

Utjecaj nogometne utakmice na pokazatelje oštećenja skeletnih mišića

Penava, Marijo

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:707301>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme
i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Marijo Penava

**UTJECAJ NOGOMETNE UTAKMICE
NA POKAZATELJE OŠTEĆENJA
SKELETNIH MIŠIĆA**

(diplomski rad)

Mentor:

prof.dr.sc. Branka Matković

Zagreb, rujan 2015.

UTJECAJ NOGOMETNE UTAKMICE NA POKAZATELJE OŠTEĆENJA SKELETNIH MIŠIĆA

Sažetak

U ljudskom tijelu postoje razlike u fiziološkim i biokemijskim procesima prije i nakon tjelesne aktivnosti. Da bi dobili uvid u stanje sportaševa organizma koriste se različiti hematološki testovi, odnosno ispituje se razina različitih biokemijskih markera u krvi. Pod utjecajem tjelesne aktivnosti može doći do oštećenja skeletnih mišića koja rezultiraju promjenama u koncentracijama određenih kemijskih tvari. Kreatin kinaza, laktat dehidrogenaza i mioglobin najčešće su korišteni biomarkeri za procjenu oštećenja skeletnih mišića pod utjecajem tjelesne aktivnosti. Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj nogometne utakmice na pokazatelje oštećenja skeletnih mišića.

Ključne riječi: tjelesna aktivnost, hematološki testovi, kreatin-kinaza, laktat dehidrogenaza

EFFECT OF FOOTBALL GAME ON SKELETAL MUSCLE DAMAGE

Abstract

In the human body there are differences in physiological and biochemical processes before and after physical activity. To get insight into the athlete's body hematology tests could be used. Physical activity affects skeletal muscle and can produce their damage. Exercise-induced muscle injury in humans frequently occurs after unaccustomed exercise, particularly if the exercise involves a large amount of eccentric contractions. Creatin kinase, lactate dehydrogenase and myoglobin are the most common biomarkers of exercise induced muscle damage. The aim of this study was to determine the influence of football matches on indicators of exercise induced skeletal muscle damage.

Key words: physical activity, hematology tests, creatine-kinase, lactate dehydrogenase

SADRŽAJ:

1.UVOD	5
2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA	7
3. METODE ISTRAŽIVANJA	9
3.1. UZORAK ISPITANIKA	9
3.2. UZORAK VARIJABLI	9
3.3. PROTOKOL TESTIRANJA	10
3.4. METODE OBRADE PODATKA	10
4. REZULTATI I RASPRAVA	12
6. LITERATURA	16

1.UVOD

Nogomet je ekipna sportska igra u kojoj se dva tima, od kojih svaki broji jedanaest igrača, nadmeću na terenu prekrivenom travnatom površinom pravokutnog oblika. Ono što predstavlja svrhu mnogobrojnih treninga, odricanja i davanja maksimuma jest nogometna utakmica u kojoj u punoj snazi dolazi do ispoljavanja svih bitnih kondicijskih, funkcionalnih i motoričkih sposobnosti, kinantropoloških obilježja te odgojnih učinaka koji su se postigli sustavnim treningom kroz neko određeno vrijeme. Nogometna utakmica traži od igrača maksimalnu pripremljenost i pribranost kako bi u danom trenutku mogli uspješno ili pravovremeno reagirati. Pred igrače se stavljaju velike obaveze, a to znači i aktiviranje praktički svih organskih sustava te svih energetske sustava koji ukazuju na zahtjeve sporta i na karakteristike natjecateljske aktivnosti, konkretno u ovom slučaju nogometne utakmice. U nogometu se eksplozivna jakost, brzina i agilnost, uz aerobnu i anaerobnu izdržljivost, ističu kao najvažnije kondicijske sposobnosti relevantne za uspjeh (Marković i Bradić, 2008). Prema fiziološkoj kvalifikaciji nogomet je aerobno-anaerobni sport gdje dominiraju miješani energetske procesi (Dujmović, 2000). Tijekom utakmice nogometaši, ovisno o poziciji na kojoj igraju, prijeđu između 10 i 13 km u različitim intenzitetima, od hodanja do sprinta. Prosječno za trajanja utakmice igrači svakih 5-6 sekundi mijenjaju aktivnost, kratki odmori od prosječno svega 3 sekunde javljaju se svake dvije minute, dok negdje svakih devedeset sekundi igrači sprintaju 15 metara. Frekvencija srca igrača nalazi se u rasponu od 85 do 95% od njihove maksimalne frekvencije.

