



Sveučilište u Zagrebu
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Almin Hopovac

**UČINCI DODATNOGA TRENINGA
PONAVLJANIH SPRINTOVA NA
POKAZATELJE KONDICIJSKE
PRIPREMLJENOSTI I TRENAŽNOGA
OPTEREĆENJA U NOGOMETAŠA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2025



University of Zagreb
FACULTY OF KINESIOLOGY

Almin Hopovac

**THE EFFECT OF ADDITIONAL REPEATED
SPRINT TRAINING ON FITNESS AND
TRAINING LOAD PARAMETERS IN SOCCER
PLAYERS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2025



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Almin Hopovac

**UČINCI DODATNOGA TRENINGA
PONAVLJANIH SPRINTOVA NA
POKAZATELJE KONDICIJSKE
PRIPREMLJENOSTI I TRENAŽNOGA
OPTEREĆENJA U NOGOMETAŠA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof.dr.sc. Igor Jukić

Zagreb, 2025



University of Zagreb
FACULTY OF KINESIOLOGY

Almin Hopovac

**THE EFFECT OF ADDITIONAL REPEATED
SPRINT TRAINING ON FITNESS AND
TRAINING LOAD PARAMETERS IN SOCCER
PLAYERS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: prof.dr.sc. Igor Jukić

Zagreb, 2025

Učinci dodatnoga treninga ponavljanih sprintova na pokazatelje kondicijske pripremljenosti i trenažnoga opterećenja u nogometaša

SAŽETAK

Osnovni cilj ovog istraživanja jest utvrditi da li dodatni trening ponavljanih sprintova, realiziran tijekom natjecateljskog perioda, ima pozitivne učinke na pokazatelje kondicijske pripremljenosti bez značajne promjene parametara ukupnoga trenažnoga opterećenja i simptoma psihološkog i fiziološkog stresa. Istraživanje je provedeno na 22 nogometaša juniora koji se natječu u prvoj HNL. Ispitanici su raspoređeni u jednu eksperimentalnu (n=11) i jednu kontrolnu (n=11) grupu. Eksperimentalni program treninga trajao je šest tjedana u okviru kojih je realizirano ukupno 12 intervencija. Prije i nakon intervencije ispitanici su podvrgnuti testovima kondicijske pripremljenosti kroz test sposobnosti ponavljanja sprintova, 30-15 Intermittent Fitness Test, sprint na 25m, test agilnosti, te test skok s pripremom. Tijekom intervencije od šest tjedana ispitanici su bili podvrgnuti testovima procjene trenažnoga opterećenja i simptoma psihološkog i fiziološkog stresa kroz mjerenje varijabilnosti srčane frekvencije, tjednih vrijednosti subjektivne procjene trenažnoga opterećenja, te *wellnes* upitnika za subjektivnu procjenu stresa.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju kako dodatni trening ponavljanih sprintova značajno pozitivno utječe na prosječne (2%), maksimalne (3.2%) i minimalne (4.6%) vrijednosti sprinta u testu sposobnosti ponavljanja sprintova. Također, % opadanja vremena sprintova u testu sposobnosti ponavljanja sprintova se kod eksperimentalne grupe značajno smanjuje (11.6%), dok kod kontrolne ostaje isti ili se povećava.

Rezultati istraživanja su također pokazali da ne postoji statistički značajna razlika u parametrima trenažnoga opterećenja i simptoma psihološkog i fiziološkog stresa u nogometaša nakon intervencije. Nadalje istraživanje je pokazalo da je značajno unaprijeđen sprint na 25 m kod eksperimentalne (3.5%) i kontrolne (1.9%) grupe, dok u varijablama ostalih motoričkih sposobnosti nije došlo do značajnih promjena. Slično kao u sprintova na 25 m u fiziološkim pokazateljima, točnije maksimalnom primitku kisika, napredovale su i eksperimentalna i kontrolna grupa.

Ključne riječi: sposobnost ponavljanja sprintova, trening, varijabilnost srčane frekvencije, nogomet, trenažno opterećenje

EFFECTS OF ADDITIONAL REPEATED SPRINT TRAINING ON FITNESS AND TRAINING LOAD PARAMETERS IN SOCCER PLAYERS

ABSTRACT

The principal aim of this study was to determine whether an additional repeated-sprint training programme, performed during the competitive season, produces beneficial effects on markers of physical fitness without appreciably changing overall training-load parameters or the symptoms of psychological and physiological stress. The investigation was carried out on 22 junior soccer players competing in the Croatian First League. Participants were assigned to one experimental group (n = 11) and one control group (n = 11).

The experimental training programme lasted six weeks, during which a total of 12 training interventions were completed. Before and after the intervention all players undertook a battery of fitness tests: the repeated-sprint ability test, the 30-15 Intermittent Fitness Test, a 25 m linear sprint, an agility test, and a countermovement jump. Throughout the six-week intervention period the players' training load and stress symptoms were monitored by heart-rate-variability measurement, weekly session-RPE (subjective training-load) scores, and a wellness questionnaire providing a subjective assessment of stress. The results indicate that supplementary repeated-sprint training significantly improved the mean (2 %), maximal (3.2 %) and minimal (4.6 %) sprint times in the repeated-sprint ability test. Moreover, the percentage decrement in sprint time within the repeated-sprint test fell significantly in the experimental group (-11.6 %), whereas it remained unchanged or even increased in the control group.

No statistically significant differences were found between groups in training-load parameters or in psychological and physiological stress markers following the intervention. Sprint performance over 25 m improved significantly in both the experimental (3.5 %) and control (1.9 %) groups, while no significant changes were observed in the other motor-skill variables. Similarly to the 25 m sprint, both groups progressed in physiological capacity, specifically in maximal oxygen uptake.

Keywords: repeated-sprint ability, training, heart-rate variability, football, training load

SADRŽAJ

UVOD	1
Analiza sprintova u nogometu	1
Analiza ponavljanih sprintova u nogometu	8
Analiza serija ponavljanih sprintova	13
Testovi za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova	17
Fiziologija sposobnosti ponavljanja sprintova	19
Trenažne strategije za razvoj sposobnosti ponavljanja sprintova	20
Trening ograničavajućih čimbenika	20
Resinteza kreatin fosfata (CrP)	20
Anaerobna glikoliza	22
Akumulacija vodikovih iona (H+)	25
Aerobni metabolizam	28
Mišićna aktivacija	31
Trening ponavljanja sprintova	34
Monitoring trenažnog opterećenja i simptoma stresa	37
Metode kvantifikacije trenažnog opterećenja	38
Monitoring autonomnog živčanog sustava i prilagodba na trening	39
Trening ponavljanih sprintova i aktivacija/reaktivacija autonomnog živčanog sustava	42
Trening ponavljanih sprintova i subjektivni osjećaj percipiranog trenažnog opterećenja i stresa	44
PROBLEM ISTRAŽIVANJA	46
Odgovor kondicijskih parametara na protokol ponavljanja sprintova	46
Odgovor parametara simptoma stresa i trenažnoga opterećenja	47
CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	49
METODE RADA	50
Ispitanici	50
Mjerni instrumenti i varijable	50
Mjerni instrumenti i varijable za procjenu kondicijskih sposobnosti	50
Mjerni instrumenti za procjenu trenažnog opterećenja, stresa i stanja autonomnog živčanog sustava	53

Opis postupka mjerenja	55
Eksperimentalni protokol	56
Metode analize podataka	57
REZULTATI.....	58
Učinci treninga ponavljanih sprintova na morforloške karakteristike	60
Učinci treninga ponavljanih sprintova na fiziološke sposobnosti	63
Učinci treninga ponavljanih sprintova na motoričke sposobnosti.....	65
Učinci treninga ponavljanih sprintova na sposobnost ponavljanja sprintova.....	73
Učinci treninga ponavljanih sprintova na trenažno opterećenje i simptome stresa	80
RASPRAVA	85
Učinci treninga ponavljanih sprintova na sposobnost ponavljanja sprintova.....	85
Učinci treninga ponavljanih sprintova na fiziološke sposobnosti	88
Učinci treninga ponavljanih sprintova na motoričke sposobnosti.....	90
Učinci treninga ponavljanih sprintova na trenažno opterećenje i simptome stresa	92
Ograničenja istraživanja.....	94
Praktična primjena rezultata	95
ZAKLJUČAK.....	96
REFERENCE.....	98

UVOD

Struktura kretanja u sportskim igrama predstavlja stalno ponavljanje kretnji visokog intenziteta koje se smjenjuju, odnosno prekidaju sa kretnjama niskog intenziteta ili odmora tijekom cijele utakmice (Glaister, 2005a). Kako sprint predstavlja ključnu kategoriju kretanja u sportskim igrama (Spencer i sur., 2005a) i kako se kao posljedica umora količine sprinta smanjuju tijekom utakmice (Girard i sur., 2011a), sposobnost odupiranja umoru i zadržavanja maksimalnog intenziteta aktivnosti tijekom cijele utakmice predstavlja sposobnost ponavljanja sprintova (RSA).

Analiza sprintova u nogometu

Većina znanstvenika su kategoriju sprinta definirali kao trčanje brzinom većom od 25 km/h. Notacijskim analizama utakmica utvrđeno je da prosječna duljina pretrčana sprintom iznosi između 10 i 20 metara, a prosječno trajanje ove visokointenzivne kretnje iznosi 2-3 sekunde. Točnije su Di Salvo i suradnici analiziranjem utakmice utvrdili prosječnu duljinu sprinta od $19,3 \pm 3,2$ metra, pri čemu je sprint bio definiran kretnjom brzine ≥ 22 km/h (Di Salvo i sur., 2009a). U istraživanjima koja su observirala mlade nogometaše (U12) (Castagna i sur., 2003a) utvrđeno je da sprint traje prosječno 2,3 sekundi, dok je kod starijih nogometaša (U13-U17) prosječno vrijeme trajanja sprinta iznosilo 2,7 sekundi (Buchheit i sur., 2010). Slične rezultate u prosjecima trajanja sprinta su dobili i Krustup i suradnici istražujući mlade nogometašice (Krustrup i sur., 2005a).

