuju više sprinteva. Vezni igrači imaju isti broj udaraca glavom i uklizavanja kao srednji braniči i napadači te pokrivaju otprilike iste udaljenosti visokim intenzitetom, ali imaju manje sprinteva od napadača ili bočnih igrača (Mohr i sur., 2003).

2.1. Energija

Nogomet zahtijeva veliki broj sprinteva, a ipak je u biti sport izdržljivosti. Upravo zbog toga je kod nogometa jednako važna sposobnost brze proizvodnje energije, kao i sposobnost neprekinute proizvodnje energije kroz svih 90 min (Reilly i Williams; 2003). Profesionalni nogometaši igraju jednu ili više natjecateljskih utakmica tjedno tijekom gotovo cijele godine. U tom periodu svakodnevno treniraju, nekada i po dva puta dnevno, osobito u vrijeme priprema za sezonu. Tijekom tipičnog tjedna nogometaši prolaze kroz timske, ali i individualne treninge kojima obuhvaćaju treninge izdržljivosti, snage, kondicije, brzine, vještina, taktičkih vježbi i same nogometne igre (Bangsbo, Mohr i Krustrup, 2006). Priroda, volumen i intenzitet treninga razlikuju se s obzirom na dio sezone, tip igrača, igračevu poziciju i individualne ciljeve (Burke i sur., 2006). Energetske potrebe treninga moraju se zadovoljiti kako bi se održao kapacitet izvedbe i spriječio razvitak pretjeranog umora (FIFA,2005). Veliki zahtjevi za energijom mogu se objasniti time da su igrači primorani obavljati ponavljajuće aktivnosti visokog intenziteta. Profesionalni nogometaši izvode 150 – 250 kratkih, intenzivnih aktivnosti tijekom utakmice (Mohri sur., 2003) ukazujući da je anaerobna proizvodnja energije velika u određenim trenucima te je veliki faktor u nastanku umora tijekom utakmice. Kao što je već spomenuto, većinu udaljenosti koju nogometaš prođe tijekom utakmice čine hodanje ili trčanje niskog intenziteta što zahtjeva manju razinu energije, zbog toga su, u smislu proizvodnje energije, važna razdoblja aktivnosti visokog intenziteta (Bangsbo i sur., 2005).

Nogomet je naizmjeničan, intervalni sport u kojem je aerobni energetski sustav visoko opterećen, sa srednjim i najvišim vrijednostima otkucaja srca u minuti od oko 85 i 98% maksimalnih vrijednosti (Krustrup i sur., 2005; Reilly i Thomas, 1979). Prosječna vrijednost potrošnje kisika je oko 70% VO_2 max, što je izračunato na temelju mjerenja tjelesne temperature tijekom nogometne utakmice, koja iznosi 39-40℃ . Tjelesna temperatura jedan je od indirektnih načina mjerenja potrošnje energije tijekom tjelesne aktivnosti, zbog toga jer je otkrivena linearna ovisnost između rektalne temperature i relativnog intenziteta aktivnosti. Ukupna energetska potrošnja i potrebe za energijom jedinstvene su kod svakog pojedinog

nogometaša, a ovise o bazalnom metabolizmu pojedinaca, termičkom efektu hrane, termičkom efektu aktivnosti i u nekim slučajevima o rastu i razvoju (Manore i Thompson, 2006). Energetska potrošnja za vrijeme utakmice u engleskoj Premier ligi procijenjena je na 16,4 kcal po minuti, što znači da igrači tijekom utakmice prosječno potroše 1480 kcal. Upravo zbog svega dosad spomenutog energetski unos nogometaša vrlo je važan. Kao prvo osigurava igračeve potrebe za makronutrijentima i hranom potrebnom za osiguravanje dovoljne količine vitamina, minerala te ostalih nutrijenata za optimalno funkcioniranje i zdravlje. Nadalje, služi za manipulaciju mišićne mase i tjelesnih masnoća potrebnih za postizanje specifičnog sastava tijela koji je idealan za izvedbu na treninzima i utakmicama. Utječe na funkciju endokrinog i imunološkog sustava te je važno spriječiti gastrointestinalne probleme. Prosječni energetski unos tipičnog, muškog nogometaša iznosi 38 – 48 $kcal \cdot kg^{-1} \cdot dan^{-1}$, što za nogometaša prosječne mase od 75 kg iznosi od 2850 do 3600 $kcal \cdot dan^{-1}$ (Bangsbo i sur., 1992; Jacobs i sur., 1982; Rico-Sanz i sur., 1998). Određivanje energetskih potreba može se ostvariti konceptom raspoloživosti energije, što se definira kao ukupan energetski unos minus energija koja je potrošena tjelesnom aktivnošću, dakle raspoloživa energija je energija dostupna za sve fiziološke procese u organizmu (Loucks i sur., 2011). Cilj većine sportaša tijekom određenih dijelova sezone ili njihove karijere nije energetski balans već manipulacija sastavom tijela i zalihama energije što može rezultirati privremenim periodima energetskih deficita ili suficita (Loucks, 2004). Najbolje vrijeme za provođenje nutritivnih intervencija s ciljem povećanja nemasne mase tijela i/ili smanjenja tjelesnih masti je tijekom priprema za sezonu.

2.2.Makronutrijenti

Sportašima, pa tako i nogometašima, nije potrebna prehrana koja se značajno razlikuje od prehrane opće populacije. Određene razlike ipak će postojati zbog zahtjeva tjelesne aktivnosti koju nogometaši izvode. Jedna od razlika je u povećanim energetskim potrebama koje se primarno nadoknađuju ugljikohidratima (Dunford, 2005). Naravno povećane će biti i potrebe za tekućinom zbog velikog gubitka putem znoja (ADA, 2009; 2016).

2.2.1. Ugljikohidrati

Ugljikohidrati su primarno gorivo za tjelesnu aktivnost, upravo zbog toga su pohranjujući oblici ugljikohidrata, mišićni i jetreni glikogen te glukoza u krvi, neophodni za optimalnu izvedbu kod tjelesnih aktivnosti (Dunford, 2006). No, tijelo je u mogućnosti skladištiti ograničenu količinu zaliha ugljikohidrata koja je dovoljna za samo jedan dan napornog treniranja. Prema tome, plan prehrane nogometaša mora biti takav da zadovoljava

dovoljnu količinu ugljikohidrata koja pruža energiju za njihove treninge te da optimizira resintezu mišićnog glikogena između istih (FIFA, 2005).

Generalni ciljevi za unos ugljikohidrata mogu se izraditi s obzirom na igračeve tjelesne karakteristike i zahtjeve njihovih treninga, no prave potrebe su specifične za svakog individualno i moraju biti fino optimizirane s obzirom na ukupne energetske potrebe i specifične ciljeve koje žele ostvariti treningom. Izuzetno je važno pratiti izvedbu na samom treningu i utakmicama kako bi se ustanovila eventualna pogreška u vezi konzumirane količine ugljikohidrata, zbog toga jer neadekvatna, premala količina dovodi do bržeg nastanka umora (FIFA, 2005). Uvođenje tehnike mišićne biopsije u studije tijekom 1960-tih dovelo je do saznanja da prehrana bogata ugljikohidratima koja se provodi tijekom tri dana rezultira povećanjem razine mišićnog glikogena. Rezultat takve dijete, u usporedbi s mješovitom prehranom i prehranom bogatom mastima bilo je produljenje vremena do pojave iscrpljenosti, kada su ispitanici veslali na ergometru pri 75% VO_2 max (Reilly i Williams, 2003). Prehrana nogometaša mora uključivati strategije za efikasno nadopunjavanje potrošenih zaliha energije između utakmica koje se igraju svakih 4-7 dana tijekom sezone, kao i za treninge koji se održavaju između utakmica ili za vrijeme priprema za sezonu. S tim ciljem primjenjuju se taktike nadopune pa čak i superkompenzacije mišićnog glikogena koje započinju 24-48 sati prije utakmica. Razne studije pokazuju da više razine glikogena prije aktivnosti povećavaju kapacitet za broj ponovljenih, intenzivnih aktivnosti čak i u trajanju od samo 6 sekundi (Burke i sur., 2005).

Tablica 2. Smjernice za unos ugljikohidrata kod prehrane nogometaša (Burke i sur., 2004)

- ✓ Unos količine ugljikohidrata koja zadovoljava potrebe njihovog programa treninga i optimizira resintezu mišićnog glikogena između treninga i utakmica.
- ✓ Preporuke u slučaju manje mobilnih igrača, umjerenim programima treninga, periodima restrikcije energije: 5-7 $g/kg \cdot dan^{-1}$.
- ✓ Preporuke u slučaju teških treninga, treninga dva puta dnevno, punjenja glikogena za utakmicu: 7-12 $g \cdot kg^{-1} \cdot dan^{-1}$.
- ✓ Igrači bi trebali prepoznati da njihove potrebe na ugljikohidratima variraju tijekom tjedna, sezone i tijekom karijere te moraju prilagoditi unos ugljikohidrata prema tim specifičnim potrebama.
- ✓ Unos ugljikohidrata za oporavak neposredno nakon treninga (0-4 sata nakon) trebao bi iznositi 1 – 1,2 g/kg TM/sat, konzumiran u čestim obrocima.

✓ Hrana bogata ugljikohidratima s umjerenim do visokim glikemijskim indeksom pružaju lako dostupan izvor ugljikohidrata za sintezu mišićnog glikogena i trebalo bi ih preferirati kod oporavka
▪ Preporuke se ne bi se trebale izražavati kao postotak s obzirom na ukupni dnevni energetski unos jer nisu praktične za korisnike niti su jednake stvarnim apsolutnim nutritivnim potrebama

2.2.2 Proteini

Proteini su po mišljenju samih sportaša ključan nutrijent za uspjeh u sportu. Drevni olimpijci jeli su neobično velike količine mesa, a današnji sportaši na raspolaganju imaju veliku paletu proteinskih i aminokiselinskih suplemenata koji im pomažu u povećanju dnevnog unosa proteina. Suprotno uvriježenom mišljenju, uzimanje dodataka prehrani s proteinima ipak rezultira kompenzacijom tj. ovi sportaši ipak prilagođavaju spontani unos proteina putem hrane tj. smanjuju ga. Proteini imaju središnju ulogu u procesu adaptacije koja se događa kao odgovor na trening. Aminokiseline iz proteina tvore gradivne komponente za izgradnju novog tkiva, uključujući mišića te popravak starog, oštećenog tkiva. Aminokiseline su također i gradivne komponente za hormone i enzime koji reguliraju metabolizam i ostale tjelesne funkcije. Mnogo faktora mora se uzeti u obzir kod procjene optimalnih potreba za proteinima u tjelesno aktivnih pojedinaca, među kojima su kvaliteta proteina, unos energije, unos ugljikohidrata, intenzitet i trajanje treninga te vrijeme unosa proteina (Lemon, 2010). Trenutačna preporučena količina za unos proteina, od 0,8 $g \cdot kg^{-1} \cdot dan^{-1}$, dovoljna je da zadovolji potrebe gotovo svih (97,5%) zdravih žena i muškaraca starijih od 19 godina. Kod odraslih osoba, redoviti treninzi induciraju veću oksidaciju proteina (Poortmans, 2004). Ova količina proteina može biti primjerena za tjelesno neaktivne osobe, ali nije dovoljna da zadovolji dodatne potrebe uslijed oksidacije proteina tijekom tjelesne aktivnosti, niti je dovoljna da održi rast nemasne mase te popravak oštećenja nastalih uslijed tjelesne aktivnosti (ADA, 2000; Tarnopolsky, 2004).

Nogomet je sport izdržljivosti koji se sastoji od aktivnosti niskog intenziteta s povremenim aktivnostima visokog intenziteta. Takve aktivnosti od nogometaša zahtijevaju i izdržljivost, ali i snagu kroz 90 minuta trajanja utakmice. Kao rezultat toga, nogometaši mogu imati koristi od unosa veće količine proteina od one preporučene ne samo zbog potencijala za poboljšanje snage, nego i zbog opskrbljivanja aminokiselinama usred povećanja njihove oksidacije tijekom treninga i utakmica. Rezultat istraživanja Boisseau i sur., (2007) sugerira

da su nogometašima potrebne veće količine proteina u njihovoj prehrani. Na temelju ovog i sličnih istraživanja čini se kako adekvatan unos proteina za nogometaše iznosi 1,4 – 1,7 g·kg TM^{-1}·dan^{-1}. Vrlo važnim pokazalo se tempiranje unosa proteina. Preporuča se raspodijeliti unos proteina kroz dulji vremenski period tijekom dana i kroz više obroka, nego unijeti velike količine jednom dnevno. Time se ostvaruje bolja podrška hipertrofiji i oporavku mišića (Skolnik i Chernus, 2010).