Sve to pokazuje da nogometna utakmica izaziva veliko opterećenje na tijelo nogometaša te da se može očekivati pojava mikroštećenja skeletnih mišića. Naime, svaka tjelesna aktivnost može izazvati mikrooštećenja skeletnih mišića i velik je broj istraživanja (McLellan, 2010.; Heisteberg i sur., 2013.; Meister i sur., 2011.) provedenih tijekom godina koja su pokazala da se poslije dugih i intenzivnih opterećenja, posebno ekscentričnog karaktera, pokazuju takva oštećenja koja se manifestiraju na različite načine (npr. DOMS – sindrom zakašnjele mišićne boli), a postoje i dokazi o povezanosti hipertrofije i mikrooštećenja mišića (Kenney i sur, 2015.).

Oštećenja sarkoleme mišićnih stanica uzrokuje otpuštanje niza biokemijskih tvari koje ulaze u cirkulaciju te se mogu koristiti kao biomarkeri takvog oštećenja. Među najčešće korištenim biokemijskim pokazateljima mišićnog oštećenja nalaze se kreatin kinaza, mioglobin i laktat dehidrogenaza.

Cilj ovog rada je analizirati rezultate mjerenja pokazatelja oštećenja skeletnih mišića neposredno prije nogometne utakmice i odmah po završetku nogometne utakmice, odnosno ispitati utječe li opterećenje izazvano utakmicom na oštećenje mišića i pojavu biomarkera u cirkulaciji.

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Ispirlidis i njegovi suradnici su 2008. godine ispitivali utjecaj nogometne utakmice na pokazatelje oštećenja mišića, izvedbe i upale tijekom šestodnevnog oporavka. Utvrdili su da je uspješnost izvedbe bila smanjena jedan do četiri dana poslije utakmice. Kreatin kinaza i laktat dehidrogenaza, kao biomarkeri oštećenja, svoj su vrhunac dosegli nakon 48 sati i došlo je do značajnog ali prolaznog upalnog odgovora u mišićima. Autori su zaključili da njihovi rezultati jasno ukazuju na potrebu dostatnog odmora poslije nogometne utakmice.

Impellizzeri i suradnici (2008.) utvrdili su da se provođenjem pliometrijskih vježbi na pjesku umjesto na travi može značajno smanjiti razina mišićnog umora te ubrzati oporavak, odnosno skratiti vrijeme potrebno između treninga. Oštećenje mišića izraženo kroz bolnu osjetljivost bilo je značajno manje izraženo nakon treninga na pjesku. Također je zanimljivo da je takav trening utjecao i na skočnost i na brzinu sprinta.

Milak i Howatson (2009.) utvrdili su značajno povećanje mišićne bolnosti (~120 mm na VAS 200-mm skali), porast aktivnosti kreatin-kinaze (~800 IU · L⁻¹) i veliko smanjenje maksimalne izometričke kontrakcije ekstenzora koljena (-28%) 24 sata nakon 15 sprinteva na 30m, izvedenih od strane mladih sportaša timskih sportova.

Thorpe i Sunderland (2012.) utvrdili su da je postotak povećanja kreatin-kinaze i koncentracije mioglobina u “direktnoj korelaciji s brojem izvedenih sprinteva tijekom utakmice. Kreatin kinaza se povećala za 84%, dok se mioglobin povećao za čak 238% tijekom 39±18 sprinteva. Povećanje koncentracije kortizola iznosilo je 78% dok se razina testosterona povećala za 44%.