Kada se govori o učestalosti sprintova koji su izvedeni tijekom jedne utakmice, odnosno frekvencija sprinta, Di Salvo i suradnici (2007) utvrdili su na nogometašima španjolske lige da isti sprintaju u prosjeku 17,3 puta tijekom utakmice sa rasponom između 3 i 40 (Di Salvo i sur., 2007a). Slične rezultate u frekvenciji sprinta tijekom utakmice utvrdili su i (Bradley i sur., 2009a). Najveći broj sprintova izvodi se na dionici od 5m (oko 16), dok se mnogo manje sprintova izvodi na dionici od 5,1-10m (oko 7) (Di Salvo i sur., 2009b). Treba naglasiti da i nogometašice izvode jednak broj sprintova kao i nogometaši tijekom utakmice (Mohr i sur., 2008a). Taylor i sur.

(2017a) su u svom preglednom radu naveli da, kada je u pitanju frekvencija sprinta, ista manje ovisi o dobi, polu i momčadskoj kvaliteti, te se frekvencija kreće u rasponu od 7-61 sprintova, s tim da je znatno niža u mladim nogometašima i to od 5-13. S druge strane, prijašnja istraživanja su također željela utvrditi frekvenciju, odnosno broj odrađenih sprintova tijekom nogometne utakmice (Chmura i sur., 2017; Mara i sur., 2017; Miñano-Espin i sur., 2017; Martín-García i sur., 2018). Specifično, prosječna vrijednost broja sprintova u gore-navedenim istraživanjima se kretala od 33 sprinta (Chmura i sur., 2017), 70 sprintova (Mara i sur., 2017a), 20 sprintova (Miñano-Espin i sur., 2017) i 17 sprintova (Martín-García i sur., 2018), dok su se maksimalne vrijednosti broja realiziranih sprintova tijekom nogometne utakmice kretala oko 80 (Chmura i sur., 2017). Kao što je vidljivo iz dužine pretrčanih dionica i broja sprintova tijekom nogometne utakmice, standardizacija notacijskih sustava za analizu nogometne igre, definiranje graničnih vrijednosti brzine za kategorizaciju trčanja visokim intenzitetom nasuprot izvođenja sprintova, te kumulativno opterećenje i izvedba sprinterskih izvedbi tijekom trenažnog procesa su jedni od glavnih čimbenika, koji se moraju uzeti u obzir za detektiranje i praćenje karakteristike sprintova tijekom nogometne utakmice (Gualtieri i sur., 2023).

Miñano-Espin i sur. (2017) utvrdili prosječnu prijeđenu udaljenost od 245 m. S druge strane, Modric i sur. (2019) su detektirali još niže vrijednosti sprinta kod hrvatskih nogometaša, koja je iznosila 156 ± 97 m tijekom nogometne utakmice. Nedavno istraživanje Scotta i sur. (2020) je pokazalo, kako je prosječna vrijednost sprintova 122 ± 69 m, što s obzirom na dinamiku igre, te tehničko-taktičku i kondicijsku pripremljenost individue, predstavlja veliku razinu heterogenosti zbog drugačijeg uzimanja kriterija brzine trčanja i nedovoljne standardizacije protokola notacijskih sustava za analizu nogometne igre (Gualtieri i sur., 2023). Slični rezultati dobiveni su u istraživanju Dalena i sur. (2021) koji su pokazali kako je prosječna prijeđena udaljenost tijekom nogometne utakmice sprinterskim trčanjem iznosila 153 m. Iste godine je istraživanje i Altmann i sur. (2021) pokazalo značajno više vrijednosti udaljenosti pretrčane sprintovima od 495 m. Jedno od rijetkih longitudinalnih istraživanja je pokazalo kako je prosječna vrijednost prijeđene udaljenosti sprinterskom tehnikom 200-350 m (Malone i sur. 2018)

Istraživanja su pokazala da ukupna udaljenost u nogometu prevaljena sprintom ovisi o igračkim pozicijama (Di Salvo i sur., 2010; Dalen i sur., 2016; Dellal i sur., 2012; Mallo i sur., 2015; Mara i sur., 2017), dobi (Castagna i sur., 2003b; Rampinini i sur., 2007a), spolu (Krustrup i sur., 2005b;

Mohr i sur., 2008b), ali i igračkoj (Mohr i sur., 2003a) i momčadskoj kvaliteti (Di Salvo i sur., 2009b). Taylor i sur. (2017b) u svom preglednom istraživanju navode da se ukupna udaljenost prevaljena sprintom u elitnih nogometaša kreće između 117 i 831 metara, dok je to u mladih nogometaša manje, u rasponu od 114- 325 metara. U istom istraživanju, kako navode Taylor i suradnici, je raspon udaljenosti prevaljene sprintom mnogo manji i to, u elitnih nogometašica između 160 i 615 metara, dok je u mladih nogometašica raspon prevaljenog sprinta od 76-235 metara.

Sprint se kao kategorija izvodi u relativno malom postotku ukupnog vremena igre (oko 2%), traje 2-4 sekunde, pri čemu je prosječna daljina od 10-20 metara. Na razini utakmice sprintovi se ponavljaju od 20-40 puta.

Tablica 1 Analiza sprintova u nogometu

	uzorak ispitanika i rang	broj ispitanika	trajanje sprinta (s)	Distanca prevaljena sprintom	prosječna udaljenost sprintom	frekvencija sprintova	postotak ukupnog vremena	vrijeme oporavka između sprintova
Spencer, Bishop, Dawson & Goodman (2005a)	Nogomet, hokey i rugby (pregledni rad)	8 studija	2-3	/	10 -20	19-62	/	/
Bangsbo, Nørregaard & Thorsø (1991)	nogomet	14 V	2	/	/	19		284
Mohr, Krustrup i Bangsbo (2003)	Nogomet (ITA i LP)	18 V 24 P	2,0 ± 0,0 (V) 1,9 ± 0,0 (P)	650 ± 60 (V) 410 ± 30 (P)		39 ± 2 (V)* 26 ± 1 (P)	1,4±0,1 (V)* 0,9 ± 0,1 (P)	138 (V) 208 (P)
Di Salvo i sur. (2007)	Nogomet (SPA i LP)	63 (CO) 60 (B) 67 (CV) 58 (K) 52 (N)			19,3 ± 3,2#	11,2 ± 5,2 (CO)# 20,0 ± 7,0 (B)# 13,7 ± 6,2 (CV)#		490 270 394 245 260

						22,0 ± 6,7 (K)# 20,7 ± 6,9 (N)#		
Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff & Drust (2008)	Nogomet (ELP)	1840 (CO) 1648 (B) 1725 (CV) 1006 (K) 1136 (N)		167 ± 53 (CO) 238 ± 55 (B) 217 ± 46 (CV) 260 ± 47 (K) 262 ± 63 (N)		30 ± 4 (zajedno) 16 ± 2 (0- 5m) 7 ± 1 (5,1- 10m)		
Di Salvo i sur. (2010)	Nogomet (EL i LP)	286 (CO) 255 (B) 319 (CV) 222 (K) 243 (N)		131 ± 66 (CO) 233 ± 98 (B) 163 ± 85 (CV) 285 ± 111 (K) 242 ± 106 (N)		17,3 ± 8,7 (CO) 29,5 ± 11,7 (B) 23,5 ± 12,2 (CV) 35,8 ± 13,4 (K) 30,0 ± 12,0 (N)		394 183 229 150 180
Harley i sur. (2010)	Nogomet (U12 - U16) 3 x 25' 2 x 25'+2x12,5' 2x40'	22 (U12) 20 (U13) 25 (U14) 21 (U15) 24 (U16)		174 (U12) 167 (U13) 248 (U14) 194 (U15) 302 (U16)			1,01 (0,0- 2,0)	
Castagna, D'Ottavio & Abt (2003)	Nogomet (U12) TU=2 x 30'	11	2,3 ± 0,6	114 ± 73 (34- 250)		33 ± 4 (28- 41)		118,5 ± 20,5
Bradley i sur. (2009)	Nogomet (EPL)	92 (CO) 84 (B) 80 (CV) 52 (K) 62 (N)		152 ± 50 (CO) 287 ± 98 (B) 204 ± 89 (CV) 346 ± 115 (K) 264 ± 87 (N)		17 ± 8	0,6 ± 0,2	72 ± 28 (v ≥ 19,8 km/h)
Carling (2010)	Nogomet (FRA) S loptom (≥ 19,1 km/h)	5 (CO) 5 (B) 6 (CV) 6 (K) 6 (N)		35,5±26,5 (CO) 56,4 ± 33,9 (B) 56,3±35,9 (CV) 111,8±60,1 (K) 66,1 ± 40,0 (N)				
Krustrup, Mohr, Ellingsgaard &	Nogomet (Ž) (DAN)	14	2,3 (2,0- 2,4)	160 (50-280)		26 (9-43)		207

Bangsbo (2005)								
Rampinini i sur. (2007)	18		199 ± 62 (110- 335)					
Buchheit, Mendez-V., Simpson & Bourdon (2010)	Nogomet (U13-U18) v ≥ 19 km/h	99	2,7 ± 0,5 (1- 6)					
Osgnach i sur. (2009)	Nogomet (ITA), sprint ≥ 22 km/h	399		531 ± 214			1,3	
Mohr, Krustrup, Andersson, Kirkendal & Bangsbo (2008)	Nogomet (Ž) (USA)	19 (V) 15 (P)		460 ± 20* 380 ± 50		30 ± 2* 26 ± 1	1,2 ± 0,1* 0,9 ± 0,1	180 207
Taylor i sur. (2017)	Nogomet	54 studije	2	117-831 VM (19) 114-325 JM (6) 160-615 VŽ 76-235 JŽ	15.2 M 19-29 Ž	7-61 (12) 5-13 (1) JŽ	0.3-3.4	
Anderson i sur. (2015)	Nogomet (EPL)	12 V		I 290 ± 118 II.i 222 ± 120 II.ii 282 ± 190 III.i 291 ± 121 III.ii 347 ± 128 III.iii 336 ± 138				
Carling i sur.	Nogomet (FL)	12 V Fullback (3) centhalf (3) cenMid (3) wide mid(2) centforw(1)		252 ± 54 227 ± 71 270 ± 79 112 ± 62 104 ± 47 108 ± 63 116 ± 57 107 ± 29 93 ± 43				