2.2.3. Masti

Masti su neophodna i važna sastavnica normalne prehrane. Tijelo opskrbljuju energijom, tvore stanične membrane, a u njima su otopljeni i nutrijenti kao što su vitamini A, D, E i K (ADA, 2000). Masti se u tijelu skladište u obliku triglicerida te se nalaze u adipocitima, između mišića kao i između mišićnih stanica. Prilikom tjelesne aktivnosti trigliceridi se hidroliziraju do glicerola i slobodnih masnih kiselina koji se tada transportiraju do mišića kako bi se iskoristili kao izvor energije (Reilly, Williams, 2003).

Intenzitet i trajanje aktivnosti važne su odrednice oksidacije masti. Stopa oksidacije masti raste porastom intenziteta aktivnosti do određenih vrijednosti, a nakon toga daljnjim povećanjem intenziteta, stopa oksidacije masti opada. Maksimalna stopa oksidacije masti nastupa pri 59 do 64% VO_2 max kod tjelesno aktivnih osoba i između 47 i 64% VO_2 max kod velike većine opće populacije (Achten, Jeukendrup, 2004). Preporučeni unos masti je 20-35 % kcal. Unos zasićenih masnih kiselina ne bi trebao biti veći od 10%, unos mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina bi trebao biti po 10%, a unos transmasnih kiselina <1% (ADA, 2009). Najbolji izvori masti su one biljnog porijekla (maslinovo ulje, repičino ulje, bučino ulje te orašasto voće) koje povoljno utječu na omjer omega 3 i omega 6 masnih kiselina (Dundorf, 2005).

Mali broj istraživanja bavilo se ulogom masti u procesu oporavka tijela nakon tjelesne aktivnosti, a još manji broj istraživanja pritom se bavilo konkretno nogometom. Rezerve masti nisu limitirane, tijekom ili nakon tjelesne aktivnosti, tako da je malo vjerojatno da nadoknada zaliha masti ima presudan utjecaj na oporavak. Bez obzira na to, postoje podaci koji pokazuju potencijalne implikacije masti na oporavak od tjelesne aktivnosti. Jedno istraživanje pokazalo je povećanje ulaska aminokiselina u mišiće nakon konzumacije punomasnog mlijeka u odnosu na obrano mlijeko (Elliot i sur., 2006). Unos masti ne bi smio biti prenizak. Dokazano je da prehrana koja sadrži malo masti, 15% kcal, reducira stopu oporavka zaliha intramuskularnih triglicerida. Iako važnost intramuskularnih zaliha

triglicerida kod nogometaša još uvijek nije poznata, postoji mogućnost da imaju važnu ulogu u oporavku između aktivnosti visokog intenziteta, najčešće sprinta. Ne preporuča se unos manji od 20% kcal ili veći od 70% zbog utjecaja na zdravlje te takav, veliki unos masti dovodi do smanjenja količine unesenih ugljikohidrata i proteina što dovodi do štetnog utjecaja na sportske rezultate (Šatalić i sur., 2016).

2.3. Mikronutrijenti

Mikronutrijenti imaju važnu ulogu u procesu proizvodnje energije, sintezi hemoglobina, održavanju zdravlja kostiju, pravilnoj imunološkoj funkciji i zaštiti organizma od oksidativnog oštećenja te također sudjeluju u sintezi i popravku mišićnog tkiva u procesu oporavka nakon tjelesne aktivnosti. Tjelesna aktivnost dodatno napreže mnoge od metaboličkih puteva kojima su potrebni mikronutrijenti i može dovesti do metaboličkih adaptacija u kojima se povećavaju njihove potrebe. Kao rezultat, povećane su potrebe za unos mikronutrijenata kako bi se pokrile potrebe organizma za izgradnju, popravak i održavanje nemasne mase tijela (ADA, 2009). Vitamini i minerali kojima sportaši moraju posvetiti veću pažnju uključuju: vitamin D, vitamine B grupe, kalcij, željezo, cink, magnezij i neke antioksidanse kao što su vitamin C, vitamin E, β-karoten i selen (Driskell, 2006). Ove nutrijente, kao i sve ostale, treba osigurati raznolikom prehranom putem cjelovite hrane visoke nutritivne gustoće kao što su povrće, voće, leguminoze, žitarice itd (FIFA, 2005).

Istraživanja pokazuju da većina nogometaša unosi preporučene količine mikronutrijenata kroz cjelovitu hranu. Nogometaši koji su u povećanom riziku od nedovoljnog unosa mikronutrijenata su oni koji pokušavaju smanjiti svoju tjelesnu masu te zbog toga provode prehranu restriktivnu na energiji, nogometaši u čijoj prehrani nedostaje raznovrsnosti, oni koji konzumiraju namirnice s malom nutritivnom gustoćom te oni koji eliminiraju jednu ili više skupina namirnica iz njihove prehrane (DC i ACSM, 2016; FIFA, 2005). Ne postoje dokazi da je potrebna suplementacija bilo kojim mikronutrijentom, niti da će suplementacija poboljšati izvedbu (Maughan, 1999).

2.4. Hidracija

Voda je medij za biokemijske reakcije, metabolizam, transport supstrata kroz stanične membrane, važna je za kardiovaskularne funkcije, regulaciju temperature i brojne druge fiziološke procese (Lawrence i Armstrong, 2015). Odgovarajući stupanj hidracije, euhidracija, važan je za akutno i kronično zdravlje, zbog toga jer dehidracija dovodi do pogoršanja regulacije temperature, povećanja kardiovaskularnog stresa, smanjenja sposobnosti kod tjelesnih aktivnosti i slabljenja kognitivnih funkcija (Burchfield i sur., 2015).

Kao dodatak normalnim dnevnim gubicima vode kroz respiraciju, gastrointestinalni trakt, bubrege, sportaši moraju nadoknaditi i gubitak velike količine vode znojenjem. Znojenje je jedan od mehanizama za smanjenje tjelesne temperature, koje nastaje kao nusproizvod mišićnog rada, ali je i često određeno uvjetima okoliša. Svrha znojenja je održati tjelesnu temperaturu u prihvatljivim granicama (Sawka, 2007). Tijekom utakmice za vrijeme vrućeg dana gubici vode putem znoja mogu iznositi i 3 L (FIFA,2005). Dehidracija narušava fizičku i mentalnu izvedbu pri čemu veća narušavanja nastaju u vrućem okolišu i kod dugotrajnih aktivnosti (Maughan i Shirreffs, 2010). Kako bi se održala homeostaza, optimalna funkcija organizma, izvedba i percepcija općeg stanja, sportaši bi trebali nastojati provoditi planove hidracije prije, tijekom i nakon aktivnosti (DC i ACSM, 2016). Ne postoji zlatni standard za procjenu stupnja hidracije jer iako trenutne laboratorijske tehnike za procjenu hidracije mogu biti točne, većina ih je skupa, oduzima puno vremena i zahtjeva stručnu pomoć (Armstrong, 2007; Kavouras, 2002). Različita mjerenja urina koriste se kao sredstvo za procjenu hidracije, zbog toga jer izlučivanje urina odražava neto sadržaj vode. Tako se stupanj hidracije može procijeniti na temelju boje, ali i volumena urina (Armstrong, 2010). Broj mokrenja tijekom 24 sata može biti indikacija stupnja hidracije. Ispitanici s većim brojem mokrenja tijekom 24 sata bili su euhidrirani, odnosno imali su povoljnije biomarkere hidracije nego ispitanici koji su imali manju učestalost mokrenja (Burchfield, 2015).

Neki sportaši započinju tjelesnu aktivnost u dehidriranom stanju što dovodi do negativnih utjecaja na izvedbu te je stoga vrlo važna prehidracija, tj. započeti tjelesnu aktivnost u stanju euhidracije i s normalnim razinama elektrolita u plazmi jer se tijekom tjelesne aktivnosti ne uspijeva u potpunosti provesti nadoknada (Šatalić i sur.,2016). Prehidracija se može postići unosom 5 – 10 mL/kg TM tekućine 2 do 4 sata prije aktivnosti kako bi se ostvario urin svjetlo žute boje te dobilo na vremenu za izbacivanje viška tekućine, ali stvarnu količinu vode koju bi u svrhu postizanja euhidracije za početak TA trebalo unijeti je teško predvidjeti jer naravno izuzetno ovisi o količini zadržane vode tj. zatečenom stupnju hidracije (Sawka i sur., 2007). Tijekom aktivnosti nogometaši bi trebali piti dovoljno tekućine da nadoknade vodu izgubljenu znojenjem, nije potrebno nadoknaditi cijelu količinu koja se izgubila znojenjem, nego toliko dehidracije ne bude veća 2% (DC i ACSM, 2016). Količina i stopa unosa tekućine tijekom aktivnosti ovisi o količini proizvedenog znoja, trajanju aktivnosti i prilikama za pijenje. Mjerenja tjelesne mase prije i poslije aktivnosti mogu pomoći sportašu pri procjeni količine izgubljene tekućine tijekom aktivnosti kako bi sebi mogli prilagoditi strategije nadoknade tekućine (Sawka i sur., 2007). Upotreba sportskih

napitaka koji sadrže ugljikohidrate i elektrolite može pomoći održati ravnotežu tekućine i elektrolita te time poboljšati samu izvedbu na terenu. Nogometaši bi trebali unijeti napitak koji sadrži 6-8% ugljikohidrata (30-60 grama ugljikohidrata po satu) i elektrolite (0,5-0,7 grama natrija po litri napitka) (Dunford, 2005). Većina sportaša završi aktivnost dehidrirana te moraju uspostaviti euhidraciju u procesu oporavka u što kraćem vremenskom periodu, ukoliko ubrzo slijedi naredna aktivnost (Kenefick, 2012). Moraju se unijeti dovoljne količine tekućine, ali i soli izgubljenih tijekom aktivnosti. Za efektivnu rehidraciju potrebno je unijeti veći volumen tekućine (125 – 150%) nego je iznosio završni deficit na tekućini, što znači da treba unijeti 1,25 – 1,5 litara vode za svaki kilogram izgubljene tjelesne mase (Sawka i sur., 2007).

3. DODACI PREHRANI I ERGOGENA SREDSTVA

U vrijeme kada se neprestano teži za višim sportskim rezultatima, sportaši koji žele dosegnuti te razine i biti najbolji u svojem sportu moraju istražiti sve mogućnosti kako bi to i ostvarili. Mnogi sportaši misle da pravilnom prehranom ne mogu ostvariti optimalnu izvedbu već da moraju posegnuti za korištenjem dodataka prehrani kako bi poboljšali prehranu ili ostvarili prednost u natjecanju. No međutim, pravilna prehrana koja se sastoji od obilja različite hrane, ako se pritom unosi dovoljno hrane za postizanje energetskih potreba treninga i natjecanja, trebala bi pružiti sve nutrijente koje sportaš treba. Dodaci prehrani ni u kojem slučaju ne bi smjeli biti zamjena za pravilno odabranu cjelovitu hranu (Maughan u sur.,2007).

Velik broj opće populacije danas koristi dodatne prehrani, a istraživanja pokazuju kako je stopa korištenja još veća kod sportaša (Huang i sur.,2006). Analiza na svjetskim nogometnim prvenstvima 2002. i 2006. godine pokazala je kako je stopa korištenja dodataka prehrani 2002. godine iznosila 0,7 suplemenata po nogometašu, dok je 2006. narasla i iznosila 1,3 suplemenata po nogometašu. Najčešće konzumirani dodatci prehrani su vitamini (41,1%), zatim minerali (21,2%) i aminokiseline (11,1%) (Tscholl i sur., 2008). Samo nekoliko istraživanja pokušalo je kvantitativno odrediti frekvenciju ili količinu korištenja suplemenata, ali čini se da je uobičajeno za sportaše da na ovaj način prekorače preporučene doze suplemenata. Mogući razlog tome leži u razmišljanju da je više ujedno i bolje ili u tome da njihovi suigrači uzimaju veće doze od preporučenih. Dobrobiti korištenja suplemenata uključuju praktičnu pomoć za postizanje nutritivnih ciljeva vezanih uz sport, prevencija ili liječenje nutritivnih nedostataka, placebo efekt i u nekim slučajevima, direktni ergogeni učinak (Maughan, 2014; Burke i sur., 2015).