Istraživanje Gomesa i sur. (2014.) bavilo se analizom teniskog meča i utjecaja na oštećenje mišića. Autori su zaključili da teniska igra izaziva pojavu boli u mišićima, porast

koncentracije biomarkera (kreatin kinaza, mioglobin) mišićnog oštećenja te akutno smanjivanje jakosti mišića i skočnosti mladih tenisača. Nije bilo slučajeva akutne bolnosti u mišićima, no bol se javila 24 do 48 sati poslije simuliranog trosatnog meča. Rezultati tog istraživanja ukazuju da je teniski meč, što se tiče oštećenja mišića, umjerenog utjecaja, i preporuka je trenerima da prate oporovak svojih igrača praćenjem ispoljavanja indirektnih pokazatelja mišićnog oštećenja.

Russell je sa svojim suradnicima (2015.) istraživao promjene koncentracije kreatin kinaze neposredno poslije nogometne utakmice te nakon 24 i 48 sati. Utvrdili su da se koncentracija značajno povećala nakon utakmice (41,7%) te je ostala povišena i nakon 48 sati (34,3%). Autori su zaključili da je o tim vrijednostima potrebno voditi računa u procesu planiranja i programiranja treninga.

Souglis i suradnici (2015.) u svom su istraživanju usporedili upalni odgovor i biomarkere oštećenja mišića kao odgovor na opterećenja u četiri najpopularnije sportske igre. U okviru analize bilo je po 18 nogometaša, košarkaša, odbojkaša i rukometaša. Uzorci venske krvi vađeni su prije, neposredno poslije te 13 i 37 sati poslije utakmica u odabranim sportovima. Utvrdili su da je najveći porast u koncentracijama biomarkera mišićnog oštećenja (kreatin kinaza, laktat dehidrogenaza) bio prisutan kod nogometaša. Kreatin kinaza je porasla 2 do 3 puta više poslije nogometne utakmice nego kod ostalih sportaša. Najmanje promjene ovih pokazatelja uočene su poslije odbojkaške utakmice u odnosu na sve ostale sportaše.

3. METODE ISTRAŽIVANJA

3.1. UZORAK ISPITANIKA

Uzorak ispitanika činilo je 19 nogometaša mlađeg uzrasta (18.5 godina, 179 cm, 69.84 kg) članova dva nogometna tima juniora na razini reprezentacije. U uzorak ispitanika uvršteni su isključivo nogometaši koji su odigrali najmanje 16 utakmica u prethodnoj sezoni i sudjelovali na barem 75% treninga u istoj sezoni te da su imali najmanje 5 godina nogometnog iskustva.

Testiranje je odobreno od strane Etičkog povjerenstva Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Svi ispitanici bili su upućeni u protokol testiranja i objašnjeni su im mogući rezultati kao i posljedice.

3.2. UZORAK VARIJABLI

Za svakog ispitanika određena je dob (godine), izmjerene su visina (cm) i masa tijela (kg) te su podvrgnuti spiroergometrijskom testiranju na pokretnom sagu kako bi se odredio maksimalni primitak kisika i maksimalna frekvencija srca. Biokemijski pokazatelji oštećenja mišića analizirani su iz uzoraka venske krvi koji su izvađeni prije utakmice kao i nakon 90 minuta igre te su određene slijedeće varijable: kreatin kinaza (CK), mioglobin, laktat dehidrogenaza (LDH), aspartat-aminotransferaza (AST) kao i ukupan broj leukocita (L).

3.3. PROTOKOL TESTIRANJA

Ispitanici su prvo bili podvrgnuti laboratorijskom testiranju na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu sa svrhom utvrđivanja osnovnih morfoantropometrijskih karakteristika (mase i visine tijela) te spiroergometrijskom testiranju koje je poslužilo za mjerenje maksimalnog primitka kisika.

Nekoliko dana poslije laboratorijskog testiranja proveden je terenski dio istraživanja. Nogometaši su odigrali utakmicu u trajanju od 90 minuta s pauzom između poluvremena od 15 minuta. 30 minuta prije početka utakmice igračima je izvađen uzorak venske krvi, nakon toga su se zagrijali i započeli utakmicu. Bilo je predviđeno da se utakmica odigra bez izmjena, odnosno da svih 90 minuta na terenu budu isti igrači. To je i provedeno, međutim u konačni uzorak nije uzet igrač koji se tijekom drugog poluvremena ozlijedio te naravno nije mogao završiti utakmicu. Također u konačni uzorak nisu uzeti i golmani s obzirom da je njihovo opterećenje tijekom utakmice značajno manje od opterećenja igrača u polju.