				349 ± 100.9 223 ± 76 247 ± 48 184 ± 87 (zajedno)				
Castellano i sur. (2011)	Nogomet (SPL)	434 V		117# 145 116.3± 75.2 #1sth 140.3 ±60.71sth 107.0 ± 70.4 # 2ndh 131.9 ± 56.82ndh			2.1# 2.6	
Dalen i sur. (2016)	Nogomet	38 V Cd 8 Fb 9 Cm 9 Wm 7 A 5		Cd 110 ± 55 Fb 330 ± 133 Cm 152 ± 80 Wm 276 ± 111 A 198 ± 93 Zajedno 214 ± 130				
Dellal i sur. (2012)	Nogomet (prijateljske utakmice)	40 CD 8 FB 8 CDM 12 WM 7 Fw 5		295±61,2 232±52,1 309±70 317±63,1 303±51,7 315±69,3				
Gregson wt al. (2010)	Nohomet (EPL)	485 V		145 ± 65cd 253 ± 96vd 198 ±90cm 307 ± 109wm 272 ±117A		20 ± 9 34 ± 12 30 ± 13 41 ± 13 34 ± 13		
Hope i sur. (2015)	Nogomet (Bundesliga)	306 utakmica (svi igrači)		165 ± 9 ili 150–185 81 ± 7 ili 70–95 PL 84 ± 6 ili 75–91 BPL				
Ingebrigsten & Dalen (2014)	Nogomet (Norway)	15 V		213 ± 111		16.6 ± 7.9		
Mallo i sur. (2015)	Nogomet (SPL)	111 V CD 23 FB 20 CM 22 WM26 FW20		385±223 247±152 494±249 208±132 482±183 505±188				
Weston i sur. (2014)				153+108				

Silva i sur. (2013)	13 (Portugese professional soccer leque)	13		E1 98± 28† E2 96± 25† E3 111±33† E4 206±78				
Hewit, Norton & Lyons (2014)	Nogomet ŽV 15 (australski9)	6 D 5M 4A		67 ± 6 (0-15) 56 ± 6 (15-30) 50 ± 6 59 ± 7 53 ± 7 53 ± 8 173 ± 15 1st 165 ± 18 2nd 338 ± 30 (total) (D)188 ± 31# (M)392 ± 46 (A)388 ± 56				
Mara, Thompson, Pumpa & Morgan (2017)	Nogomet Ž V	12		841 6 238†z ca 850±178†z wa 484±169 m 417±116 cd 680±278† wd 615±258 tot	71–78% <10m	25 ± 17† (RSA) 47 ± 13 (S) 70 ± 29 (All)		Max 16.8± 3.1- RSA 396.0± 144.5 396.0± 144.5 Mean 5.2±1.3-RSA 119.1±40.5 86.5±38.0
Chmura I sur. (2017)	Nogomet Svjetsko prvenstvo Brazil	340 nogometaša				33,25 ± 10,67		
Miñano- Espin i sur. (2017)	Nogomet Igrači Real Madrída	149 Obserrviranih utakmica tijelo 2001/2002- 2006/2007 sezona		ED 374 † (± 144) CD 161 (± 91) CM 179 (± 95) E-MAIL 320 † (± 132) F 235 ‡ (± 99) Prosjeck 245‡ (± 141)		20 ± 8 20 ± 7		
Modrić i sur. (2017)	Nogomet Hrvatski profesionalni nogometaši	101 utakmica CD 26 FB 24 CM 33 WM10 F 8		CD 87.7±59.9 FB 236.6±97.2 CM 123.7±69.5 WM 260.6±68.8 F 137.1±46.9 155,89 ±97,13				

Altman i sur. (2021)	Nogomet Elitni nogometaši njemačke Bundeslige	Podaci utakmica iz sezone 2019/2020 n=1964 CD 658 WD 244 WB 122 CM 538 WM187 FW 215		0.27 ± 0.14 0.19 ± 0.08 0.36 ± 0.14 0.37 ± 0.11 0.24 ± 0.13 0.42 ± 0.14 0.34 ± 0.13 (Kilometri)				
Dalen i sur (2021)	Nogomet Elitni nogometaši Norveške lige	N=26		153m				
Malone i sur. (2018)	Nogomet Elitni nogometaši	N=37		200-350m				

Analiza ponavljanih sprintova u nogometu

Analize kretanja u nogometu su pokazale da tijekom utakmice dolazi do opadanja sprinterskih performansi, kada je u pitanju distanca prevaljena sprintom, vrijeme trajanja sprintova, kao i razlike u prevaljenoj distanci sprintom u prvom i drugom poluvremenu. Tako su Mohr i sur. (2003b) prvi put utvrdili opadanjae sprinterskih performansi tijekom nogometne utakmice, gdje je zabilježeno statistički značajno opadanje sprinterskih performansi i u prosječnih i u vrhunskih nogometaša. U pomenutom istraživanju utvrđeno je statistički značajno opadanje varijabli koje se odnose na pretrčanu distancu sprintom, broj sprintova, te količine, odnosno postotka vremena provedenog u sprintu kada se govori o prvom i drugom poluvremenu utakmice. Mohr i suradnici (2008) su u svojim kasnijim istraživanjima utvrdili da gore navedene varijable opadaju značajno u odnosu na prvo poluvrijeme utakmice. Hewitt i suradnici (2014) u svom istraživanju na

nogometašicama su također potvrdili da je distanca prevaljena sprintom u drugom poluvremenu manja nego u prvom poluvremenu.

Literatura ukazuje na to da opadanje sprinterskih performansi ovisi o igračkim pozicijama i kvaliteti momčadi. Tako su Di Salvo i sur. (2009b) u svom istraživanju na engleskim premijer ligašima pokazali značajno opadanje sprinterskih performansi i to kod napadača i krilnih igrača, a nešto manje kod bekova, u drugom poluvremenu. Isto istraživanje je pokazalo da su centralni odbrambeni i centralni vezni igrači povećali udaljenost prevaljenu sprintom, ali rezultati nisu bili statistički značajni. Također, najveće opadanje distance pretrčane sprintom zabilježeno je kod najlošijih momčadi.

Kako Bradley i sur. (2009b) nisu zabilježili značajne razlike u prevaljenoj sprinterskoj distanci i broju ponavljanja sprintova u prvom i drugom poluvremenu, važno je naglasiti da su zamijetili opadanje distance prevaljene sprintom u posljednjih 15 minuta oba poluvremena.

Na zaključak da se igrači umaraju tijekom utakmice, te da su njihove performanse visoko intenzivnih aktivnosti time ugrožene navodi činjenica smanjenja visoko intenzivnog trčanja (Di Salvo i sur., 2009b), te povećanje distance pretrčane niskim intenzitetom (Di Salvo i sur., 2007b).

Gore navedene karakteristike sprinta uveliko su determinirane umorom tijekom nogometne utakmice ili trenažnog procesa. Naime, pokazao se veliki pad sprinterskih sposobnosti, odnosno svladavanja prostora sprinterskim načinom trčanja između dva poluvremena nogometne utakmice (Dambroz i sur. 2022; Schapschröer i sur 2016; J. R. Silva i sur. 2018). Kako se ne radi samo o tjelesnom (Dambroz i sur, 2022), nego i o mentalnom umoru (Staiano i sur. 2024), bitno je naglasiti, kako se frekvencija sprintova, te sama duljina prijeđena sprintovima značajno smanjuje s krajem nogometne utakmice (Clemente i sur. 2019; Mara i sur. 2017c; Oliva-Lozano i sur. 2023).

Uzimajući u obzir prethodno navedena istraživanja jasno je da se tijekom utakmice manifestira umor i da dolazi do opadanja sprinterskih performansi nogometaša, koji rezultira smanjenjem frekvencije i količine sprintova (Bangsbo i sur., 2006). Također, prema dosadašnjim istraživanjima, vrijeme odmora između ponavljanih sprintova od dvije (Mohr i sur., 2003b), tri (Krustrup i sur., 2005b), ili čak četiri minute (Di Salvo i sur., 2007b) ne bi trebale ugroziti performanse opadanja sprinta, obzirom da je pomenuto vrijeme dovoljno za fiziološki oporavak.

Istraživanje Balsom i sur. (1992) je pokazalo da 40 metarski sprintovi, ponavljani 15 puta sa pauzama od 120 sekundi ne utječu na opadanje vremena sprintova. Kada se pauza smanji na 60 sekundi istraživanje je pokazalo da sprinterske performanse opadaju na jedanaestom sprintu, a kada se pauza između sprintova smanji na 30 sekundi, opadanje performansi je vidljivo već na petom sprintu. Isto tako, u ovom je istraživanju zabilježeno da sa pauzom od 30 sekundi sposobnost akceleracije opada već na sedmom sprintu. Ovim istraživanjem je prvi put postavljena pretpostavka da se sprintovi tijekom utakmice pojavljuju u serijama koje mogu dovesti do opadanja sprinterskih performansi.

Slične rezultate su potvrdila i kasnija istraživanja koja su komparirajući testove za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova, te je istom komparacijom utvrđeno da sprinterske performanse opadaju značajnije ukoliko je oporavak kraći (Oliver i sur., 2009). dakle, dužina oporavka između sprintova pokazala se kao jedan od ključnih parametara koja uveliko doprinosi opadanju sprinterskih performansi. Što su kraće pauze i broj ponavljanja sprintova veći, veće je i opadanje sprinterskih performansi u jedinici vremena.

Pretpostavilo se da obrasci ili period od nekoliko ponavljanih sprintova koji se mogu pojaviti u nekoliko navrata tijekom utakmice uveliko doprinose smanjenju sprinterskih performansi i povećanju ukupnog umora nogometaša.