Činjenica je da se svi nogometaši ne hrane pravilno. Raznolikost u prehrani i ukupna energetska vrijednost mogu u nekim trenucima biti ograničeni. Sportaši su često u iskušenju korištenja individualnih nutrijenata u koncentriranom obliku kako bi se zaštitili od mogućih nutritivnih nedostataka. Generalno, suplementi bi se trebali koristiti jedino kada je potvrđen nedostatak na temelju biomarkera koji je ne samo adekvatan pokazatelj nutritivnog statusa dotične hranjive tvari, nego je i određen adekvatnom laboratorijskom metodom, a i u tim situacijama je suplementacija kratkotrajno rješenje, koje mora biti provođeno pod stručnim vodstvom dok se ne uspostavi potrebna promjena u prehrani (Maughan i sur.,2011).

Multinacionalna industrija dodataka prehrani profitirala je na temelju općeg mišljenja da korištenje dodataka prehrani može u nekom pogledu biti kompenzacija za lošu prehranu i povećani stres. U 2013. godini profit globalnog tržišta suplementima procijenjen je na 82 milijarde američkih dolara, od čega je 28% profita ostvareno samo u Sjedinjenim Američkim Državama (Teichner i Lesko, 2013). U moru proizvoda koji postoje na tržištu, konkretni dokazi o njihovom djelovanju i sigurnosti postoje samo za nekolicinu. Jednako tako, u zadnje vrijeme postaje jasno da sportaši mogu različito reagirati na dodatke prehrani, kao što je slučaj s vitaminsko-mineralnim suplementima kod kojih će sportaši koji pate od nedostatka istih vrlo vjerojatno pozitivno reagirati, dok kod onih koji nemaju nedostataka, neće doći do poboljšanja zdravlja ili izvedbe (Maughan i sur., 2007). Sportaši koji uzimaju suplemente većinom nisu informirani o potencijalnim učincima suplemenata koje koriste, a jasno je da bi se suplementi trebali koristiti tek nakon pažljive analize pozitivnih i negativnih strana uzimanja. Nadalje, suplementi se često koriste na neadekvatan način te je s toga jasno da bi sportašima koristili profesionalni savjeti sportskog nutricionista prije korištenja samih suplemenata. Vitaminsko-mineralni suplementi često se koriste svakodnevno te se na njih gleda kao, *za svaki slučaj*. Iako je takav način suplementacije moguće bezopasan, nije tome uvijek tako. Rutinska suplementacija željezom može imati puno više štete nego koristi te je rizik od trovanja željezom jako velik (Papanikolaou i Pantopoulos, 2005).

Najveća zabrinutost sportaša koji su podložni doping kontroli na supstance koje su zabranjene u sportu je mogućnost da suplementi sadrže neke spojeve koji će dovesti do pozitivnog testa na dopingu (Maughan, 2005). Za sportaše koji padnu na doping kontroli to može značiti gubitak medalja osvojenih na terenu, kao i privremenu suspenziju od daljnjih natjecanja, nadalje sve skupa na kraju dovodi do nepovratnog gubitka reputacije među kolegama i u društvu općenito te do gubitka izvora prihoda. U slučajevima namjernog varanja takve kazne su prikladne, no u slučajevima nedužne kontaminacije dodacima prehrane

spomenute kazne čine se prestroge. Strogo načelo odgovornosti koje primjenjuje Svjetska antidoping agencija (WADA) ne pravi razliku između namjernog varanja i slučajnog pozitivnog rezultata (Maughan, 2011). Mnoga istraživanja pokazala su da je česta kontaminacija dodataka prehrani s nedopuštenim supstancama (Maughan, 2005). Značajna količina suplemenata proizvedena širom svijeta sadrži kontaminante, anaboličke androgene steroide (AAS) koji spadaju u anaboličke supstance te su zbog toga zabranjeni u sportu (WADA, 2004). Neprijavljeni AAS prvi su puta u suplementima pronađeni 2000. godine. U jednom istraživanju analizirana su 643 različita suplementa iz 13 država koji prema njihovoj deklaraciji nisu sadržavali steroide. U 14,8% od svih testiranih suplemenata pronađeni su AAS u koncentracijama koje su mogle dovesti do pozitivnih testova na doping. Zbog toga ne čudi da su mnogi poznati sportaši bili pozitivni na doping testu zbog otkrivanja AAS-a i prohormona u njihovoj krvi (Striegel i sur., 2004). Sportaš ne može znati koji produkti su kontaminirani i kada rizik za mogući pozitivan test na doping može biti velik. Američka Agencija za hranu i lijekove (FDA) predlaže da se naprave promjene koje će zahtijevati da se svi dodaci prehrani proizvode i obrađuju na takav način da se minimalizira, ako ne i eliminira rizik slučajne kontaminacije (FDA, 2003).

3.1. Dodaci prehrani korisni u nogometu

Dobro isplanirana prehrana koja zadovoljava potrebe za energijom i nutrijentima te uključuje pravovremeni unos obroka osnova je na kojoj se temelje optimalan trening i sportska izvedba. Bez obzira na to opće je uvjerenje da, u suradnji s pravilno programiranim treningom, prikladan unos nekih dodataka prehrani može poboljšati izvedbu. Malo pažnje poklonjeno je proučavanju utjecaja dodataka prehrani na poboljšanje izvedbe u kontekstu timskih sportova. Takva analiza je vrlo važna jer je dokazano da je umor vrlo specifičan s obzirom na zadatke sportaša te zbog toga suplementi koji poboljšavaju neki oblik sportske izvedbe ne moraju nužno biti korisni kod timskih sportova (Bishop, 2010). Mnoge sportske organizacije i federacije, kao i timovi ili individualni sportaši, dobiju zamašna sponzorstva od kompanija koje proizvode suplemente. Primjena dodataka prehrani postala je standardna procedura u nogometu, često je promoviraju treneri ili timski liječnici pa čak i roditelji mladih igrača (Hespel i sur., 2006).

Timski sportovi su najpopularniji oblik sporta u svijetu s milijunima sudionika. Bez obzira što je timski sport sveprisutan, teško je definirati što točno znači izvedba kod timskih sportova. Razlog tome leži u činjenici da se kod timskih sportova pobjednik odlučuje na temelju postignutih poena/golova, a ne nekim individualnim karakteristikama, kao što su

brzina, snaga ili izdržljivost. Bez obzira na to moguće je odrediti fizičke kvalitete koje su važne za uspjeh u timskom sportu. To su ponovljeni intervali maksimalne aktivnosti visokog intenzizeta (sprintevi) te kao dodatak tome mnogi sportovi zahtijevaju izvođenje eksplozivnih skokova i ubrzanja. To sugerira da su važne fizičke odrednice brzina, snaga i čvrstina, ponovljena ili naizmjenična sposobnost sprinta te aerobna izdržljivost. Dodaci prehrani koji potencijalno mogu smanjiti utjecaj limitirajućih faktora (limitirajuća opskrba energijom i akumulacija produkata metabolizma) trebali bi poboljšati izvedbu i kod sprinteva i kod skokova (Bishop, 2010).

Treniranje i igranje nogometa može povećati potrebe za mikronutrijentima i makronutrijentima. Kod profesionalnih igrača to povećanje može biti značajno zbog tempa od po dvije utakmice tjedno između kojih su i brojni treninzi. Bez obzira na to, povećane potrebe mogu se pokriti adekvatnim upravljanjem prehrane i uspostavom dobrih prehrambenih navika kako bi se ostvario konstantan unos dobro isplanirane i pravilne prehrane i to bi trebala biti primarna nutritivna strategija za podupiranje optimalne izvedbe u nogometu (Burke i sur., 2006). Prehrambene navike koje optimiziraju izvedbu kod nogometaša uključuju manipulaciju kvantitete i vrste hrane radi postizanja oscilirajućih energetskih potreba, odabir hrane koja pruža adekvatne količine ugljikohidrata, proteina i mikronutrijenata te je još važan trenutak unosa nutrijenata kako bi se ubrzao oporavak između treninga te potaknula adaptacija na isti (Hawley i sur., 2006).

Uzimanje nekih specifičnih suplemenata u kombinaciji s odgovarajućim treningom i pravilnom prehranom može dovesti do poboljšanja izvedbe u nogometu. Bez obzira što ne postoje dokazi da dodaci prehrani mogu utjecati na odnos broja postignutih i primljenih golova, znanstveno je dokazano da neki dodaci prehrani mogu utjecati na faktore koji određuju nogometnu izvedbu. Takozvani ergogeni utjecaj tih dodataka prehrani je uglavnom vrlo mali te je relevantan samo u vrhunskom nogometu gdje vrlo male razlike mogu značiti pobjedu ili poraz. Važno je za napomenuti da se uporaba dodataka prehrani mora prethodno testirati na treningu prije upotrebe na natjecateljskim utakmicama kako bi se izbjegle moguće nuspojave. Kako bi se prepoznali suplementi s potencijalno korisnim učinkom vezanim za nogomet određena su tri zahtjeva: suplement mora funkcionirati, što znači da mora utjecati na fizičko/fiziološke, mentalne ili zdravstvene faktore koji određuju izvedbu u nogometu; suplement ne smije izazivati nikakve štetne učinke po zdravlje; suplement mora biti legalan, odnosno ne smije sadržavati supstance koje su zabranjene od strane WADA-e. Iako bi suplementi trebali imati mjerljiv utjecaj na izvedbu koji je značajniji od samog placebo efekta,

važno je uočiti da suplementi mogu služiti kao izvrstan placebo. Ako se koriste kao placebo, moraju se primijeniti u samo nekolicini vrlo važnih utakmica (Hespel i sur., 2006)

Tablica 4. Suplementi koji su potencijalno djelotvorni za nogomet (Hespel i sur., 2005)

Dodatak prehrani	**Ergogeni ili zdravstveni učinci**	**Fiziološki mehanizmi vezani uz opaženi učinak**
Aminokiseline/ proteini/ proteinski hidrolizati	Povećava mišićni volumen, nemasnu tjelesnu masu Stimulira oporavak nakon tjelesne aktivnosti	Stimulira unos aminokiselina u mišić Stimulira sintezu mišićnih proteina Stimulira otpuštanje inzulina Stimulira resintezu mišićnog glikogena
Kofein	Poboljšava izdržljivost Poboljšava vrijeme reakcije, mentalnu budnost i vizualno procesiranje informacija	Stimulira lipolizu i oksidaciju mišićnih triglicerida Stimulira oksidaciju egzogenih ugljikohidrata Povećava broj otkucaja srca Psihostimulativni učinci
Ugljikohidrati	Poboljšava izdržljivost Stimulira oporavak nakon tjelesne aktivnosti	Stimulira i održava oksidaciju mišićnih ugljikohidrata Prevencija hipoglikemije Stimulira resintezu mišićnog glikogena Stimulira otpuštanje inzulina Inhibira degradaciju mišićnih proteina
Kreatin	Stimulira snagu i jakost Povećava mišićni volumen/nemasnu mišićnu masu Stimulira oporavak od tjelesne aktivnosti	Povećava koncentraciju mišićnog kreatina Olakšava resintezu mišićnog fosfokreatina Smanjuje vrijeme potrebno za fazu relaksacije mišića Povećava kapacitet kod vježbi snage Stimulira resintezu mišićnog glikogena

3.1.1. Kreatin

Godine 1992. otkriven je potencijal mišića za povećanjem koncentracije fosfokreatina nakon suplementacije kreatinom. Nakon tog događaja došlo je do velikog porasta interesa za ovo jedinstveno ergogeno sredstvo, čiji produkt ima ogromni značaj za biokemičare, znanstvenike u području sporta, sportaše, trenere, liječnike i industriju dodataka prehrani. Kreatin je derivat tri aminokiseline te se velikom većinom (95%) nalazi u mišićima od čega 60-70% u obliku fosfokreatina, a ostatak se nalazi u mozgu, testisima i bubrezima. Sinteza

počinje primarno u bubrezima iz glicina i arginina čime nastaje α-metilguanido-octena kiselina koja se dovodi u jetru gdje reagira sa S-adenizilmetioninom pri čemu nastaje kreatin. Otprilike 1-2 grama kreatina se sintetizira dnevno i dospijeva u skeletne mišiće (Burke i sur., 2012). Dominantni izvori kreatina u hrani su meso i riba u koncentraciji od 3-7 g/kg. Može se pretpostaviti da se u tijelu muškarca od 70 kg nalazi kreatinski bazen od oko 120 g (Burke i sur., 2012).