Drugi uzorak krvi uzet je neposredno po završetku utakmice. Iz uzoraka venske krvi koji se uzimao prije utakmice i neposredno po završetku utakmice određen je broj leukocita, te koncentracija kreatin kinaze, mioglobina, laktat dehidrogenaze i aspartat-aminotransferaze.

Opterećenje tijekom utakmice praćeno je sustavom 3D tille sport analyzer koji mjeri prijedene udaljenosti pri različitim intenzitetima trčanja. Na taj su način utvrđene ukupne udaljenosti prijedene tijekom utakmice, kao i udaljenosti prijedene hodanjem, kaskanjem, trčanjem i sprintom. Također je utvrđen i broj promjena različitih aktivnosti koje su se zbivale tijekom devedesetminutnog trajanja utakmice.

3.4. METODE OBRADE PODATKA

Dobiveni podaci obrađeni su i analizirani računalnim programom Statistica 12.0 na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Metode deskriptivne statistike primijenjene su

radi utvrđivanja osnovnih statističkih parametara - aritmetičke sredine, minimalne i maksimalne vrijednosti te standardne devijacije.

Nakon utvrđivanja osnovnih parametara analizirana je statistička značajnost razlika među grupama pomoću T testa za zavisne uzorke. T-test je jedan od najpoznatijih statističkih postupaka. Odnosi se na testiranje statističke značajnosti razlike između dvije aritmetičke sredine. Dobivena se razlika između obje aritmetičke sredine podijeli standardnom pogreškom te razlike.

Razina statističke značajnosti odredit će se na nivou greške od 5% odnosno pod pretpostavkom da će se zadana promjena dogoditi s vjerojatnošću od 95%.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Osnovni deskriptivni parametri (aritmetička sredina, minimalna i maksimalna vrijednost te standardna devijacija) izračunati su za skupinu od 19 ispitanika. Testiranju je pristupilo 20 igrača, međutim kako se jedan od njih tijekom drugog poluvremena ozlijedio, nije uključen u konačni uzorak. U Tablici 1. prikazane su vrijednosti koje opisuju uzorak ispitanika dok su u Tablici 2. prikazani rezultati analize opterećenja tijekom utakmice u vidu prijedjenih distanci. U Tablici 3 prokazani su pokazatelji oštećenja mišića i količina leukocita prije i neposredno poslije utakmice, kao i rezultati t-testa, odnosno prikazana je značajnost razlika za pojedine varijable.

Tablica 1. Osnovni deskriptivni parametri ispitanika

	Min	Max	AS	SD
Dob	17,00	19,00	17,97	0,56
VO2max	56,26	71,16	64,94	3,99
Visina tijela	1,68	1,90	1,79	0,06
Masa tijela	62,00	78,00	69,84	4,16
FSmir	53,00	88,00	69,73	9,66
FSmax	180,00	210,00	193,72	8,10

Igrači su bili u rasponu od 17 do 19 godina, s prosjekom od 17,97 godina. Prosječno su bili visoki 1,79 cm i teški 69,84 kg. Spiroergometrijsko testiranje pokazalo je da je prosječni relativni maksimalni primitak kisika iznosio 69,84 ml/kg/min te je maksimalna frekvencija srca u

prosijeku bila 193,72 otkucaja u minuti, dok je frekvencija srca u mirovanju iznosila 69,73 otkucaja u minuti. Po svojim morfološkim karakteristikama igrači su slični prosječnoj populaciji mladića iste dobi u Hrvatskoj, dok im je maksimalni primitak kisika značajno iznad prosječnih vrijednosti i nalazi se pri višim vrijednostima koje su inače izmjerene kod nogometaša u različitim dobnim uzrastima, pa i kod seniora (Matković, 2015.).