Tablica 2 Analiza frekvencije sprintova u nogometu

	Uzorak ispitanika (sport) i rang	Broj ispitanika	Udaljenost sprinta (m)	Broj sprintova	Vrijeme sprinta (%) ili sekunde ukupno		
Spencer, Bishop, Dawson & Goodman (2005a)	Nogomet, hokej, rugby (pregledni članak)	8 studija	670 – 975	19-62			
Bangsbo, Nørregaard & Thorsø (1991)	Nogomet	14 V 4 OB 7 VZ 3 N		19 16 17 24			
Mohr, Krstrup i Bangsbo (2003)	Nogomet (ITA i LP)	18 V 24 P	350 ± 40 vs 300 ± 30*	22 ± 2 vs 17 ± 1*	1,6 ± 0,1 vs 1,2 ± 0,1*		

			210 ± 30 vs 190 ± 20*	14 ± 1 vs 12 ± 1*	0,9 ± 0,1 vs 0,8 ± 0,1*		
	Nema statistički značajne razlike kod prosječnih nogometaša u distanci pređenoj sprintom prema 15-nim periodima utakmice Zadnjih 15' utakmice: 70 ± 10 vs 90 ± 10 do 130 ± 20 (raspon prva četiri 15' perioda) Udaljenost sprinta bila je 43% manja u zadnjih 15' u odnosu na period prvih 15' igre kod vrhunskih nogometaša.						
Di Salvo i sur. (2007)	Nogomet (SPA i LP)	(SPA i LP) 300 Sprint ≥ 23 km/h	165 ± 95 vs 172 ± 94 Nije značajno – čak je povećanje				
Castagna, D'Ottavio & Abt (2003)	Nogomet (U12) TU= 2 x 30'	11 Sprint ≥ 18 km/h	34 ± 28 vs 60 ± 42 Nije značajno – čak je povećanje	17 ± 3 vs 16 ± 5 ns	120 ± 21 vs 117 ± 24 s ns		
Bradley i sur. (2009)	Nogomet (EPL)	370 Sprint ≥ 25,1 km/h	123 ± 59 vs 132 ± 68 ns	17 ± 8 vs 18 ± 9 ns			
Udaljenost sprinta u posljednjih 15' utakmice je značajno manja u odnosu na prvih 15' u oba poluvremena: 1. poluvrijeme: 34 ± 23 vs 43 ± 17 2. poluvrijeme: 36 ± 20 vs 44 ± 19							
Mohr, Krustup, Andersson, Kirkendal & Bangsbo (2008)	Nogomet (Ž) (USA)	19 (V) 15 (P)	250 ± 20 vs 210 ± 10* 200 ± 30 vs 170 ± 20*		/ 1,2 ± 0,1 vs 1,0 ± 0,1* 1,0 ± 0,1 vs 0,9 ± 0,1*		
Udaljenost sprinta u posljednjih 15' drugog poluvremena je značajno manja od prva četiri 15-minutna intervala kod vrhunskih nogometaša: Zadnjih 15' utakmice: 50 ± 10 vs 70 ± 10 do 80 ± 10 (raspon prva četiri 15' perioda) Udaljenost sprinta u posljednjih 15' i prvog i drugog poluvremena značajno je manja nego u prvih 15' kod prosječnih nogometaša: 1. poluvrijeme: 90 ± 10 vs 50 ± 10 2. poluvrijeme: 70 ± 10 vs 40 ± 10							
Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff & Drust (2008)	Nogomet (M) EPL	563 7 355 utakmica	Opadanje ukupne udaljenosti sprinta kod napadača#, krilnih igrača# i bekovaNS te povećanje kod centralnih obrambenihNS i centralnih veznihNS Najveće opadanje ukupne udaljenosti sprinta kod najboljih momčadi.				

Scanlan, Dascombe, Reaburn & Dalbo (2012)	Košarka (Ž) (AUS)	12	458 ± 77 vs 467 ± 122	54 ± 7 vs 54 ± 13			
Daniele Konte, Terence G. Favero, Corrado Lupo, Fabio M. Francioni, Laura Capranica , Antonio Tessitore (2015)	Košarka (ITA) (Ž) 5 utakmica 3 utakmice prve lige, 2 utakmice Europske lige	12		44 ± 15 (18– 72)			
Uzimajući u obzir visoko intenzivne aktivnosti, sprinterska aktivnost se pojavljivala svakih 33,3 sekunde, raspoređenih u omjerima prema četvrtinama utakmice na 1.18 ± 0.25, 1.69 ± 0.78, 1.02 ± 0.26, 1.34 ± 0.58, i 1.13 ± 0.28 u prvoj, drugoj, trećoj i četvrtoj četvrtini.							
Mara i sur. (2017)	12 elitnih nogometašica 7 utakmica	12	417-850m	71-78% sprintova zabilježeno ispod 10 m	Vrijeme oporavka između sprintova 86.5+- 38 s		
Oliva-Lozano i sur. (2023)	20 nogometaša tijekom 6 utakmica Analizirano ukupno 252 sprinta	Istraživanje je pokazalo da je najveća frekvencija sprintova zastupljena u prvom periodu utakmice od 1-15 minute, zatim u drugom između 15 i 30-e minute. Treći period utakmice koji se odnosi na frekvenciju sprinta jeste između 75-e i 90-e minute, bez obzira na igračku poziciju. Najveći broj sprintova zabilježeni su kao ne linearni i bez posjeda lopte. Igrači su u prosjeku sprintati 17.55metara. Istraživanje je pokazalo da frekvencija sprintova opada u drugim periodima utakmice.					
Oliva-Lozano i sur. (2023)	1252 utakmice La Liga 277 elitnih nogometaša Sprintova analizirani u 30 utakmica	Maksimalni sprintova su zabilježeni tijekom prvog i zadnjeg perioda utakmice, točnije od 1-15 minute i od 75-90 minute, bez obzira na igračku poziciju. Najveći bori sprintova zabilježeni su kao nelinearni bez lopte, prosječnog trajanja od 4.9-9s, sa prevaljenom distancom od 30.55m.					
Dambroz i sur. (2022)							
Pregledno istraživanje							
12 studija utvrdilo da sprinterske performanse kao i taktičke sposobnosti opadaju kako utakmica odmiče							
Legenda: ITA – talijanska prva liga, LP – Europska liga prvaka, SPA – španjolska prva liga, EL – UEFA Europska liga, EPL – engleska Premier liga, FRA – francuska prva liga, DAN – danska liga, AUS – australska liga, USA-američka liga, J – juniori, A – adolescenti, V – vrhunski, P – prosječni, N – igrači nacionalne razine, I – igrači internacionalne razine, SSG – small sided games (igre na malom terenu), OB – obrambeni igrač, VZ – vezni igrač, S – sveučilišni igrači, CO – centralni obrambeni, B – bek, CV – centralni vezni, K – krilo, N – napadač, PL – igrači prednje linije, ZL – igrači zadnje linije, Ž – žene, TU – trajanje utakmice, * - statistički značajna razlika, # - visoko intenzivna aktivnost (≥ 23 km/h), NS – nema statistički značajne razlike							

Analiza serija ponavljanih sprintova

Spencer i suradnici (2005b) su analizirajući serije ponavljanih sprintova po prvi put utvrdili da je vrijeme odmora između sprintova ili vrlo dugo, ili vrlo kratko, odnosno intervali odmora su ili veći od dvije minute ili manji od 21 sekunde. Utvrđeno je da 25% intervala odmora između sprintova traje 20 sekundi, ili manje, dok 50% intervala odmora traje više od 60 sekundi, odnosno da je najveći broj intervala oporavka iznad 2 minute. Autori su zaključili kako upravo kratki intervali odmora ocrtavaju tipični period intenzivnog ponavljanja sprintova, te su istu pojavu definirali kao seriju ponavljanih sprintova.

Po Spencer i sur. (2005) serija ponavljanih sprintova se može definirati kao serija od najmanje tri uzastopna sprinta sa prosječnim intervalom oporavka između sprintova manjim od 21 sekunde. Po kriterijumima Spencera i suradnika nogometaši prosječno izvode $4,2 \pm 1,3$ sprinta unutar serije, a oporavak između serija u prosjeku je $14,9 \pm 5,5$ sekundi. Treba napomenuti da su igrači izvodili maksimalno 7 sprintova po seriji i da je 95% oporavka provedeno aktivno (hodajući ili jogirajući). Ukupno je zabilježeno 17 serija ponavljanih sprintova tijekom utakmice.

Serije ponavljanih sprintova u muškom nogometu prvi put su analizirali Buchheit i sur. (2010) na mladim nogometašima iz francuske lige dobi od 13-18 godina. Postavljeni su kriterijumi za serije sprintova koji su iznosili dva sprinta sa manje od 60 sekundi oporavka, te su posebno analizirane serije sa periodima odmora od 15, 30, 45 i 60 sekundi. Autori su zabilježili $2,7 \pm 0,3$ sprintova po seriji (raspon od 2 do 4) kada su analizirane serije sa svim kategorijama odmora (do 60 sekundi), dok je trajanje sprinta bilo $2,7 \pm 0,5$ sekundi (raspon od 1 do 6 sekundi). Stariji igrači realizirali su veći broj serija ponavljanih sprintova (prosječno oko 7-8 serija) u apsolutnoj kategoriji (brzina sprinta > 19 km/h) te je najveći broj serija bio izveden sa najmanjim periodom odmora (< 15 sekundi) u svim dobnim kategorijama. Kada su korištene relativne vrijednosti brzine kretanja ($> 61\%$ maksimalne brzine), najveći broj serija ponavljanih sprintova (prosječno oko 17 serija) realizirali su najmlađi nogometaši. Raspon broja serija ponavljanih sprintova iznosio je od 0 do 30 tijekom utakmice. Također je utvrđeno da se broj serija ponavljanih sprintova manifestira različito i u odnosu na pozicije igrača, pa tako najveći broj serija ponavljanih sprintova realiziraju krilni

napadači (14), dok najmanji broj izvode odbrambeni vezni igrači (4). Kod svih pozicija najveći je broj realiziranih serija ponavljanih sprintova sa najmanjom mjerenom pauzom (<15 sekundi). Istim istraživanjem je utvrđeno da broj serija ponavljanih sprintova, kao i broj sprintova unutar serije tijekom utakmice opada, dok se trajanje sprinta unutar serije povećava. Autori su ovu pojavu objasnili kao rezultat akumuliranog umora, te da mladi nogometaši kompenziraju nedostatak broja sprintova sa duljinom trajanja sprinta.