Konzumacija kreatina dovodi do porasta količine kreatina u mišićima što rezultira većim koncentracijama fosfokreatina, ali i slobodnog kreatina u skeletnim mišićima. Kreatin ima vrlo važnu ulogu u metabolizmu energije i proizvodnji energije za aktivnosti kratkog trajanja. U trenucima kada tijelo miruje ATP se primarno proizvodi u mitohondriju oksidativnom fosforilacijom iz ADP-a. Nakon transporta u sarkoplazmu, neke molekule ATP-a reagiraju s kreatinom pomoću enzima kreatin fosfokinaze pri čemu nastaje fosfokreatin i ADP do trenutka postizanja ravnoteže. Kada je ATP potreban za nastanak stanične energije, kao što je kod kontrakcije mišića, enzim kreatin fosfokinaza provodi obrnutu reakciju nastanka fosfokreatina što znači da tom reakcijom dolazi do resinteze ATP-a. Time kreatin indirektno služi za održavanje koncentracije fosfokreatina za potrebe resinteze ATP-a (Burke i sur., 2012).

Sintetički suplementi kreatina postoje u obliku kreatin monohidrata i raznih soli kreatina, kao što su kreatin citrat ili kreatin piruvat. Ne postoje dokazi da su takozvane specijalne kreatinske formulacije bolje od kreatin monohidrata koji je uz to i jeftiniji. Međutim, soli kreatina se lakše otapaju i stabilne su u otopini te se zbog toga mogu koristiti u sportskim napitcima i gelovima. Poznato je da suplementacija kreatinom povećava snagu tijekom kratkih, maksimalnih sprinteva, čak i kada su takve aktivnosti dio sporta izdržljivosti kao što je nogomet (Burke i sur., 2002; Mujika i sur., 2000). Kod profesionalnih nogometaša aktivnosti visokog intenziteta obavljaju se 8-18% od ukupnog vremena utakmice, dok je 70-80 % vremena hodanje i trčanje laganim intenzitetom. Također, tijekom utakmice nogometaši izvode 10-19 uklizavanja i 9-13 udaraca glavom koji su jednako tako aktivnosti visokog intenziteta, a dokazana je korelacija između uspješne nogometne izvedbe i količine izvedenih aktivnosti visokog intenziteta tijekom utakmice (Mujika i sur., 2000). Nekoliko studija pokazalo je da suplementacija kreatinom može dovesti do povećanja na nemasnoj masi i snazi te eksplozivnosti ukoliko se paralelno provode i treninzi snage (Hespel i sur., 2005).

Nakon faze punjenja kreatina, uobičajeno 20-30 g·dan^{-1} tijekom perioda od 4-7 dana, razina kreatina u mišićima poraste prosječno za 25% do razine od 160 mmol/kg. Na taj način nogometaši mogu početi utakmicu s povećanim količinama kreatina dostupnog za proizvodnju energije. Postoje različite varijabilnosti u pogledu povećanja koncentracije kreatina nakon suplementacije, neki pojedinci ne reagiraju na suplementaciju dok neki drugi, pogotovo oni koji su imali malu inicijalnu koncentraciju kreatina, reagiraju dobro te dolazi čak i do povećanja koncentracije kreatina za više od 30%. Nakon faze punjenja slijedi faza održavanja u kojoj se unosi 3-5 grama dnevno zbog toga jer tijelo dnevno razgrađuje 1-2 grama kreatina do kreatinina koji se iz tijela izlučuje kroz bubrege. Postoje indikacije da učinci suplementacije kreatinom mogu izblijediti nakon dva mjeseca, zbog čega se preporuča prekid suplementacije kreatinom nakon 8-10 tjedana korištenja s periodom pražnjenja u minimalnom trajanju od 4 tjedana (Derave i sur., 2003). Unos kreatina nakon treninga u kombinaciji s ugljikohidratno-proteinskim suplementima može poboljšati retenciju mišićnog kreatina zahvaljujući povišenoj koncentraciji cirkulirajućeg inzulina (Simpson i Greenhaff, 2000). Osim u aktivnostima visokog intenziteta i kod vježbi snage, kreatin može imati pozitivan utjecaj na izvedbu u nogometu i zbog povećanja izdržljivosti. Takav efekt se postiže nakon unosa kreatina u kombinaciji s hranom bogatom ugljikohidratima čime se poboljšava regeneracija glikogena nakon tjelesnih aktivnosti (Loon i sur., 2004).

Najčešća nuspojava suplementacije kreatinom je značajno povećanje tjelesne mase od čak 1-3 kilograma kroz 3-4 dana. Nastaje kao posljedica akumulacije intracelularne vode i glikogena. Inicijalna zabrinutost zbog mogućih negativnih utjecaja kreatina na bubrežnu funkciju pokazala se netočnom, jer ni akutnim ni kroničnim korištenjem suplemenata nije došlo do promjene bubrežnih funkcija. Epidemiološke studije o uporabi kreatina pokazale su da su najčešće nuspojave gastrointestinalne smetnje, disfunkcija mišića te dobitak na masi. Ukoliko se u crijevima postigne maksimalna koncentracija kreatina za normalnu apsorpciju, višak kreatina može uzrokovati stvaranje plinova, rijetku stolicu ili pak dijareju. S obzirom na dostupnu literaturu, niti jedna studija nije pokazala da suplementacija kreatinom izaziva značajne gastrointestinalne smetnje kada se uzima u preporučenim dozama (u bolusima od po 5 grama te ukupnu najviše 35 grama dnevno) (Terjung i sur., 2000). Dokazano je da kratkotrajna oralna suplementacija kreatinom od 28 dana nema nikakav štetan učinak na GI trakt, ako se uzima u preporučenim dozama (do 10 grama po porciji). No postoji opasnost od dijareje ako se prekorače preporučene doze. Prema tome, prije nego se sportaši odluče na

suplementaciju kreatinom, trebalo bi ih educirati o pravilnom doziranju ili bi za vrijeme suplementacije morali biti pod medicinskim nadzorom (Ostojić i Ahmetović, 2008).

3.1.2. Kofein

Kofein je najčešće korišteno psihoaktivno sredstvo u svijetu koje se prirodno nalazi u kavi, čaju, coca-coli, čokoladi i raznim energetskim napicima. Nema nutritivne vrijednosti, ali je sveprisutan u društvu, pogotovo kod odrasle populacije. Njegova poznata svojstva su redukcija umora i povećanje budnosti što odgovara općoj populaciji koja mora produljiti kapacitet za radne aktivnosti, kao što su studenti, radnici koji rade u smjenama, vozači kamiona na duge relacije, pripadnici vojnih snaga i sportaši. U posljednje vrijeme nastaju novi proizvodi koji omogućavaju konzumaciju kofeina kao ergogenog sredstva. Kofein se koristi radi poboljšanja sportske izvedbe više od stoljeća i uvelike je istraživan u znanstvenim krugovima posljednjih 40 godina. Do 2003. godine kofein je bio na popisu supstanci zabranjenih od strane Međunarodnog olimpijskog odbora (MOO) s točno određenim dopuštenim koncentracijama u krvi, a sve više vrijednosti bile su smatrane dopingom. No, 2004. godine kofein je maknut s liste nedozvoljenih supstanci što je značilo da ga sportaši mogu konzumirati, bilo kao sastojkom normalne prehrane ili kao ciljanim sredstvom za poboljšanje izvedbe, bez straha od sankcija (Burke i sur., 2010).

Gotovo 100% oralno konzumiranog kofeina je apsorbirano i počinje se pojavljivati u krvi unutar 5 minuta od konzumacije. Uobičajeno konzumirane doze od 4-6 mg/kg TM izazivaju maksimalne plazmatske koncentracije od 6-8 µg/mL unutar 40-60 minuta nakon konzumacije te su stabilne 3-10 sati. Količine od 2-3 mg/kg TM kofeina dovoljne su za postizanje ergogenih učinaka kod većine pojedinaca, iako nije poznato koje su minimalne ili maksimalne efektivne doze. Utjecaj kofeina veoma se razlikuje među pojedincima, ovisnosti o stupnju navike na kofein u svakodnevnom životu te je zbog toga potrebno odrediti dozu koja je prilagođena individualnim osobinama (Bishop, 2010).

Fiziološki mehanizmi utjecaja kofeina na tjelesnu aktivnosti su tek djelomično poznati što znači da mnogo detalja o mehanizmu djelovanja nije poznato. Dokazano je da kofein stimulira korištenje masti kao izvor energije čime se smanjuje razgradnja mišićnog glikogena. Vjerojatniji mehanizam kojim kofein utječe na aktivnost je taj što reducira percepciju umora i/ili povećava broj uključenih mišićnih vlakana (Graham, 2001).

Sportaši u velikoj mjeri koriste kofein kao ergogeno sredstvo zbog njegovog poznatog učinka na izdržljivost. Ranija istraživanja pokazala su efiktivnost u dozama od 5-13

mg/kg Tm, no novija su dokazala da kofein može biti jednako tako efektivan u dozama koje su puno manje, 2-6 mg/kg TM (Hespel i sur., 2005). Kofein se brzo apsorbira i ako se konzumira tijekom zagrijavanja za utakmicu, utjecaj na izvedbu trajat će tijekom cijele utakmice pa čak i za vrijeme produžetaka, ako do njih dođe (Bell i McLellan, 2002).

Česta konzumacija visokih doza kofeina rezultira brzom desenzibilizacijom, zbog toga racionalno korištenje kofeina u nogometu uključuje umjerenu dnevnu konzumaciju s akutnim povećanim dozama na dan utakmice, 3-6 mg/kg TM tijekom zagrijavanja. Osim utjecaja na izdržljivost, male količine kofeina pokazale su se djelotvorne kod vremena potrebnog za reakciju, budnosti i procesiranju vizualnih informacija što je izuzetno važno u nogometu (Haskell i sur., 2005). Doza potrebna kako bi se postigao optimalni utjecaj kofeina na procesiranje vizualnih informacija mnogo je manja od one potrebne kako bi se postigao optimalni utjecaj na izdržljivost. Zbog toga je igračima u polju potrebna doza koja će poboljšati izdržljivost, ali da pritom ne utječe negativno na procesiranje vizualnih informacija, dok bi golmani trebali konzumirati niže doze (1-2 mg/kg TM). Učinak kofeina može znatno varirati s obzirom na stupanj konzumiranja kofeina iz navike pri čemu oni koji uobičajeno konzumiraju kavu trebaju veće doze (Hespel i sur., 2005). Konzumacija niskih doza kofeina smatra se sigurnom, no konzumacijom visokih doza dolazi do različitih negativnih učinaka na zdravlje. Kofein podiže brzinu otkucaja srca i krvni tlak, ostali negativni učinci kofeina uključuju nesanicu, tremor, glavobolje, anksioznost, ovisnost i povremene gastrointestinalne smetnje kod konzumacije kave s puno kofeina. Inicijalna zabrinutost o mogućim negativnim utjecajima na izvedbu zbog diuretskih svojstava kofeina pokazala se netočnom (Bishop, 2010). Iako kofein pojačava diurezu u mirovanju, tjelesna aktivnost poništava taj učinak pa razlika u količini urina nije značajna (Šatalić i sur., 2016).

3.1.3. Suplementacija ugljikohidratima

Ugljikohidrati su vrlo važni u prehrani sportaša zbog svoje ključne uloge u metabolizmu energije. Kroz pravilno odabranu hranu može se osigurati unos adekvatne količine ugljikohidrata, ali suplementacija ugljikohidratima može biti korisna prije, za vrijeme i nakon tjelesne aktivnosti radi postizanja nutritivnih ciljeva. Takvi suplementi postoje u čvrstom, tekućem ili u obliku gela te mogu sadržavati i razne druge nutrijente. Pametan izbor hrane bogate ugljikohidratima, ali i suplemenata ugljikohidrata može pomoći optimizirati izvedbu kod treninga i utakmica. Ugljikohidrati su primarni izvor energije za aktivnosti visokog intenziteta kada metabolički zahtjevi uključuju korištenje visoko glikolitičkih

mišićnih vlakana, zbog toga će neadekvatne zalihe glikogena limitirati izvedbu kod ponovljenih visoko intenzivnih aktivnosti. Kod umjerenih aktivnosti dugog trajanja trošenje mišićnog glikogena povezano je s nastankom umora i redukcijom kapaciteta za rad kako mišić postaje sve više ovisan o mastima kao izvorom energije (Burke i Maughan, 2010).