Ukupno su igrači tijekom utakmice pokrili između 6 i 12 km, odnosno 9,81 km prosječno. Od toga su prosječno sprintali 1 139 metra, hodali 3 000 metara, kaskali 3 917,00 metara te trčali 1 756,00 metara. Sveukupno u prosjeku broj promjena aktivnosti iznosio je $1\,310,61 \pm 101,2$ što znači da se aktivnost mijenjala prosječno svake 4 sekunde. Dobiveni rezultati slični su rezultatima dobivenim u nizu dosadašnjih istraživanja na nogometašima (Bangsbo i sur., 1991.). Promatrajući neke druge sportove, samo usporedbe radi, kod košarkaša su distance između 2,9 i 7,5 km, a kod rukometaša 4,6 do 4,8 km po utakmici (Matković, 2015.).

Utvrđivanje statističke značajnosti razlike rezultata između inicijalnog i finalnog testiranja omogućuje uvid u povišene vrijednosti biokemijskih parametara organizma, kreatin-kinaza i laktat dehidrogenaza, nastalih pod utjecajem tjelesne aktivnosti visokog intenziteta.

Važno je bilo utvrditi razlike između rezultata testiranja prije i neposredno nakon nogometne utakmice, kao i značajnost razlike između rezultata inicijalnog i finalnog testiranja.

Tablica 2. Osnovni deskriptivni parametri prijeđenih distanci

	AS	Min	Max	SD
Hodanja (m)	3 000,00	1 900,00	3 600,00	418,70
Kaskanja (m)	3 917,00	1 700,00	6 200,00	1 457,30
Trčanja (m)	1 756,00	700,00	2 900,00	558,60
Sprint (m)	1 139,00	600,00	2 100,00	413,20
Ukupno prijeđene distance (m)	9 811,00	6 000,00	12 000,00	1 777,60
Br. promjena	1310,61	1123,00	1456,00	101,02

Ovim istraživanjem utvrđene su statistički značajne razlike između rezultata analize biomarkera oštećenja mišića u mirovanju te poslije nogometne utakmice. Rezultati dobiveni analizom krvi izvađenom neposredno po završetku nogometne utakmice statistički su značajno veći u odnosu na rezultate inicijalnog testiranja. Neposredno poslije nogometne utakmice značajno je povećanje mioglobina za 119%, laktat dehidrogenaze 71% i aspartat transferaze 74%. Interesantno da povećanje razine kreatin kinaze, iako iznosi 51 % nije statistički značajno. Ove promjene, odnosno povećanja koncentracije biokemijskih parametara u suglasju su s ostalim provedenim istraživanjima vezanim za oštećenje mišića pod utjecajem tjelesne aktivnosti, kako kod nogometaša tako i kod ostalih vrhunskih sportaša. Leukociti, kao pokazatelji upalne reakcije također su se gotovo udvostručili pod utjecajem nogometne utakmice.

Tablica 3. Osnovni deskriptivni parametri laboratorijskih varijabli i prijeđenih distanci te značajnost razlika (p)

	AS	Min	Max	SD	p
L1	5,86	4,00	8,30	1,07	0,00
L2	10,7261	6,70	14,00	1,98	
AST1	25,58	14,00	68,00	11,16	0,00
AST2	34,21	18,00	90,00	14,81	
CK1	294,05	98,00	1558,00	322,22	0,81
CK2	530,89	195,00	2230,00	442,52	
LDH1	195,68	157,00	255,00	26,71	0,00
LDH2	273,74	224,00	349,00	35,08	
Mioglobin 1	33,29	21,70	88,30	14,91	0,00
Mioglobin 2	277,768	165,10	652,30	131,19	

Može se zaključiti da opterećenje koje izaziva nogometna utakmica uzrokuje oštećenje skeletnih mišića koje se manifestira promjenama biokemijskih pokazatelja oštećenja mišića u smislu povećanja njihove razine neposredno po završetku nogometne utakmice, a u odnosu na stanje u mirovanju prije opterećenja koje izaziva 90 minuta igre.

Postavlja se naravno pitanje ima li količina pretrčanih metara tijekom utakmice ili broj izmjena različitih aktivnosti utjecaj na veličinu promjene razine koncentracije promatranih biomarkera. Korelacijska analiza pokazala je da za povećanje koncentracije nije bitna količina pretrčanih metara, pa ni onih prijeđenih u sprintu, a jednako tako niti broj promjena aktivnosti.