Slične rezultate kada su u pitanju serije ponavljanih sprintova kod vrhunskih nogometaša zabilježili su i Carling i sur. (2012a), te Gabbett i sur. (2013) kod nogometašica. Nejednoznačni rezultati u broju serija ponavljanih sprintova sa prijašnjim istraživanjima autori obrazlažu metodologijom istraživanja, odnosno različitim pristupom definiranja kategorije sprinta i različitim ispitanicima, te navode da je iz tih razloga zasada nemoguće definirati precizan broj serija sprintova po utakmici. Manji prosjek serija ponavljanih sprintova utvrđeni su istraživanjima Gabbeta i suradnika (2013) i Gabbett i Mulvey (2008) kod nogometaša, isto kao i kod nogometašica u istraživanjima Carlinga i suradnika (2012). Treba istaknuti kako je najveći broj serija ponavljanih sprintova realiziran sa dva sprinta (Gabbett i sur, 2013), te je broj realiziranih serija ponavljanih sprintova veća na međunarodnim nego na domaćim utakmicama. Važno je napomenuti da broj serija ponavljanih sprintova opada tijekom nogometne utakmice i da je opadanje statistički značajno kod mladih nogometaša (Buhheit i sur., 2010d), ali nije statistički značajno kod mladih nogometašica (Gabbett i sur., 2013). Istraživanja navode na zaključak da se održavanje sprinterskih performansi te broja serija ponavljanih sprintova prvenstveno održava povećanjem perioda odmora.

Neki autori su problematizirali metodologiju, odnosno kriterijume kojima su utvrđivane sprinterske zone. Nakamura i sur. (2017) su analizirali serije ponavljanih sprintova u nogometašica koristeći utvrđene i individualizirane sprinterske zone. Autori su utvrdili uglavnom slične rezultate kao u gore navedenim istraživanjima. Bez obzira na kriterijume utvrđivanja kategorije sprinta istraživanje je pokazalo da nogometašice izvode samo nekoliko serija ponavljanih sprintova tijekom utakmice (2-3 serije), te je najviše serija realizirano sa dva sprinta, što također potvrđuje dosadašnja istraživanja. Kada su u pitanju varijable sposobnosti ponavljanja sprintova tijekom utakmice, može se kazati da su autori utvrdili opadanje spomenute sposobnosti tijekom utakmice, kao i da je broj serija ponavljanih sprintova manji u drugom poluvremenu u odnosu na prvo

poluvrijeme, te su intervali odmora između serija veći kako utakmice ide kraju. (Datson i sur., 2017) u istraživanju na vrhunskim nogometašicama (dvije sezone, 13 timova, 107 ispitanika) su zabilježili nešto niže rezultate kada su u pitanju serije ponavljanih sprintova. Autori navode da nogometašice izvode jednu seriju ponavljanih sprintova tijekom utakmice (raspon 1-5), te je najviše serija ponavljanih sprintova realizirano sa dva sprinta.

Na osnovu svega navedenog, istraživanja navode na zaključak da broj serija ponavljanih sprintova ovisi o mnogo faktora, a neki od njih su dob igrača, spol, razina natjecanja i igračke pozicije (Palucci Vieira i sur., 2019), kao i tehničko-taktička uigranost momčadi (Mendez-Villanueva i sur., 2013).

Tablica 3 Analiza serija ponavljanih sprintova u nogometu

	Uzorak ispitanika (sport) i rang	Broj ispitanika	Broj serija ponavljanih sprintova	Broj sprintova po seriji	Trajanje sprintova unutar serije (s)	Udaljenost sprintova unutar serije (m)	Vrijeme oporavka između sprintova unutar serije (s)	% ukupne HIR udaljenost	Vrijeme oporavka između sprintova tijekom utakmice
Spencer i sur. (2004)	Hokej na travi (AUS)	14	17	4,2 ± 1,3 R = 3-7			14,9 ± 5,5		
Spencer i sur. (2005b)	Hokej na travi (AUS)	14 (3 utakmice)	17 (1. ut) 11 (2. ut) 8 (3. ut)	4 ± 1 (3-7) 3 ± 1 (3-4) 4 ± 1 (3-5)			14,9 ± 5,5 12,6 ± 4,0 15,5 ± 4,5		
Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson & Bourdon (2010d)	Nogomet (FRA) Sprint ≥ 19 km/h (aps) Sprint ≥ 61% VB (rel)	99 (uk) (42 utakmice)	U13 (2-42) U14 (0-43) U15 (0-25) U16 (1-33) U17 (0-14) U18 (0-24) (rel)	2,7 ± 0,3 (2-4)	2,7 ± 0,5 (1-6)		Najveći broj serija izveden je sa oporavkom < 15 s		
Carling, Gall & Dupont (2012)	Nogomet (FRA) (HIR ≥ 19,8 km/h)	20 VR (uk) 5 (B) 5 (CO) 5 (CV) 5 (K) 5 (N)	1,1 ± 1,1 1,6 ± 0,8 0,4 ± 1,1 1,3 ± 0,6 1,4 ± 1,1 0,6 ± 0,8	3,3 ± 0,5 3,4 ± 0,6 3,3 ± 0,5 3,2 ± 0,4 3,2 ± 0,4 3,3 ± 0,6	2,7 ± 0,7 2,9 ± 0,7 2,5 ± 0,8 2,5 ± 0,7 2,6 ± 0,6 2,8 ± 0,7	16,5 ± 4,9 18,2 ± 4,6 15,0 ± 5,6	13,6 ± 4,4 14,4 ± 5,2 11,4 ± 3,7 13,7 ± 4,7 13,6 ± 4,4 13,9 ± 4,4	8,6 ± 1,2 5,1 ± 1,4 6,2 ± 1,3 8,3 ± 2,2 7,3 ± 1,6	/ 139,0 ± 42,6 115,8 ± 18,6 194,6 ± 48,4

						14,9 ± 5,0 16,2 ± 3,9 17,4 ± 4,4			134,7 ± 28,5 120,5 ± 24,1 129,3 ± 27,6
	Najveći broj serija ponavljanih sprintova u pojedinačnoj utakmici je 6 (krila) Najveći broj sprintova u pojedinačnoj seriji je 7 (napadači)								
Gabbett, Wiig & Spencer (2013)	Nogomet (AUS) (Ž) RSA (≥ 2 sprinta sa $\leq$ 20" između sprintova)	13 (SI)	5,1 ± 5,1 (2s) 2,5 ± 3,0 (3s) 1,1 ± 2,0 (4s) 0,5 ± 1,2 (5s) 0,2 ± 0,7 (6s) R = 0-23	R = 2-7	2,27 ± 0,56 (2s) 2,16 ± 0,60 (3s) 2,24 ± 0,77 (4s) 1,96 ± 0,51 (5s) 2,08 ± 0,19 (6s)		9,94 ± 4,73 (2s) 12,95 ± 4,34 (3s) 13,28 ± 3,99 (4s) 15,11 ± 3,74 (5s) 16,57 ± 2,49 (6s)		
	RHIA (≥ 2 sprinta/duga koraka sa $\leq$ 20" između sprintova))	13 (SI)	31,2 ± 18,7 (2s) 22,2 ± 16,4 (3s) 17,4 ± 16,4 (4s) 13,7 ± 14,4 (5s) 11,1 ± 13,8 (6s)		2,98 ± 0,66 (2s) 2,94 ± 0,72 (3s) 2,98 ± 0,76 (4s) 2,87 ± 0,65 (5s) 2,93 ± 0,67 (6s)		9,49 ± 2,60 (2s) 11,86 ± 3,07 (3s) 13,21 ± 3,17 (4s) 14,23 ± 2,90 (5s) 14,74 ± 2,66 (6s)		
	Smanjenje broja RSA serija u drugom poluvremenu u odnosu na prvo poluvrijeme (3,0 ± 3,2 vs 2,1 ± 2,8)NS Smanjenje broja RHIA serija u drugom poluvremenu u odnosu na prvo poluvrijeme (16,8 ± 11,3 vs 14,4 ± 10,0)NS Povećanje oporavka u RSA serijama od s4 (22,3 ± 18,5%)* i s5 (26,2 ± 5,7%)* između prvog i drugog poluvremena								
Gabbett & Mulvey (2008)	Nogomet (AUS) (MU)	13 (SI) (uk)	4,8 ± 2,8 (uk) 4,7 ± 4,0 (N) 6,0 ± 3,2 (V) 4,0 ± 1,9 (O)	3,4 ± 0,8 (3-6) 3,4 ± 0,8 (N) 3,5 ± 1,0 (V) 3,2 ± 0,4 (O)	2,1 ± 0,7 (uk) 2,2 ± 0,7 (N) 2,1 ± 0,6 (V) 2,1 ± 0,7 (O)		5,8 ± 4,0 (uk) 6,7 ± 3,8 (N) 6,6 ± 4,0 (V) 4,3 ± 3,7 (O)		

<u>Nakamura</u> <u>FY¹</u> , <u>Pereira</u> <u>LA</u> , <u>Loturco</u> <u>I</u> , <u>Rosseti</u> <u>M</u> , <u>Moura</u> <u>FA</u> , <u>Bradley PS.</u> 2017	Nogomet (Ž) , generalne vs individualne zone (20km/h,>90% od prosječne brzine sprinta na 20m)	11		2.3 ± 2.4 3.3 ± 3.0					
Buchheit, M., Simpson, B. M., & Mendez- Villanueva, A. (2013)	nogomet 1“ 19km/h 2 povezana sprinta sa maksimalnim oporavko od 60“	35 (B) 26 (S) 48 (V) 43(K) 19(N)	1.dio sezone 12.9 (11.1;14.8) 4.0 (3.8;4.2) 3.4 (3.0;3.8) 10.9 (6.8;15.1) 2. dio sezone 18.7 (15.6;21.8)V 7.2 (3.5;10.9) B 4.0 (3.4;4.5) S 7.8 (6.3;9.2) K	1.dio sezone 2.9 (2.8;2.9) 3.8 (3.6;3.9) 3.3 (3.2;3.4) 3.0 (2.6;3.4) 2.dio sezone 2.6 (2.4;2.8) 3.4 (3.1;3.7) 3.4 (3.2;3.6) 3.2 (3.1;3.3)					
Utakmice odigrane u periodu od listopada do prosinca spadaju u kategoriju prvog dijela sezone, dok utakmice odigrane od sredine prosinca do veljače označavaju drugi period. Najveći broj serija ponavljanih sprintova u prvom periodu je 17.4 (krila), u drugom 14.3 (krila). Najveći broj sprintova po seriji je 3.8 (vezni) za prvi period. Najveći broj sprintova po seriji je 3.4 u drugom periodu (bekovi, stoperi, napadači)									
FRA – francuska prva liga, HIR – visoko-intenzivno trčanje (≥ 19,8 km/h), VR - vrhunski igrači, SI – sveučilišni igrači, Ž – žene, N – napadači, V – vezni, O – obrambeni igrači, R – raspon, 2s – serija sprintova koja uključuje 2 sprinta, 3s – serija sprintova koja uključuje 3 sprinta, MU – međunarodne utakmice, NS – nije statistički značajno, *-statistički značajno									

Testovi za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova

Sposobnost izvedbe maksimalnih sprintova, kao i sposobnost odupiranja trenutnom i akumuliranom umoru se pokazala kao važna kondicijska komponenta u sportskim igrama (Spencer i sur., 2005b). Da bi testovi za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova bili relevantni, njihovi parametri bi trebali biti specifični i simulirati kretne obrasce na način kako se pojavljuju u utakmicama (Spencer i sur., 2005b).