U istraživanju Ajmol-a i Clyde-a, sportski trener dao je svojim igračima visokougljikohidratnu dijetu 24 sata prije utakmice te dodatak prehrani od 46% koncentriranog glukoznog sirupa 30 minuta prije utakmice. Postupak suplementacije ponovio je u periodu od 20 utakmica, dok je slijedećih 20 utakmica izbacio ovaj režim. U utakmicama prije kojih je provedena suplementacija njegova ekipa je u posljednjih 20 min utakmice postigla više golova i manje primila u odnosu na utakmice kod kojih nije provedena suplementacija. Utjecaj konzumiranja otopine ugljikohidrata i elektrolita na vještinsku izvedbu u nogometu ispitan je u jednom istraživanju kod kojeg je korištena 6,4% otopina ugljikohidrata ili placebo. Rezultati su pokazali 3%-tnu redukciju vještinske izvedbe kod ispitanika koji su uzimali otopinu ugljikohidrata, dok je kod ispitanika koji su uzimali placebo ta redukcija iznosila 14%. Dokazano je da vještinska izvedba pada u posljednjih 15-30 min utakmice, međutim moguće je smanjiti taj pad time što nogometaši tijekom utakmice konzumiraju 52 g/h ugljikohidrata (Ajmol i Clyde, 2009).

Ukupne rezerve ugljikohidrata u tijelu su limitirane i često značajno manje od potreba za energijom, zbog toga se sportašima preporuča konzumacija prehrambenih ugljikohidrata kako bi se odgodilo trošenje mišićnog glikogena tijekom aktivnosti. Primarni izvor ugljikohidrata je prehrana bogata namirnicama koje u velikoj mjeri sadrže šećer i škrob, međutim posebni sportski proizvodi koji sadrže značajne količine ugljikohidrata pružaju vrijednu nutritivnu pomoć u nekim situacijama. Prednost takvih proizvoda je dobar okus, pružanje poznate količine ugljikohidrata radi postizanja određenih nutritivnih ciljeva, simultani izvor ostalih važnih nutrijenata i gastrointestinalne karakteristike koje poboljšavaju probavu i apsorpciju te praktičnost uporabe za vrijeme treninga ili utakmice (Burke i Maughan, 2010). Unos ugljikohidrata u količinama od 30-80 g/h tijekom vježbi izdržljivosti ima ergogeni učinak, vjerojatno zbog usporavanja trošenja jetrenog glikogena. Tijekom aktivnosti ugljikohidrati se osiguravaju napitcima sa 6-8 % ugljikohidrata (Šatalić i sur., 2016). Kako bi se osigurala konzumacija 60 g/h ugljikohidrata najpraktičniji način čini se unos 600 mL 10% otopine ili 1200 mL 5% otopine. Najbolji trenutak konzumacije bio bi unos 200 mL 5-10% otopine ugljikohidrata neposredno pred početak utakmice i 1,2 L/h istog napitka u intervalima tijekom utakmice. No, zbog propisa FIFA-e to u većini natjecateljskih utakmica nije moguće, tako da se preporuča unos tijekom poluvremena. Koncentracija i

volumen tekućine može se prilagoditi uvjetima okoliša. Za vrućih dana naglasak bi trebao biti na većem volumenu otopine, koncentracije ne veće od 5%, dok bi za hladnih i kišovitih dana naglasak trebao biti na manjem volumenu tekućine s većom koncentracijom ugljikohidrata (Reilly i Williams, 2003).

3.1.4. Beta-hidroksi-β-metilbutirat (HMB)

HMB je metabolit esencijalne aminikoseline razgranatog lanca leucina, od čega aproksimativno 2-10% leucina oksidacijom daje HMB. Kao dodatak prehrani HMB se najčešće koristi u obliku kalcij-HMB-monohidrata. Unatoč neuvjerljivosti rezultata kod istraživanja na životinjama, HMB se sredinom 90-tih koristio kao suplement kod ljudi pod pretpostavkom da može utjecati na poboljšanje mišićne mase i snage dok istovremeno smanjuje oštećenja i umor mišića povezan s treningom snage. Dnevno preporučena doza od 1,5 do 3 g imala je povoljan utjecaj na indirektne pokazatelje razgradnje i oštećenja proteina, s istovremenim naznakama za poboljšanje snage i hipertrofije skeletnih mišića. Nekoliko nedavnih preglednih radova bavilo se rezultatima suplementacije HMB-om uz regularni trening snage. Tako su Nissen i Sharp (godina) zaključili da suplementacija HMB-om poboljšava mišićnu masu i snagu. HMB se može koristiti kod nogometaša koji moraju povećati mišićnu masu ili snagu, ali i tu se pokazalo da HMB nema puno koristi kod tjelesno aktivnih pojedinaca koliko kod rekreativaca (Bishop, 2010). Istraživan je utjecaj suplementacije kombinacijom kreatina i HMB-a te se pokazalo da njihova kombinacija dovodi do značajnih povećanja na nemasnoj masi kod nogometaša, ali se isto tako pokazalo da suplementacija samo HMB-om nema značajan utjecaj na snagu ili sastav tijela (Connor i Crowe, 2007). Jedno drugo istraživanje pokazalo je da se suplementacijom kreatina i HMB-a povećava anaerobna izvedba kod nogometaša, te se uz to smanjuju razine kreatin kinaze i laktat dehidrogenaze u krvi, enzima čija je visoka razina marker ozljeda mišićnog tkiva (Faramarzi i sur., 2009). Konzumiranje preporučenih doza od 3 grama dnevno u vremenu do 8 tjedana nije rezultiralo neželjenim nuspojavama, no trenutno ne postoje podaci o sigurnosti za dugoročnu (> 8 tjedana) suplementaciju HMB-om (Bishop, 2010).

3.1.5. β-alanin

U skeletnim mišićnim stanicama, β-alanin u reakciji s L-histidinom daje dipeptid β-alanil-L-histidin, poznatiji kao karnozin. Karnozin je od značaja pri aktivnostima visokog intenziteta jer može djelovati kao unutarstanični pufer za vodikove ione (H^+) (Hobson i sur.,2012). S obzirom da je karakteristika nogometa ponavljanje sprinteva, pH mišića opada

do razine koja može smanjiti kapacitet proizvodnje ATP-a kroz glikolizu (Krustrup i sur., 2006). Zbog toga je suplementacija β-alaninom postala česta praksa za nogometaše, kako bi se povećale razine karnozina u mišićima i time potencijalno poboljšala izvedba kod visoko intenzivnih aktivnosti. Dokazano je da dnevna suplementacija β-alanininom povećava razinu karnozina u mišićima za otprilike 50% (Harris i Sale, 2012). Istraživanja vezana uz suplemetaciju β-alaninom u kontekstu timskih sportova kao što je nogomet su malobrojna i proturječna. Pokazalo se da suplementacija β-alaninom kroz četiri tjedana nema koristi na izvedbu kod sprinteva, suprotno tome isti istraživači kasnije su uočili poboljšanje izvedbe tijekom Jo-jo intervalnog testa izdržljivosti nakon 12 tjedana dnevne suplementacije s 3,2 grama β-alanina (Saunders i sur., 2012). Hipoteza ovakvih rezultata je da je za porast mišićnih razina karnozina važna duljina trajanja suplementacije (Hill i sur., 2007).

Negativni učinci pojavljuju se kod konzumacije velikih, akutnih doza β-alanina (>10 mg/kg TM) u obliku privremenih kožnih iritacija koje nestaju nakon otprilike 2 sata. Zbog toga je preporuka kod suplementacije da se količina od 4,8-6,4 $g \cdot dan^{-1}$ unese kroz 6-8 doza između kojih je minimalni vremenski razmak od 2 sata (Bishop, 2010).

3.1.6. Nitrati (NO_3^-)

Posljednjih godina, značajna količina istraživanja napravljena je na temu suplementacije anorganskim nitratima zbog utjecaja dušikovog oksida na različite fiziološke funkcije u tijelu. Dušikov oksid u tijelu ima dokazanu ulogu u regulaciji protoka krvi, sintezi mišićnog glikogena i kontraktilnih svojstava skeletnih mišića (Jones, 2014). Poznato je da se prehrambenim unosom anorganskih nitrata oni mogu metabolizirati do nitrita te nadalje do dušikovog oksida. Otkriće ovog biokemijskog puta dovelo je do cijelog niza istraživanja provedenih u posljednjem desetljeću o utjecaju konzumacije anorganskih nitrata na izvedbu kod tjelesne aktivnosti (Hord i sur., 2011). Unos velike količine nitrata u obliku čistog natrijeva nitrata ili u obliku soka od cikle ubrzano povećava plazmatsku koncentraciju nitrita te se takva povišena koncentracija može zadržati u tijelu najmanje 2 tjedna. Povećana plazmatska koncentracija nitrita stimulira proizvodnju dušičnog oksida koji je važna fiziološka signalna molekula uključena u regulaciju protoka krvi i mitohondrijske respiracije. Nedavni dokazi otkrili su mehanizam za pozitivna djelovanja nitrata utvrdivši da suplementacija nitratima reducira ekspresiju ATP/ADP translokaze, proteina uključenog u provođenje protona unutar mitohondrija što rezultira boljom efikasnošću oksidativne fosforilacije. Uz to dokazali su da je bolja efikasnost oksidativne fosforilacije u korelaciji s smanjenom potrošnjom kisika tijekom tjelesne aktivnosti (Maughan i sur., 2011). Korištenje

kronične (3-15 dana, 0,5 L) i/ili akutne (2,5 sata prije aktivnosti) doze soka od cikle reducira krvni tlak, smanjuje korištenje kisika za određeno opterećenje ili povećava brzinu tijekom nisko intenzivnih aktivnosti te isto tako poboljšava kapacitet vježbanja tijekom kratkotrajnih visokointenzivnih aktivnosti (Lansley i sur., 2011). Pokazalo se da su kod akutnog korištenja doze od 8,4 i 16,8 mmola nitrata, rezultati jednaki dok je doza od 4,2 mmol imala manji učinak (Wylie i sur., 2013). Još uvijek ne postoje uvjerljivi dokazi o ergogenom djelovanju suplemetacije nitratima tijekom protokola ponovljenih aktivnosti srodnih nogometu. Međutim, primjenom agresivnije doze koncentriranog soka od cikle (30 mmol u periodu od 36 sati) opažena su značajna poboljšanja u udaljenosti pretrčanoj na Jo-jo intervalnom testu oporavka – razina 1. Korištenje 36-satnog protokola će vjerojatnije biti bolje prihvaćeno među nogometašima nego uobičajeni dugotrajniji protokol od 3-6 dana. Igrači bi suplemente nitrata prije primjene na utakmicama trebali isprobati u sklopu treninga te se preporuča izbjegavanje antibakterijskih vodica za ispiranje usta ili žvakaćih guma jer ti proizvodi smanjuju pretvorbu nitrata u nitrite (Jones, 2014).

3.1.7. Bikarbonati

Naš organizam raspolaže s nekoliko obrambenih mehanizama kako bi se spriječio ili usporio pad pH koji nastupa usred intenzivnih aktivnosti u trajanju od 30 s do 2 min. Ako usred intenzivnih aktivnosti dolazi do nakupljanja laktata dolazi i do porasta kiselosti, odnosno pada pH što je jedan od faktora nastanka umora. Jedan od takvih puferskih sustava čine bikarbonati koji se uglavnom nalaze u plazmi, djeluju kao akceptori kationa pa omogućavaju dijelu iona vodika da izađe iz stanice (Šatalić i sur., 2016). Normalna koncentracija bikarbonatnih iona u izvanstaničnoj tekućini je oko 25 mmol/L te je dokazano da se ta koncentracija može povećati za 5,3 mmol/L nakon unosa 0,3g/kg natrijeva bikarbonata. Takva količina čini se blizu optimalne jer doze veće od toga uzrokuju izrazite probavne smetnje u vidu nadutosti, mučnine, proljeva i bolova te grčeva u trbuhu. Bikarbonati se mogu unositi u tijelo u obliku kapsula, vodenih otopina ili u obliku intravenoznih injekcija te bi optimalni protokol trebao biti unos 0,2-0,3 g/kg TM $NaHCO_3$ 60-120 min prije tjelesne aktivnosti (Bishop, 2010). Unos bikarbonata može poboljšati izvedbu kod intervalnih sprinteva tijekom trajanja utakmice. Istražen je utjecaj dvodnevne suplementacije natrijevim bikarbonatom na nogometnu izvedbu, pri čemu je korištena doza od 0,5 g/kg TM. Uočeno je da dvodnevna suplementacija bikarbonatima malo, ali značajno poboljšava izvedbu kod sprinteva između 36 i 69 min utakmice, poboljšava izvedbu kod ponovljenih sprinteva te suprotno hipotezi nije bilo značajnih poboljšanja u vremenu do iscrpljenosti i percepciji

umora. Korištenjem spomenute doze bikarbonata nije došlo do probavnih smetnji koje se znaju pojaviti usred suplementacije bikarbonatima (Kurum, 2011).