6. LITERATURA

1. Ascensão, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhães, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match—analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical biochemistry*, 41(10), 841-851.
2. Bangsbo, J., Norregaard, L., and Thorso, F. (1991). Activity Profile of Competition Soccer. *Can J Sports Sci* 16: 110-116.
3. Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 12: S5-S12.
4. Brancaccio, P., Maffulli, N., Buonauro, R., & Limongelli, F. M. Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med* 27: 1-18, 2008.
5. Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull* 81-82: 209-230.
6. Carl, A. B., Edward, R. A., David, E. B., & Tietz, N. W. (2001). *Text book of clinical chemistry and molecular diagnostics*.
7. Gomes, R. V., Santos, R. C. O., Nosaka, K., Moreira, A., Miyabara, E. H., & Aoki, M. S. (2014). Muscle damage after a tennis match in young players. *Biology of Sport*, 31(1), 27.
8. Heisterberg, M.F., Fahrenkrug, J., Krstrup, P., Storskov, A., Kjaer, M., & Andersen, J.L. 2013. Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5): 1260–1271.
9. Heled, Y., Bloom, M. S., Wu, T. J., Stephens, Q., & Deuster, P. A. (2007). CM-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. *Journal of Applied Physiology*, 103(2), 504-510.
10. Howatson, G., & Milak, A. (2009). Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23,

2419-2424.

11. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Martino, F., Fiorini, S., & Wisloff, U. (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 42-46.
12. Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., ... & Taxildaris, K. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 423-431.
13. Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of Sport and Exercise 6th Edition*. Human kinetics.
14. Matković, B. R., Besek, D., & Matković, B. (1999). Fiziološke karakteristike vrhunskih hrvatskih nogometaša. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik*, 14, 16-20.
15. Matković, B., & Ružić, L. (2009). *Fiziologija sporta i vježbanja*. Zagreb: Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta i Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
16. Matković, B. (2015). Antropološka analiza nogometne igre. (u tisku)
17. McHugh, M. P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(2), 88-97.
18. McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2010). Creatine kinase and endocrine responses of elite players pre, during, and post rugby league match play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 2908-2919.
19. Meister, S., Faude, O., Ammann, T., Schnitker, R., & Meyer, T. (2013). Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), 156-163.

20. Milanović, D. (2009). *Teorija i metodika treninga*. Zagreb: Odjel za izobrazbu trenera Društvenog veleučilišta u Zagrebu, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
21. Mohr, M., Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Barbero-Álvarez, J. C., Castagna, C., Douroudos, I., ... & Fatouros, I. G. (2015). Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *European Journal of Applied Physiology*, 1-15.
22. Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1995). Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(9), 1263-1269.
23. Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of sports sciences*, (ahead-of-print), 1-6.
24. Russell, M., Northeast, J., Atkinson, G., Shearer, D. A., Sparkes, W., Cook, C. J., & Kilduff, L. (2015). The between-match variability of peak power output and Creatine Kinase responses to soccer match-play. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*.
25. Schlattner, U., Tokarska-Schlattner, M., & Wallimann, T. (2006). Mitochondrial creatine kinase in human health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1762(2), 164-180.
26. Silva, J. R., Rebelo, A., Marques, F., Pereira, L., Seabra, A., Ascensao, A., & Magalhaes, J. (2014). Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Appl Physiol Nutr Metab* 39: 432-438.
27. Smart, D. J., Gill, N. D., Beaven, C. M., Cook, C. J., & Blazeovich, A. J. (2008). The relationship between changes in interstitial creatine kinase and game-related impacts in rugby union. *British Journal of Sports Medicine*, 42: 198-201.
28. Souglis, A., Bogdanis, G. C., Giannopoulou, I., Papadopoulos, C., & Apostolidis, N. (2015). Comparison of Inflammatory Responses and Muscle Damage Indices Following a

Soccer, Basketball, Volleyball and Handball Game at an Elite Competitive Level. *Research in Sports Medicine*, 23(1), 59-72.

29. Takarada, Y. (2003). Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *British Journal of Sports Medicine*, 37: 416-419.
30. Tee, J. C., Bosch, A. N., & Lambert, M. I. (2007). Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 37(10), 827-836.
31. Thorpe, R., & Sunderland, C. (2012). Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2783-2790.