Identificirani testovi za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova razlikuju se u broju ponavljanja (od 3 do 15), distanci po pojedinačnom ponavljanju (od 15 do 40 metara) i tipu (aktivni ili pasivni) i periodu (od 15 do 60 sekundi) oporavka po ponavljanju (Altmann i sur., 2019a).

Obzirom da se kod testova za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova javlja značajna razina umora, više testova u jednom danu se smatra neprimjerenim. Stoga je većina istraživanja usmjerena na procjenu pouzdanosti testova sposobnosti ponavljanja sprintova u različitim danima. Interklasni koeficijenti korelacije (ICC) su veći od 0.75 i u većini studija veći od 0.90, dok se koeficijenti varijacije (CV) kreću ispod razine od 3% u najvećem broju studija (Altmann i sur., 2019b). Pouzdanost testa kada je u pitanju vrijeme najbržeg sprinta u seriji ponavljanih sprintova je iznosila 0.88 ICC i 5% CV u istraživanju (D. P. Wong i sur., 2012a), dok u varijablama postotka opadanja sprintova istraživanja bilježe znatno niže rezultate pouzdanosti sa $ICC < 0.11$ i $CV < 46\%$ (Iaia i sur., 2015; Gabbett, 2010a).

Sa porastom spoznaja o strukturama aktivnosti tijekom utakmice bilo je moguće konstruirati testove za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova koji, osim logičke valjanosti (Gabbett, 2010b), imaju i zadovoljavajuću razinu konstrukcijske valjanosti (test mjeri onu kondicijsku sposobnost koja je povezana sa situacijskim performansama) (Rampinini i sur., 2007b). Konstrukcijska validnost testa sposobnosti ponavljanja sprintova istraživana je u nekoliko studija. U većini istraživanja profesionalni igrači su na testovima za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova pokazali bolje rezultate od amaterskih ili poluprofesionalnih igrača, isto kao i na utakmicama (Dellal & Wong, 2013; D. P. Wong i sur., 2012b; Gabbett, 2010b; Aziz i sur., 2008). Samo jedna studija (Ingebrigtsen i sur., 2012), i to kada je u pitanju postotak opadanja sprintova, je pokazala da su momčadi niže razine natjecanja pokazali bolje rezultate od momčadi koji se natječu na višim razinama. Ovakvi rezultati bi se mogli objasniti zbog male pouzdanosti pomenute varijable koju su pokazala ranija istraživanja. Zanimljivo je da je najveći ES između momčadi višeg i nižeg ranga pokazalo istraživanje kod nogometašica (Gabbett, 2010b). Takvi rezultati potvrđuju istraživanja koja su pokazala da profesionalne nogometašice izvide više serija ponavljanih sprintova od muških profesionalaca (J. M. Taylor i sur., 2016; Schimpchen i sur., 2016). Carling i sur. (2012b) u svom istraživanju na profesionalnim nogometašima navode visoku korelaciju između testa na ergometru (6x6 sprintova, 20 s pasivnog odmora) i situacijskih varijabli (frekvencije serija ponavljanih sprintova) tijekom utakmice. Autori navode kako su ispitanici kod kojih je zabilježen manji postotak opadanja performansi tijekom testa izvodili više visokointenzivnih kretnji, sa aktivnim ili pasivnim periodima odmora < 20 i 30 s, tijekom utakmice. Pomenuti rezultati ukazuju također na konstrukcijsku valjanost testa za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova.

Fiziologija sposobnosti ponavljanja sprintova

Opadanje sprinterskih performansi tijekom izvođenja uazastopnih visokointenzivnih kretnji (sprintova) manifestiraju se kao smanjenje brzine trčanja, ili smanjenje snage izvedbe, a direktni su rezultat umora (Bishop i sur., 2011).

Čimbenici koji utječu na sposobnost ponavljanja sprintova mogu se kalsificirati u tri skupine, a to su: živčani, mišićni i dodatni čimbenici (Girard i sur., 2011b). Mišićni ograničavajući čimbenici predstavljaju fiziološke promjene unutar same mišićne stanice, a podrazumijevaju smanjenje mišićne ekscitabilnosti kao rezultat narušavanja aktivnosti Na^+/K^+ pumpe nakon intenzivne aktivnosti te povećanja izvanstanične koncentracije K^+ , a samim tim i smanjenja akcijskog potencijala i proizvodnje sile. Ograničenost energetske opskrbe je također jedan od mišićnih ograničavajućih čimbenika, a ogleda se u smanjenju koncentracije kreatin fosfata (CrP), promjenama u glikolitičkom metabolizmu i smanjenju oksidativnog metabolizma, kao i povećanje koncentracije vodikovih iona (H^+) i anorganskih fosfata (metabolita). Živčani čimbenici podrazumijevaju smanjenje živčane provodljivosti (što dovodi do smanjenja mogućnost potpunog aktiviranja mišića prilikom kontrakcije, a ogleda se u smanjenom elektromiografskom (EMG) signalu) te modifikaciju obrasca mišićnih aktivacija (promjene u koordinaciji aktivnosti agonista i antagonista donjih ekstremiteta). Dodatni čimbenici koji mogu utjecati na ograničenje performansi ponavljanja sprintova predstavljaju regulaciju mišićne napetosti (elastična snaga mišića), te uvjeti u kojima se izvodi ponavljanje sprintova kao što su temperatura i nadmorska visina (Girard i sur., 2011b).

Stoga, sposobnost ponavljanja sprintova je definirana kao održavanje sprinterskih performansi i odupiranje umoru, te je u izravnoj vezi sa navedenim ograničavajućim faktorima. Trening sposobnosti ponavljanja sprintova bi trebao biti usmjeren na smanjenje ograničavajućih faktora koji dovode do umora. Samim time bi trening takve vrste trebao omogućiti poboljšanje sposobnosti ponavljanja sprintova (Bishop i sur., 2011).

Trenažne strategije za razvoj sposobnosti ponavljanja sprintova

Bishop i suradnici (2011) navode da unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova doprinosi povećanju performansi na samoj utakmici. Stoga je od iznimnog značaja poznavati i koristiti trenažne strategije koje će unaprijediti kondicijske parametre povezane sa situacijskim parametrima presudnim za uspjeh u sportskim igrama, te prema pomenutim kriterijima dizajnirati kondicijski trening.

Trenažne strategije za unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova usko su vezane sa fiziološkim čimbenicima koji ograničavaju njihovu izvedbu, odnosno koji doprinose umoru kao posljedici mišićnih ili živčanih fizioloških promjena (Girard i sur., 2011b). Dvije su trenažne strategije, prema dosadašnjim istraživanjima, koje bi se mogle izdvojiti kao strategije za unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova. Jedna je temeljana na specifičnosti trenažnog opterećenja i sugerira da je najbolji trening za unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova sami trening ponavljanja sprintova, dok se druga strategija temelji na unaprjeđenju pojedinačnih fizioloških čimbenika koji ograničavaju izvedbu, odnosno sposobnost odupiranja umoru tijekom izvođenja uzastopnih visokointenzivnih kretnji (Bishop i sur., 2011).

Trening ograničavajućih čimbenika

Resinteza kreatin fosfata (CrP)

Sa ukupnim zalihama od približno 8 mmol/kg/s suhe mase mišića i maksimalnom stopom povratka od približno 9 mmol kg/ dm/ s (Hultman & Sjöholm, 1983) kreatin fosfat predstavlja najneposredniju rezervu za refosforilaciju adenozin 3 fosfata (ATP) kao osnovnog oblika energije unutar mišićne stanice. Za izvedbu visiko intenzivnih i kratkotrajnih kretnji odgovorni su fosfageni kapaciteti unutar mišićne stanice u obliku ATP-a koji omogućuju brzu opskrbu energijom. Kako se ATP tijekom izvođenja visokointenzivnih kretnji (sprintova) rapidno troši, kreatin fosfati predstavljaju iznimno važan čimbenik u brzom resintezi ATP-a. Treba istaknuti da se zalihe CrP-a nakon samo jednog 6- sekundnog sprinta na biciklu rapidno troše i to na razini od 35-55% (G.

Gaitanos i sur., 1994; Dawson i sur., 2007a), te da potpuni oporavak zaliha fosfokreatina u stanici može trajati i do 5 min (Bogdanis i sur., 1995a; Tomlin & Wenger, 2001).

Istraživanja su pokazala da tipovi mišićnih vlakana različito iskorištavaju zalihe fosfokreatina u mišićnim stanicama, točnije, u brzokontraktilnim vlaknima potrošnja fosfokreatina je veća nego u sporokontraktilnim vlaknima (Soderlund i Hultman, 1991; Karatzaferi i sur., 2001). Kako su brzokontraktilna mišićna vlakna ponajviše odgovorna za produkciju snažnih sposobnosti mišića, kao i visoko intenzivnih kretnji, smatra se da bi brza potrošnja fosfokreatina upravo u ovim vlaknima mogla biti jedan od uzroka nemogućnosti zadržavanja sprinterskih performansi (G. C. Gaitanos i sur., 1993a). Prema navedenim istraživanjima utvrđena je i korelacija između brzine resinteze CrP i razine izvedbe pri ponavljanju sprintova (Mendez-Villanueva i sur., 2012a).

Obzirom da zbog kratkih perioda odmora između ponavljanja sprintova tijekom serije ne može doći do potpunog oporavka zaliha kreatin fosfata u mišićnoj stanici (Dawson i sur., 2007b), sposobnost brže resinteze kreatin fosfata se navodi kao iznimno važan faktor za sposobnost ponavljanja snažnih aktivnosti (Bogdanis i sur., 1996a; Bogdanis i sur., 1995b).