4. FIZIOLOŠKI I METABOLIČKI ZAHTJEVI NOGOMETNE UTAKMICE

Nogomet je intervalni sport u kojem je aerobni energetski sustav visoko opterećen s prosječnim i najvišim brojem otkucaja srca od 85, odnosno 98 % maksimalnih vrijednosti. Pomoću brzine otkucaja srca procijenjena je vrijednost korištenja kisika te su dobivene vrijednosti od 70% VO_2 max. Još jedan način procjene VO_2 max je mjerenje temperature tijela tijekom nogometne utakmice. Temperatura tijela od 39-40˚C tijekom utakmice ukazuje isto tako da je prosječna vrijednost korištenja kisika tijekom utakmice oko 70% VO_2 max. U nogometu je za izvedbu, od same prosječne potrošnje kisika tijekom utakmice, važnija stopa rasta potrošnje kisika tijekom mnogobrojnih intenzivnih aktivnosti. Broj otkucaja srca tijekom utakmice gotovo nikad se ne smanjuje ispod 65% maksimalnih vrijednosti, što sugerira da je dotok krvi do aktivnih mišića konstantno veći nego u mirovanju, što opet dovodi do zaključka da je i dotok kisika u mišiće velik (Bangsbo i sur., 2006).

Činjenica da elitni nogometaši izvrše 150-250 kratkih, intenzivnih aktivnosti tijekom igre je pokazatelj da je stopa anaerobne proizvodnje energije visoka tijekom određenih perioda utakmice. Visoki intenzitet tijekom utakmice dovodi do velike stope razgradnje fosfokreatina, koji se u velikoj količini resintetizira u niskointenzivnim periodima koji slijede. No međutim, u određenim periodima ako je količina intenzivnih aktivnosti velika, s malo vremena za odmor između utakmice, razine fosfokreatina mogu jako pasti (<30% razina u mirovanju) (Bangsbo i sur., 2006). Prosječna koncentracija laktata u krvi tijekom nogometne utakmice iznosi 2-10 mmol/L, s najvećim vrijednostima višima od 12 mmol/L (Krustrup i sur., 2005). Ova otkrića dovode do zaključka da tijekom utakmice nastaje mnogo mišićnog laktata. Tijekom kratkotrajnih intervalnih aktivnosti količina mišićnog laktata ne korelira najbolje s laktatom u krvi, do takvog zaključka došlo se i testiranjem na Jo-jo intervalnom testu oporavka (Krustrup i sur., 2003). To je u suprotnosti s kontinuiranim aktivnostima kod kojih su koncentracije krvnog laktata niže, ali dobro reflektiraju koncentraciju mišićnog laktata. Do razlike u nastajanju laktata u intervalnim i kontinuiranim aktivnosti vjerojatno dolazi zbog različitih stopa pretvorbe laktata u mišićima i krvi tijekom tih aktivnosti. Stopa pretvorbe laktata je značajno veća u mišićima nego u krvi, što znači da je kod intervalnih vježbi u nogometu razina laktata u krvi velika iako je koncentracija mišićnog laktata relativno niska. Takva prilično visoka koncentracija laktata u nogometu ne mora nužno predstavljati

visoku produkciju tijekom jedne radnje, nego predstavlja akumulirani odgovor na mnogobrojne visokointenzivne aktivnosti. Na temelju visokih razina laktata u krvi te umjerenih razina laktata u mišićima, može se zaključiti da je stopa glikolize velika u kratkim periodima tijekom utakmice (Bangsbo i sur., 2006).

Kako bi se mogla pružiti nutritivna strategija za nogometaše važno je poznavati energetske potrebe te supstrate koji se koriste za dobivanje energije tijekom utakmice. Mišićni glikogen važan je supstrat za nogometaše jer su zalihe mišićnog glikogena gotovo do kraja potrošene kada se u utakmicu uđe s niskom razinom (200 mmol/kg TM), a kada se počinje utakmica s normalnim razinama glikogena u mišićima (400 mmol/kg TM) na poluvremenu utakmice razina je još uvijek visoka, no na kraju utakmice je razina glikogena u mišićima vrlo niska (< 50mmol/kg TM). Analizom pojedinih mišićnih vlakana nakon utakmice potvrđeno je da je glikogen u značajnom broju vlakana potrošen. Isto tako tijekom utakmice raste koncentracija slobodnih masnih kiselina (SMK) u krvi i to najviše tijekom drugog poluvremena (Krustrup i sur., 2005). Česti periodi odmora i aktivnosti niskog intenziteta dopuštaju značajan dotok krvi u masno tkivo što uzrokuje otpuštanje slobodnih masnih kiselina. Visoka razina lipolize tijekom utakmice potvrđena je na temelju otkrića povišene razine glicerola, iako je povećanje razine glicerola manje nego kod kontinuiranih aktivnosti. Rezultat je to činjenice da je glicerol prekursor za nastanak glukoze glukoneogenezom u jetri. Hormonalne promjene tijekom utakmice igraju važnu ulogu u progresivnom povećanju razine SMK. Koncentracije inzulina se smanjuju, a kateholamina povećavaju tijekom utakmice čime stimuliraju visoku stopu lipolize i posljedično otpuštanje SMK u krv. Proces povećanja SMK u krvi je kompenzacijski mehanizam za progresivno sniženje mišićnog glikogena i poboljšava zadržavanje visoke koncentracije glukoze u krvi (Bangsbo i sur., 2006).

4.1. Nastanak umora

Umor je nemogućnost održavanja potrebne ili očekivane izlazne snage. S obzirom na analize odnosa vremena i pokreta u sportu te mjerenje izvedbe tijekom nogometnih utakmica, umor ili redukcija izvedbe događa se u tri različite faze utakmice: nakon kratkotrajnih, intenzivnih perioda u oba poluvremena, u inicijalnoj fazi drugog poluvremena, prema kraju utakmice (Mohr i Krustrup, 2005).

4.1.1. Privremeni umora tijekom utakmice

Količina visokointenzivnog trčanja u 5 minutnom periodu koji je slijedio neposredno nakon najintenzivnijeg 5 minutnog intervala tijekom utakmice bila je manja nego prosječna tijekom utakmice. Pokazalo se da je odmah nakon intenzivnih perioda u prvom poluvremenu

smanjena sposobnost za izvedbu sprinta, dok je pod kraj prvog poluvremena normalizirana sposobnost za izvedbu sprinta. Te činjenice indiciraju da dolazi do privremenog umora tijekom utakmice uz redukciju izvedbe nakon perioda visokointenzivne aktivnosti. Vrijednosti koncentracije laktata u krvi sugeriraju da je anaerobni energetski sustav visoko opterećen tijekom intenzivnih perioda utakmice. Pretpostavlja se da privremeni umor tijekom utakmice nastaje zbog visoke koncentracije mišićnog laktata i/ili mišićne acidoze. In vitro testovima je utvrđeno da visoka razina laktata i niski pH pogoršavaju izvedbu kod visokointenzivnih aktivnosti. Međutim koncentracija laktata tijekom utakmice je niska, a dobiveni su i podaci da se mišićni laktati i pH nisu razlikovali 1,5 min prije nastajanja umora od onih koji su dobiveni kod iscrpljenosti. Zbog toga je malo vjerojatno da povišena koncentracija laktata i smanjeni pH uzrokuju umor tijekom nogometne utakmice. Nadalje postoji mogućnost da privremeni umor nastaje zbog niskih razina fosfokreatina u mišićima. Međutim tijekom testa nije otkrivena razlika u koncentraciji fosfokreatina u finalnoj fazi aktivnosti (Krupstrup i sur, 2003) i ta činjenica pokazuje da koncentracija fosfokreatina vjerojatno nema inhibitorni učinak na izvedbu tijekom intervalnih aktivnosti. Trenutačno je predloženo da je nastajanje umora tijekom visokointenzivnih aktivnosti povezano s akumulacijom kalija u mišićnom intersticiju (Nielsen i Bangsbo, 2003). U trenutku iscrpljenosti, nakon intenzivnih, kratkotrajnih aktivnosti, intestinalna koncentracija je povišena do 12 mmol/L što je prema in vitro testovima dovoljno visoko da depolarizira potencijal mišićne membrane i primjetno reducira razvoj snage. Pokazalo se da je stopa akumulacije intestinalnog kalija, u iscrpljenoj ljudskoj nozi, značajno povećana kada je pH u mišićima snižen. Zbog toga je moguće da nogometaši osjećaju privremeni umor kao posljedicu akumulacije ekstracelularnog kalija i prateće električne poremećaje u mišićnoj stanici (Mohr i Krustrup, 2005).

4.1.2. Umor na kraju utakmice

Nekoliko istraživanja dokazalo je da igračeva sposobnost za izvođenje visoko intenzivnih aktivnosti pada prema kraju utakmice kod profesionalnih, ali i neprofesionalnih nogometaša bez obzira na činjenicu da profesionalni nogometaši treniraju pri mnogo višem intenzitetu (Krustrup i sur., 2005; Mohr i sur, 2005). Prema tome dokazano je da je količina sprinteva, visoko intenzivnog trčanja i pređena udaljenost puno manja u drugom nego u prvom poluvremenu (Mohr i sur., 2003). Redukcija intenziteta izvedbe i izvedbe kod sprinta u završnim fazama utakmice neovisna je o igračevoj poziciji na terenu, razini natjecanja i spolu što ukazuje da većina igrača iskorištava svoj fizički potencijal tijekom utakmice. Međutim, odgovorni mehanizam za redukciju izvedbe na kraju nogometne utakmice je nejasan (Mohr i

Krustrup, 2005). Koncentracija laktata u krvi opada u kasnijim fazama utakmice, dok plazmatska koncentracija SMK poraste, ovaj trend je rezultat promjene u iskorištavanju supstrata pri kraju utakmice (Krustrup i sur., 2003). Povećano iskorištavanje lipida u svrhu dobivanja energije potaknuto je niskim koncentracijama mišićnog glikogena zajedno s povećanim koncentracijama kateholamina. Dokazano je da snižene razine mišićnog glikogena doprinose razvoju umora tijekom dugotrajnih, intervalnih aktivnosti. Hipoglikemija je isto tako predložena kao uzrok umora tijekom dugotrajnih aktivnosti, no koncentracija glukoze u krvi ne dostiže kritične vrijednosti tijekom nogometne utakmice. Od ostalih faktora dehidracija i hipertermija su predložene kao mogući uzroci razvoja umora. Tijekom normalnih okolišnih uvjeta igrači izgube i do 3 litre tekućine što može imati negativan utjecaj na izvedbu. Demonstrirano je da gubitak na tjelesnoj masi od 1-2 % doprinosi povećanju tjelesne temperature kao i opterećenju kardiovaskularnog sustava. Kod pojedinaca tjelesna temperatura bila je 40° C što može dovesti do umora centralnog živčanog sustava usred pogoršanja cerebralnih funkcija (Mohr i Krupstruo, 2005). U jednom istraživanju značajna redukcija izvedbe kod sprinta nastala je iako je gubitak tekućine iznosio samo 1% tjelesne mase te nije bilo utjecaja na porast tjelesne temperature, zbog toga izgleda da gubitak tekućine nije uvijek važna komponenta u smanjenju izvedbe pri kraju utakmice (Bangsbo i sur., 2006). Poznato je da, tijekom utakmice posebice pred njezin kraju, dolazi do smanjenja sposobnosti u izdržaju fizičkog napora. Visoki aerobni zahtjevi tokom cijele utakmice i veliki anaerobni zahtjevi tijekom određenih perioda utakmice dovode to velikih metaboličkih promjena i doprinose razvoju umora tijekom i pred kraj utakmice (Bangsbo i sur., 2007). Iako ostali faktori kao što su promjena u taktici, formacija na terenu i rezultat utakmice mogu biti povezani s varijacijama u fizičkom naporu igrača tijekom utakmice, dokazi iz analiza pokreta pokazuju da su opadanja u fizičkoj izvedbi povezana s umorom nastalim tijekom utakmice. Dokazana je povezanost između fizičkih i vještinskih izvedbi na profesionalnoj nogometnoj utakmici. Kao posljedica nastajanja umora, koji se manifestira opadanjem visoko intenzivnih aktivnosti u posljednjih 5 minuta utakmice, dolazi do pada u broju izvođenja vještinskih aktivnosti. No, opadanje sposobnosti fizičke aktivnosti, nije dovelo do pada učinkovitosti vještinskih aktivnosti (Carling i Duport, 2010).