Brzina resinteze CrP uveliko zavisi od oksidativnog metabolizma, točnije razine aerobnog kapaciteta (maksimalnog primitka kisika, VO_{2max}), što potvrđuje istraživanje (Haseler i sur., 1999) u kojem je utvrđena korelacija između vremena resinteze CrP i dostupnosti kisika nakon produžene submaksimalne aktivnosti. Da brzina resinteze kreatin fosfata ovisi o maksimalnom primitku kisika potvrđuje i istraživanje koje pokazuju visoke korelacije između promjene razine kreatin fosfata i aktivnosti oksidativnih enzima pri ponavljanim sprintovima (Dawson i sur., 2007b), kao i istraživanje koje je pokazalo visoke korelacije maksimalnog primitka kisika na razini anaerobnog praga sa resintezom kreatin fosfata nakon 30-sekundnog maksimalnog sprinta ($r=0.94$, $p<0.01$) (Bogdanis i sur., 1996b). Također, Yoshida i Watari (1993) navode da je kinetika resinteze kreatin fosfata nakon visokointenzivne aktivnosti značajno brža kod trkača na duge pruge (VO_{2max} 73.6 ± 2.2 ml/O₂/kg/min) nego kod sprintera (VO_{2max} 56.2 ± 2.5 ml/O₂/kg/min), te autori to pripisuju većoj razini oksidativnog metabolizma kod dugoprugaša. Istraživanje Bishop i sur. (2008a) na šest studentkinja kineziologije navodi da je aerobni intervalni trening [6-12x (2min ~100% VO_{2max} , 1 min odmor), 5 tjedana, 3x tjedno], doveo do značajnog povećanja VO_{2max} (43.2 ± 4.9 vs 47.4 ± 3.9 mlO₂/kg/min) nakon 5 tjedana intervencije, kao i značajno povećanje koncentracije ATP i CrP-a neposredno nakon i 60 s nakon visokointenzivnog testa na biciklu u

trajanju od 45 s ($VO_{2max} \sim 190\%$). Isto istraživanje je pokazalo i smanjenje koncentracije vodikovih iona, kao i povećanje pH vrijednosti unutar mišićne stanice. Prema istraživanjima Bishopa i suradnika (2008) i istraživanjima McMahon i Jenkins (2002) da je resinteza kreatin fosfata u korelaciji sa pH vrijednostima i razini maksimalnog primitka kisika, kao i da se ATP resintetizira oksidativnom fosforilacijom, to navodi na zaključak da smanjenje prisustva vodikovih iona i smanjena acidoza dovodi do brže resinteze kreatin fosfata.

S druge strane nisu zabilježene značajne promjene u kinetici resinteze CrP kada je u pitanju intervalni [$8 \times (\sim 130\% VO_{2max}$, 90 sekundi odmora)], sprinterski [$15 \times (6\text{-sekundni sprint, 1 min jogirajući odmor})$] (Mohr i sur., 2007a), ili trening brzinske izdržljivosti [$4\text{--}7 \times (30\text{ sekundi, 3-4 minute odmor})$] (Stathis i sur., 1994). Navedeni rezultati istraživanja bi se mogli pripisati odsutnosti značajnih promjena u maksimalnom primitku kisika. Treba naglasiti i da se pretpostavlja da značajne promjene u kinetici CrP-a nisu uočene, jer je isti mjeren 3 minute nakon aktivnosti, a što je savim dovoljan period za potpunu resintezu Crp-a (Bishop i sur., 2008b).

Gore navedena istraživanja ukazuju na činjenicu da bi unaprjeđenje oksidativnog metabolizma (maksimalnog primitka kisika) moglo utjecati na kinetiku resinteze kreatin fosfata, a samim time i doprinijeti boljim performansama ponavljanja sprintova.

Anaerobna glikoliza

Veliki pad koncentracije kreatin fosfata unutar mišićne stanice, kao i povećanje Pi i adenozin monofosfata (AMP), stimulira rapidnu aktivaciju anaerobne glikolize tijekom izvedbe sprinta (Crowther i sur., 2002). Stoga je kontribucija anaerobne glikolize iznimno važna za sinezu ATP-a tijekom pojedinačnog sprinta (G. C. Gaitanos i sur., 1993b). Neka istraživanja (Bogdanis i sur., 1995b) (Sahlin & Ren, 1989) su pokazala da dolazi do drastičnog opadanja proizvodnje ATP-a, na račun anaerobne glikolize, tijekom ponavljanjih sprintova, koje je pripisano mišićnoj acidozi koja je nastala kao rezultat razgradnje glikona za vrijeme ranijih sprintova. Stoga je nejasno da li će trening usmjeren na povećanje anaerobnog glikolitičkog kapaciteta, odnosno ubrzanje anaerobne glikolize i glikogenolize, doprinijeti poboljšanju sposobnosti ponavljanja sprintova (Mendez-Villanueva i sur., 2008a). Iako bi se, prema Mendez-Villanueva i sur. (2008b), moglo tvrditi da bi

trening usmjeren razvoju anaerobnog glikolitičkog kapaciteta mogao biti štetan za unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova, obzirom na negativnu povezanost u proizvodnji ATP između prvog sprinta i postotka opadanja snage sprinta tijekom RSA testa, istraživanja opet ukazuju da ispitanici sa većim glikolitičkim kapacitetom imaju bolje performanse u inicijalnom sprintu (Bishop i sur., 2003a; Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, & Sheehan, 2008), te potvrđuju da postoji jaka korelacije tijekom testa ponavljanih sprintova između prvog i zadnjeg sprinta . Navedeni rezultati ipak navode na zaključak da bi povećanje anaerobnog glikolitičkog metabolizma imalo pozitivan učinak na sposobnost ponavljanja sprintova, točnije na povećanje snage inicijalnog sprinta i ukupne snage pri testu ponavljanja sprintova.

Mendez-Villanueva, Hamer, i Bishop (2007) u istraživanju na osam mladih muškaraca koji su izvodili deset 6-sekundnih sprintova, su utvrdili da je zamor tijekom testa ponavljanih sprintova veći ako je mišić već zamoren prethodnim 6-sekundnim sprintovima (odmor 6 minuta). Stoga bi se moglo tvrditi da razina udjela anaerobne glikolize ima utjecaj na kvalitetniju izvedbu ponavljanja sprintova, te da je upravo smanjena razina anaerobne glikolize u drugom testu (seriji) ponavljanja sprintova dovela do većeg zamaranja mišića.

Treba naglasiti da su gore navedena istraživanja i testovi realizirani na biciklu, te je istraživanjima utvrđeno da kod testova takvog tipa postoji veća povezanost anaerobne glikolize i indeksa zamora, kao što je i postotak opadanja snage sprinta znatno veći u protokolima realiziranim na biciklu (10-25%) u odnosu na trčanje (5-10%) (Girard i sur., 2011). stoga je moguće da je udjel anaerobne glikolize veći kod testova realiziranih na biciklu.

Sposobnost veće produkcije ATP-a u mišićima kroz proces anaerobne glikolize moguće je utvrditi povećanjem anaerobnog kapaciteta, odnosno treningom izazvanim promjenama indirektnih parametara anaerobnog kapaciteta, kao što je maksimalni akumulirani deficit kisika (*maximal anaerobic oxygen deficit*- MAOD) (David Bishop i sur., 2011). Utvrđeno je da su velike razine oslobađanja anaerobne energije tijekom aktivnosti stimulus za povećanje MAOD-a (Medbø & Burgers, 1990).

Unaprjeđenje anaerobnog kapaciteta od 10% nakon 6-tjednog kratkotrajnog [8×20 sek; 4,5-5 min odmora] i dugotrajnog [3×2 min; 8 min odmora] aerobnog intervalnog treninga zabilježili su

Medbø i Burgers (1990). Aerobni intervalni trening realiziran je intenzitetom od 60% od vremena otkaza, a kao posljedica takvog intenziteta dolazilo je do velike akumulacije laktata unutar mišića. U pomenutom istraživanju se navodi da je upravo veliko oslobađanje anaerobne energije i akumulacija laktata dovela do jednakog povećanja MAOD kod oba protokola.

Weber i Schneider (2002) su u istraživanju na 7 muškaraca i 7 žena koji su izvodili 8-tjedni aerobni intervalni trening na bicikl ergometru [3×2 min, 70 o/min; 6 min odmor] utvrdili povećanje anaerobnog kapaciteta (MAOD) $21,9 \pm 6,3\%$ kod muškaraca, odnosno $19,6 \pm 3,1\%$ kod žena. Treba naglasiti da je intenzitet treninga u ovom istraživanju bio 85% snage korištene u MAOD testu, te je koncentracija laktata nakon pojedinačnog treninga bila iznad 10 mmol/l kako kod muškaraca tako i kod žena. Tako povećanje anaerobnog kapaciteta od 28% upravo pripisuje visokoj koncentraciji laktata čije su razine, kao posljedica intenziteta treninga, dostizale maksimalne vrijednosti.

Unaprjeđenje anaerobnog kapaciteta vezano je za glikolitičke enzime (fruktokinaza, fosforilaza) (David Bishop i sur., 2011). Promjene koje su zabilježene u koncentraciji enzima važnim za anaerobnu glikolizu, veće su kada je u pitanju intervalni trening sa dionicama u trajanju od trideset sekundi (Costill, Coyle, Fink, Lesmes, & Witzmann, 1979), nego 6-sekundne dionice (Phillips, Green, Tarnopolsky, Heigenhauser, & Grant, 1996). Također, veće razine glikolitičkih enzima zabilježene su realizacijom visoko-intenzivnih intervala sa većim periodima odmora (10-15 min), nego kod manjih perioda odmora. Točnije, značajno povećanje fruktokinaze zabilježeno je i nakon 2-tjednog (107%) (Rodas, Ventura, Cadefau, Cussó, & Parra, 2000) i nakon 6-tjednog (67%) (Parra, Cadefau, Rodas, Amigó, & Cussó, 2000) treninga [$2-7 \times 15-30$ sek maksimalnog bicikl sprinta; 12 min odmor].