4.2. Zahtjevi nogometnih produžetaka

Kada je u nogometnoj utakmici na nekom turniru (FIFA Svjetsko prvenstvo u nogometu, UEFA Liga prvaka, FA kup, itd.) rezultat izjednačen nakon 90 min, igra se produžetak, koji se sastoji od dva perioda od 15 min, kako bi se odredio pobjednik utakmice.

Usprkos važnosti dodatnog vremena utakmice za određivanje pobjednika, jako malo istraživanja bavilo se fiziološkim i izvedbenim odgovorima produžetaka. Prijašnjim istraživanjima dokazano je da tijekom normalnog trajanja nogometne utakmice (90 min) dolazi do redukcije pokazatelja fizičke i tehničke izvedbe. Brojni samostimulativni, taktički i mehanizmi vezani uz nastanak umora su predloženi s namjerom objašnjenja tih promjena. Znanje o zahtjevima vezanim uz pokrete tijekom produžetaka najvjerojatnije će potaknuti pripremne i postupke vezane uz oporavak kada se očekuju utakmice koje će zahtijevati produžetke. Odabrani pokazatelji fizičke izvedbe, uključujući akceleraciju i deceleraciju, reducirani su tijekom produžetaka, dani su daljnji dokazi da nogometna utakmica narušava visinu skoka i vršnu izlaznu snagu dok istovremeno povećava koncentraciju kreatin kinaze koja je fiziološki marker koji reflektira oštećenja na mišićima. Tijekom produžetaka nogometaši pretrče dodatnih 3,5 kilometara, izveli 12 sprinteva, 221 akceleraciju i 207 deceleracija (Russel i sur., 2015). Srednja udaljenost pređena u minuti pokazala je redukciju od 10% tijekom produžetaka u usporedbi s prvim ili drugim poluvremenom regularnog dijela utakmice. Zbog toga se može zaključiti da produžeci utječu na fizičku izvedbu kada se usporede s oba poluvremena regularnog dijela nogometne utakmice. Mehanizam nastanka umora u nogometu je multifaktoran, ali je na temelju prijašnjih istraživanja koja su obuhvaćala umor specifičan za nogomet predloženo da su najvjerojatniji mehanizmi odgovorni za pogoršanje fizičkih izvedaba kod produžetaka vezani uz nastanak umora, pražnjenje mišićnog glikogena i smanjenje glukoze u krvi, dehidracija i kapacitet stvaranja sile (Russell i sur., 2015). Moguće je da produženo trajanja utakmice zahtjeva različite tehničke aktivnosti za razliku od regularnog dijela. Demonstrirano je da indikacije tehničke izvedbe, kao što su dodavanje i dribling, opadaju u posljednjih 15 min produžetaka. Broj ukupnih i točnih dodavanja opada više od 20% tijekom produžetaka, dok preciznost dodavanja ostaje jednaka, što dovodi do zaključka da umor nastao tijekom utakmice narušava sposobnost nogometaša za dolaženje u kontakt s loptom više nego vještinu baratanja njome. Treba razmotriti implementaciju strategija koje pokušavaju minimalizirati takve pojave (izmjene, aerobni i anaerobni planovi kondicioniranja, protokol unosa dodataka prehrani, itd.) (Harper i sur., 2014).

4.3. Suplementacija s ciljem poboljšanja izvedbe tijekom nogometnih produžetaka

Redukcija izvedbe opažena je nakon odigranog poluvremena, ali još više nakon odigrane cijele nogometne utakmice. Mehanizam redukcije izvedbe primarno se pripisuje fiziološkim odgovorima koji su ili centralni (centralni živčani sustav) ili periferni (poremećaji acido-bazne ravnoteže, koncentracije glukoze u krvi, homeostaze iona u mišićima, stupnja hidracije i sadržaj glikogena u specifičnim mišićima). Aerobna izdržljivost je središnja odrednica izvedbe u nogometu. Povećanje trajanja utakmice od uobičajenih 90 min na 120 min koliko se odigra nakon produžetka dodatno potiče zahtjeve za povećanje kapaciteta izdržljivosti. U tom kontekstu mogu se primijeniti različite strategije primjene dodataka prehrani sa ciljem poboljšavanja izdržljivosti čime bi se optimizirala izvedba tijekom nogometnih produžetaka. Dodaci prehrani koji se mogu koristiti uključuju različite suplemente ugljikohidrata, kofein, kreatin te unos adekvatne količine tekućine i elektrolita. Ergogena sredstva definirana su kao tehnike ili navike koje poboljšavaju kapacitet za fizički rad ili sportsku izvedbu te su primarno kategorizirana kao mehaničkog, fiziološkog, farmakološkog, psihološkog ili nutritivnog podrijetla (McArdle i sur., 2005). Kako su strategije koje imaju za cilj poboljšanje sportske izvedbe privlačne, osobito one nutritivne, ne iznenađuje da je upotreba ergogenih sredstava normalna praksa kod pripreme sportaša pa tako i nogometaša.

Akutna suplementacija ugljikohidratima preporučena je za poboljšanje fizičke izvedbe, osobito za vježbe izdržljivosti (vrijeme do iscrpljenosti). Noviji dokazi pokazuju da je njihova suplementacija korisna kod održavanja vještinske izvedbe tijekom utakmice. Iako je mehanizam nepoznat, moguće je da su proces odlučivanja i izvedba vještina tijekom utakmice pod utjecajem koncentracije glukoze u krvi jer je za optimalnu funkciju, mozak primarno ovisan o glukozi. Najčešće korištena suplementacija ugljikohidratima je u obliku 6-8% otopina, a kako bi se postiglo poboljšanje motornih funkcija, egzogena opskrba trebala bi iznositi 50 g/h (Russell i Kingley, 2014). Unos otopine ugljikohidrata poboljšava kapacitet izdržljivosti tijekom intervalnih aktivnosti, iako igrači imaju visoke zalihe mišićnog glikogena prije utakmice, što je postignuto superkompenzacijom glikogena 48 sati prije utakmice te su tijekom aktivnosti unijeli 6,4 % otopinu ugljikohidrata (Foskett i sur., 2008). Superkompenzacija ugljikohidratima zajedno s unosom otopine ugljikohidrata tijekom utakmice je vrijedna strategija za utakmice koje mogu ući u produžetke. Aktivnosti

nogometaša tijekom utakmice dovode do sporijeg pražnjenja želuca čime se smanjuje njihova efikasnost te je moguća pojava nelagode (Leiper i sur., 2001). Kako bi se ubrzalo pražnjenje želuca koriste se polimeri glukoze (maltodekstrini) jer imaju manju osmolalnost nego jednostavni šećeri. Moguće je koristiti otopine kombinacije ugljikohidrata koje mogu rezultirati poboljšanom dostavom energije mišićima. Zbog toga se čini da bi kombinacija maltodekstirina i fruktoze, 400-500 mL 10-12 % otopine, unesena tijekom poluvremena mogla biti osnova nutritivne strategije za očuvanje izvedbe tijekom produžetaka. Konzumacijom ugljikohidrat-elektrolit gela (0,7 ± 0,1 g/kg TM ugljikohidrata i 0,14 g soli) u odmoru prije početka produžetaka povećava se koncentracija glukoze u krvi i poboljšava uspješnost driblinga, no ne utječe pozitivno na daljnje smanjenje redukcije fizičke izvedbe tijekom produžetaka. Bez obzira na to poboljšanje uspješnosti driblinga može utjecati na konačni rezultat utakmice čime se daje na važnosti konzumaciji ugljikohidratnog gela prije produžetaka (Harper i sur., 2015). Dokazano je da samo ispiranje usta otopinom ugljikohidrata može imati ergogeni učinak i to kod umjereno do visoko intenzivnih aktivnosti. Iako se bolji rezultati postižu kombinacijom te strategije i prethodnog unosa ugljikohidrata, od nje mogu imati koristi i sportaši kod kojih se pojavljuje mogućnost gastrointestinalnih smetnji zbog unosa hrane (Šatalić i sur., 2016). Suplementacija kreatinom popularna je kod sportaša zbog vraćanja mišićne snage, međutim kada se kreatin konzumira u kombinaciji s prehranom bogatom ugljikohidratima dolazi do povećanja resinteze mišićnog glikogena nakon aktivnosti. Iako nema direktne pozitivne učinke na izdržljivost ovaj učinak može olakšati obnovu zaliha glikogena, osobito kada je vrijeme za oporavak kratko (Hespel i sur., 2006).

Kofein je popularan stimulans kojeg koristi većina sportaša jer je dobro poznat njegov ergogeni efekt. Povoljno utječe na izvedbu reducirajući percepciju umora, poboljšava koncentraciju, donošenje odluka i vrijeme reakcije te poboljšava korištenje mišićnih vlakana. Brzo se apsorbira i ako se konzumira tijekom zagrijavanja za utakmicu njegov učinak na izvedbu bit će održan tijekom čitave utakmice pa čak i tijekom produžetaka (Bell i McLellan, 2002). Najviše koncentracije kofeina u krvi postižu se jedan sat nakon konzumacije, ali ergogeni učinak traje do tri sata nakon konzumacije. Korištenje kofeina najbolje je pomoću kapsula jer u tom obliku imaju veći učinak, a moguće su i gastrointestinalne nelagode nakon konzumacije jake kave (Hespel i sur., 2006). Racionalno korištenje kofeina u nogometu uključuje umjereno svakodnevno korištenje s akutnom suplementacijom na dan utakmice, 6 mg/kg TM tijekom zagrijavanja (Hespel i sur, 2006; Rusell i Kingsley, 2014).

Iako igrači mogu tolerirati određene razine dehidracije, ona koja rezultira gubitkom tjelesne mase od 2% može dovesti do smanjenja kapaciteta izdržljivosti, a gubitci od 3% ili više mogu nepovoljno utjecati na izvedbu kod sprinta te vještine specifične za nogomet (udarac, dribling). Nije dobro poticati igrače na konzumaciju tekućine veće nego je potrebno za održavanje izvedbe jer dolazi do nepotrebnog povećanja tjelesne mase što opet nepovoljno utječe na izvedbu. Unos elektrolita može prevenirati nastanak umora i reducirati grčenje mišića pred kraj regularnog dijela i u produžecima. Najvažniji elektrolit koji se gubi znojem je natrij (1-6 g tijekom 90 min). Pod pretpostavkom da utakmicu počinju s adekvatnim rezervama natrija, većini igrača gubici natrija neće biti limitirajući faktor kod izvedbe. Glavna uloga unosa natrija je povećanje žeđi kada je potrebno unijeti velike količine vode pod poluvremenom utakmice ili prije produžetaka.

U posljednje vrijeme raste popularnost suplementacije anorganskim nitratima zbog njihovog, dobro zabilježenog, utjecaja na regulaciju protoka krvi, sintezu mišićnog glikogena i kontraktilnih svojstava skeltnih mišića (Jones, 2014). Kao sredstvo pružanja konstantne doze nitrata, većina istraživanja koristi standarardnu dozu soka od cikle (0,5 L što odgovara otprilike 5 mmol nitrata). Suplementacija se može provoditi na dva načina kronično (3- 15 dana, 0,5 L soka od cikle) ili akutna konzumacija 2,5 sata prije utakmice. Dokazano je kako suplementacija nitratima reducira krvni tlak, smanjuje potrošnju kisika za određeni intenzitet ili brzinu tijekom nisko intenzivnih aktivnosti te isto tako poboljšava kapacitet vježbanja tijekom kratkotrajnih visokointenzivnih aktivnosti (Lansley i sur., 2011). Optimalna doza koja dovodi do ergogenog učinka u ovom trenutku nije poznata, pogotovo se ne zna da li je potrebna akutna ili kronična suplementacija. No, podaci pokazuju da do optimalnog ergogenog učinka, pogotovo kod elitnih nogometaša, dolazi kada se kod akutne suplementacije koristi veća doza i/ili dulje trajanje kronične suplementacije (>3 dana). Optimalnim protokolom suplementacije pokazalo se agresivno punjenje s koncentriranim sokom od cikle (30 mmol u razdoblju od 36 sati prije utakmice) što je i iz praktične perspektive vjerojatnije da će dobit na popularnosti među nogometašimam, nego konvencijalno punjenje od 3-6 dana.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog završnog rada bio je predložiti nutritivne intervencije u obliku suplemenata koje nogometaši mogu koristiti prije, ali i za vrijeme utakmice kako bi poboljšali svoju aerobnu i anaerobnu izdržljivost te time poboljšali izvedbu u situacijama kada rezultat nogometne utakmice zahtjeva igranje produžetaka.

Nogometni produžeci predstavljaju dodatnih 30 min utakmice u kojima se odlučuje o pobjedniku, a igrači u njih ulaze umorni sa smanjenim sposobnostima fizičke i tehničke izvedbe. Korištenjem različitih strategija suplementacije moguće je smanjiti redukciju u izvedbi nastalu kao rezultat akumuliranog umora tijekom utakmice.

Pravilna, dobro isplanirana sportska prehrana osnova je koje bi se morali pridržavati svi sportaši pa tako i nogometaši. Ona zadovoljava potrebe nogometaša za energijom, nutrijentima i uključuje pravovremeni unos obroka te se na njoj temelji optimalan trening i sportska izvedba. Dodaci prehrani su ono na što im ime i sugerira, dodaci na pravilnu prehranu i nikako ne bi smjeli zamijeniti pravilno odabranu cjelovitu hranu.

Međutim, postoje situacije u kojima je korištenje dodataka prehrani u sportu korisno te može dovesti do poboljšanja sportske izvedbe. Jedna od takvih situacija zasigurno su nogometni produžeci. Izdržljivost je jedna od glavnih odrednica izvedbe u nogometu te produžetak trajanja utakmice dodatno potiče zahtjeve za povećanjem njenih kapaciteta. U tom kontekstu mogu se koristiti suplementi 1. ugljikohidrata, 2. kofeina te 3. kreatina, a izuzetno je važno i unijeti adekvatnu količinu tekućine. Ergogeni učinak ugljikohidrata ostvaruje se superkompenzacijom mišićnog glikogena 48 sati prije utakmice, unosom 400-500 mL 10-12% otopine maltodekstrina i fruktoze za vrijeme poluvremena utakmice te konzumacijom ugljikohidrat-elektrolit gela (0,7 ± 0,1 g/kg TM ugljikohidrata i 0,14 g soli) u odmoru prije početka produžetaka. Ergogeni učinak kofeina postiže se akutnom suplementacijom kofeina, 6 mg/kg TM, u obliku kapsula za vrijeme zagrijavanja za utakmicu. Suplementacija kreatinom obavlja se konzumacijom kreatina u vrijeme obroka nakon utakmice, 3-5 g/kg TM. Ergogeni učinak nitrata ostvaruje se konzumacijom soka od cikla u periodu od 36 sati prije utakmice (30 mmol nitrata što odgovara otprilike 3 L soka od cikle). Uz to važan je unos tekućine i natrija koji se stavlja u napitak i gel zajedno s ugljikohidratima čime se povećava retencija vode u tijelu te potiče žeđ ako je potrebno unijeti velike količine vode.

6. LITERATURA

ADA (2009) Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J. Am. Diet. Assoc*. **109**, 509-527.

Areta, J.L., Burke, L.M., Ross, M.L., Camera, D.M., West, D.W.D., Broad, E.M., Jeacocke, N.A., Moore, D.R., Stellingwerff, T., Phillips, S.M., Hawley, J.A., Coffey, V.G. (2013) Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J. Physiol.* **591**, 2319–2331.

Armstrong, L.E. (2007) Assessing Hydration Status: The Elusive Gold Standard. *J. Am. Coll. Nutr*. **26**, 575–584.

Armstrong, L.E., Maresh, C.M., Castellani, J.W., Bergeron, M.F., Kenefick, R.W., LaGasse, K.E., Riebe, D. (1994) Urinary Indices of Hydration Status. *Int. J. Sport Nutr*. **4**, 265-279.

Baker, L.B., Rollo, I., Kimberly, W.S., Jeukendrup, A.E. (2015) Acute Effects of Carbohydrate Supplementation on Intermittent Sports Performance. *Nutrients*. **7**, 5733-5763.

Bangsbo, J., Mohr, M., Krustrup, P. (2006) Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J. Sports Sci*. **24**, 665–674.

Bishop, N.C., Blannin A.K., Robson, P.J., Walsh N.P., Gleeson M. (1999) The effects of carbohydrate supplementation on immune responses to a soccer-specific exercise protocol. *J. Sport Sci.* **17**, 787-796.

Burchfield, J.M., Ganio, M.S., Kavouras, S.A., Adams, J.D., Gonzalez, M.A., Ridings, C.B., Moyen, N.E., i Tucker M.A. (2014) 24-h Void number as an indicator of hydration status. *Eur. J. Clin. Nutr*. **69**, 1–4.

Burke, L.M., Castell, L.M., Stear, S.J. (2009) BJSM reviews: A–Z of supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance. *Br. J. Sports Med*. **43**, 807–810.

Burke, L.M., Hawley, J.A., Wong, S.H.S., Jeukendrup, A.E. (2011) Carbohydrates for training and competition. *J. Sports Sci*. **29**, 17–27.

Carling, C., Dupont, G. (2011) Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play?. *J. Sport Sci.* **29**, 63-71.

Clarke, N.D., Maclaren, D.P.M., Reilly, T., Drust, B.(2010) Carbohydrate ingestion and pre-cooling improves exercise capacity following soccer-specific intermittent exercise performed in the heat. *Eur J. Appl Physiol*. **111**, 1447-1455

Drust B., Green M. (2013) Science and football: evaluating the influence of science on performance. *J. Sport Sci..* **31**, 1377-1382.

Ducker, K.J., Dawson B., Waliman K.E. (2013) Effect of Beta Alanine and Sodium B icarbonate Supplementation on Repeated-Sprint Performance. *J Strength Cond Res*. **27**, 3450–3460.

Dunford, M. (2006) Sports nutrition: a practice manual for professionals, 4.izd., American Dietetic Association, USA.

Edwards A.M., Noakes T.D. (2009) Dehydration cause of fatigue or sign of pacing in elite soccer?, *Sports Med*. **39**, 1-13.

FIFA (2005) Nutrition for Football: the FIFA/F_MARC Consensus Statement, FIFA - the Fédération Internationale de Football Association, Zurich.

Giraldi, G., Unim, B., Masala, D., Miccoli, S., La Torre, G. (2015) Knowlegde, attitudes and behaviours on doping and supplements in young football players in Italy. *Public Health*. **129**, 1007-1009

Harper, L.D., Briggs, M.A., McNamee, G., West, D.J., Kilduff, L.P., Stevenson, E., Russel, M. (2015) Physiological and performance effects of carbohydrate gels consumedprior to the extra-time period of prolonged simulated soccermatch-play. *J. Sci. Med. Sport.* **19,** 509-514.

Harper, L.D., West, D.J., Stevenson, E., Russell, M. (2014) Technical Performance Reduces during the Extra-Time Period of Professional Soccer Match-Play. PLoSONE 9(10): e110995.

Hespel, P., Maughan, R.J., Greenhaff, P.L. (2006) Dietary supplements for football *J. Sport Sci.* **24**, 749-761.

Higgins, M.F., James, R.S., Price, M.J. (2013) The effects of sodium bicarbonate (NaHCO3) ingestion on high intensity cycling capacity. *J. Sport Sci.* **31**, 972-981.

Iglesias-Gutiérrez, E., García, Á., García-Zapico, P., Pérez-Landaluce, J., Patterson, Á.M., García-Rovés, P.M. (2012) Is there a relationship between the playing position of soccer players and their food and macronutrient intake? *Appl. Physiol. Nutr. Metab*. **37**, 225–232.

Jones, A.M. (2014) Dietary Nitrate Supplementation and Exercise Performance. *Sports Med.***44**, 35-45

Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Kreider, R., Kalman, D., Ziegenfuss, T., Lopez, H., Landis, J., Ivy, J.L., Antonio, J. (2008) International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient timing. *J. Int. Soc. Sports Nutr*. **5**, 1-12.

Marriott, M., Krustrup, P., Mohr, M. (2015) Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. *J. Int. Soc. Sports Nutr*. **12**, 1-8.

Maughan, R.J., Depiesse, F., Geyer, H. (2007) The use of dietary supplements by athletes. *J. Sport Sci.* **25**, 103-113

Maughan, R. J. , Greenhaff P.L., Hespel P. (2011) Dietary supplements for athletes: Emerging trends and recurring themes. *J. Sport Sci.* **29**, 57-66.

Maughan, R.J. , King, D.S., Lea, T. (2004) Dietary supplements. *J. Sport Sci.* **22**, 95-113.

Maughan, R.J., Shirreffs, M. (2007) Nutrition for Soccer Players. *Curr. Sports Med. Rep.* **6**, 279-280.

Maughan, R.J., Shirreffs, S.M. (2010) Dehydration and rehydration in competative sport. Scand *J. Med. Sci. Sports*. **20**, 40–47.

Maughan, RJ. (1997) Energy and macronutrient intakes of professional football (soccer) players. *Br. J. Sports Med*. **31**, 45-47.

Mohebbi H., Rahnama N., Moghadassi M, Ranjbar K. (2012) Effect of Creatine Supplementation on Sprint and Skill Performance in Young Soccer Players. *Middle-East J. Sci. Res.* **12**, 397-401

Mohr, M., Krustrup, P., Bangsbo, J. (2005) Fatigue in soccer: A brief review. *J. Sport Sci.* **23**, 593-599

Mujika, I., Burke, L.M. (2011) Nutrition in Team Sports. *Ann. Nutr. Metab*. **39**, 16–25.

Mujika, I., Padilla, S., Ibanez, J., Izquierdo, M., Gorostiaga, E. (2000) Creatine supplementation and sprint performance in soccer players. *Med. Sci. Sports Exer.* **32**,518-525

Nemet, D., Eliakim, A. (2007) Protein and amino acid supplementation in sport. *Int. SportMed J.* **8**, 11-23.

Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., Dupont, G. (2013) Recovery in Soccer. Part II—Recovery Strategies. *Sports Med*. **43**, 9–22.

Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin. S., Dupont, G. (2012) Recovery in Soccer. Part I – Post-Match Fatigue and Time Course of Recovery. *Sports Med*. **42**, 997-1015.

Ostojic, S.M., Ahmetovic, Z. (2008) Gastrointestinal Distress After Creatine Supplementation in Athletes: Are Side Effects Dose Dependent?. *Res. Sports Med*. **16**, 15-22.

Reilly, T., Williams, A.M. (2003) Science and soccer. 2 izd., Taylor & Francis Group, London.

Russell, M., Kingsley, M., (2014) The Efficacy of Acute Nutritional Intervention on Soccer Skill Performance. *Sports Med.* **44**, 957-970.

Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Kilduff, L.P. (2015) Responses to a 120 min reserve team soccer match: a case study focusing on the demands of extra time. *J. Sports Sci*. **33**, 2133-2139.

Souissi, M., Abedelmalek, S., Dhiba, D.B., Nikolaidis, P.T., Awicha H.B. , Chtourou H.,Sahnoun Z. (2015) Morning caffeine ingestion increases cognitive function and short-term maximal performance in footballer players after partial sleep deprivation. *Biological Rhythm Researc.* **46**, 617-629.

Striegel, H., Vollkommer, G., Horstmann, T., Niess, A.M. (2007) Contaminated nutritional supplements – legal protection for elite athletes who tested positive: A case report from Germany. *J. Sports Sci*. **23**, 723-726.

Šatalić, Z., Sorić, M., Mišigoj-Duraković, M. (2016) Sportska prehrana,Znanje d.o.o., Zagreb

Tscholl, P., Junge, A., Dvorak, J. (2008) The use of medication and nutritional supplements during FIFA World Cups 2002 and 2006. *Br. J. Sports Med.* **42**, 725–730.

Williams, C., Rollo, I. (2015) Carbohydrate nutrition and team sport performance. *Sports Science Exchange.* **28**, 1-7