Stoga gore navedena istraživanja sugeriraju da se za unaprjeđenje anaerobnog kapaciteta sportaša iz sportskih igara koriste maksimalno-intenzivne aktivnosti u trajanju od 30-ak sekundi sa produženim intervalima odmora (~10min) (David Bishop i sur., 2011).

Akumulacija vodikovih iona (H⁺)

Istraživanja su pokazala da znatno nagomilavanje vodikovih iona u mišićima (David Bishop & Edge, 2006; Edge, Bishop, & Goodman, 2006; Matt Spencer, Dawson, Goodman, Dascombe, & Bishop, 2008) i krvi (D. Bishop i sur., 2003; Ratel, Williams, Oliver, & Armstrong, 2006) reduciraju sposobnost ponavljanja sprintova.

Bishop i Edge (2006) u istraživanju na 16 ženskih rekreativaca su utvrdili povezanost u izvođenju pet 6-sekundnih sprintova na bicikl ergometru i akumulaciji vodikovih iona (H⁺). Autori navode kako su varijable opadanje rada (W_{dec}) u značajnoj korelaciji ($r=0.66$, $p<0.05$) sa akumulacijom vodikovih iona (H⁺) u mišićima, kao i značajna negativna korelacija istih varijabli sa puferskim kapacitetom ($r=-0.61$, $p<0.05$) tijekom izvođenja pet 6-sekundnih sprintova, svakih 30 sekundi. (David Bishop, Edge, & Goodman, 2004) također su utvrdili korelaciju između opadanja rada sprinta (W_{dec}), prilikom izvođenja pet 6-sekundnih sprintova sa oporavkom od 30 sekundi, i akumulacije vodikovih iona u krvi (H⁺) ($r=0.63$, $p<0.05$), mišićima ($r=0.41$, $P<0.05$), kao i mišićnog puferskog kapaciteta ($r=-0.72$, $p=0.05$), na netreniranim ispitanicima. Isto istraživanje je pokazalo značajnu korelaciju između opadanja snage sprinta (P_{dec}) i akumulacije vodikovih iona (H⁺) ($r=0.36$, $p<0.05$), kao i puferskog kapaciteta ($r=0.53$, $p<0.05$). Istraživanja navode kako sportašice sportskih igara imaju značajno veći puferski kapacitet od sportašica u sportovima izdržljivosti i netreniranim ispitanicima, te prilikom testa za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova obavljaju veći rad (Edge, Bishop, Hill-Haas, Dawson & Goodman, 2006).

Iz gore navedenih istraživanja moglo bi se zaključiti da održavanjem pH u homeostazi smanjenjem vodikovih iona, kao i unaprjeđenjem puferskog kapaciteta unutar mišića i krvi, doprinosi poboljšanju sprinterskih performansi (David Bishop i sur., 2011).

Navedena istraživanja sugeriraju da bi se sprinterske performanse mogle unaprijediti trenažnim intervencijama koje utječu na povećanje puferskog kapaciteta u mišiću i krvi, te efikasnijim otklanjanjem vodikovih iona iz mišića. Otklanjanje vodikovih iona iz mišićnih stanica tijekom visoko intenzivnih kontrakcija vrši se puferskim djelovanjem unutar stanice, kao i pomoći monokarboskilnih prijenosnika (MTC) te Na⁺/H⁺ izoform 1 (NHE1) (David Bishop i sur., 2011).

McGinley i Bishop (2016) su zabilježili značajne promjene u razini monokarboksilnih prijenosnika (MCT1/4) u istraživanju na 27 aktivnih ispitanika nakon 4-tjednog visokointenzivnog intervalnog treninga, tri puta tjedno, koji je realiziran intenzitetom 71% (HIITΔ20) i 98% (HIITΔ90) vršne aerobne snage (W_{peak}) na bicikl ergometru (5–15 (HIITΔ20) , 4 –10 (HIITΔ90), 2 minute, 1 minuta odmora). Naime, utvrđeno je značajno povećanje MCT1 u obje grupe (time main effect: $F_{3,40.2}=13.00$, $p<0.001$), kao i NHE1 (time main effect: $F_{3,44.2}=11.35$, $P<0.001$) , dok je značajno povećanje MCT4 zabilježeno samo u HIITΔ20 grupi. Autori navode kako je došlo do blagog pada puferskog kapaciteta nakon obje intervencije. Visokointenzivni intervalni trening je imao skroman učinak na sposobnost ponavljanja sprintova, točnije u ovom slučaju je zabilježen napredak u postotku opadanja snage (sa -12.2 (4.6)% na -9.3 (3.3)%) tijekom sprintova, ali ne i ukupnoj snazi tijekom testa ponavljanja sprintova (5 x 6-sekundni sprint, 24 sekunde odmora).

Edge i sur. (2006) su observirali učinak protokola visiko-intenzivnog intervalnog treninga [6-10 × (2 min na 120-140% laktanog praga; 1 min odmor] i kontinuiranog aerobnog treninga [~12-30 min (80-95% laktatnog praga)] na mišićni puferski kapacitet, anaerobni prag i maksimalni primitak kisika. Zabilježeno je značajno povećanje puferskog kapaciteta nakon visiko-intenzivnog intervalnog treninga (25%) u odnosu na umjereni kontinuirani trening (2%). Autori navode kako su obje grupe zabilježile statistički značajan porast u maksimalnom primitku kisika (12,6% i 14%), kao i laktatnom pragu (8,5% i 13%). Učinci u ukupnom radu zabilježeni su i kod visiko-intenzivnog i kontinuiranog treninga, s time da su statistički značajno veće promjene zabilježene u visiko-intenzivnoj grupi (13 vs 8,5 %). U visiko-intenzivnoj grupi utvrđeno je također da ispitanici izvedu značajno veći rad u četvrtom sprintu te je tendencija i kod trećeg i petog sprinta, kao i veće opadanje snage sprintova (Edge, Bishop, Goodman & Dawson, 2005). Autori su zaključili da većem ukupnom radu, ali i većem opadanju snage sprintova doprinosi mišićni puferski kapacitet. Autori su također zaključili da intenzitet treninga doprinosi unaprjeđenju puferskog kapaciteta (Edge i sur., 2006).

Teško je utvrditi idealne trenažne metode za povećanje razine monokarboksilnih prijenosnika obzirom da su istraživanja utvrdila unaprjeđenje realizacijom i visoko i umjereno-intenzivnih treninga (David Bishop i sur., 2011).

Bonen i sur. (1998) navode kako su zabilježili povećanje monokarboksilnih prijenosnika u mišićima (MCT1) za 18% nakon 7-tjednog kontinuiranog treninga [svaki dan 2h na 60% Vo_{2max}] na bicikl ergometru. U istom istraživanju se također navodi kako je došlo do statistički značajnog

smanjenja laktata u mišićima i krvi tijekom progresivnog testa [30% VO₂max (15min), 65% Vo₂max (15 min) i 75% Vo₂max (15min)] nakon intervencije, te su autori zaključili da se razina laktata u krvi povećava kao posljedica istiskivanja laktata iz mišićnih stanica, te da je ekstruzija laktata iz mišićnih stanica u krv povezana povećanjem razine MCT1. Povećanje razine monokarboksilnih prijenosnika unutar mišićnog vlakna, kao i smanjenje razine laktata u mišićima i krvi je zabilježeno (Juel i sur., 2004), nakon 8-tjednog visoko-intenzivnog tringa (15 1-minutnih ekstenzija u zglobu koljena na 150% VO₂max bedra, 3 minute odmora). Trening je koncipiran na način da su ispitanici izvodili tri puta tjedno ekstenzije u zglobu koljena samo jednom nogom. Autori su utvrdili statistički značajne razlike između trenirane i netrenirane noge nakon progresivnog testa opterećenja (50W prve 4 min sa progresijom 10W svake dvije minute do otkaza) u razini laktata u krvi (10.7 ± 0.4 - T 8.0 ± 0.9 -NT mmol/l $P < 0.05$), mišićima (T- 59.0 ± 15.1 i NT- 96.5 ± 14.5 mmol/kg suhog mišića), kao i razine MCT1 (108 ± 10 , 138 ± 19 i $115 \pm 5\%$, $P < 0.05$) i MCT4 (98 ± 9 , 112 ± 7 i $111 \pm 11\%$ $P < 0.05$) i NHE1 (115 ± 5 ($P < 0.05$), 111 ± 11 , i $116 \pm 6\%$ ($P < 0.05$). Autori su također utvrdili da je protok krvi u treniranoj (T) nozi 16% veći nego u netreniranoj (NT), te razlike u vremenu na progresivnom testu do otkaza (10.6 ± 0.7 i 8.2 ± 0.7 min, $P < 0.05$).

Mohr i suradnici (2007) su tako zabilježili jednaka povećanja MCT1 i MCT4 nakon visoko-intenzivnog intervalnog treninga [8×30 sek $\sim 130\%$ VO₂max; 1,5 min odmor] i treninga ponavljanih sprintova [15×6 -sekundni sprint $\sim 95\%$ v_{max}; 1 min odmor] provedenog tijekom 8 tjedana, 3-5 puta tjedno. U obje grupe je povećanje samo MCT1 (28% intervalni vs. 30% sprinterski trening) bilo statistički značajno nakon programa treninga, dok se NHE1 statistički značajno povećao (31%) samo kod grupe koja je provodila intenzivni intervalni trening. Koncentracija laktata u krvi nakon pojedinačnog treninga na kraju programa treninga bila je značajno veća u grupi koja je provodila visoko-intenzivni intervalni trening ($16,7 \pm 1,1$ mmol/l), u odnosu na sprinterski trening ($8,7 \pm 0,8$ mmol/l).

Bishop i suradnici (2008) su nakon 5-tjednog visoko-intenzivnog treninga, tri puta tjedno [$6-12 \times 2$ min $\sim 100\%$ VO₂max; 1 min odmora] na bicikl ergometru zabilježili smanjenje puferskog kapaciteta od 11% ($P < 0.05$), dok su razine monokarboksilnih prijenosnika (MCT1/4) ostale nepromijenjene. Autori navode kako je visok intenzitet treninga i kratki odmor spriječio razinu protoka H⁺ iona tijekom samog treninga. Više pH vrijednost u mišiću sugerira bolji protok H⁺ iona tijekom treninga i bolju regulaciju pH vrijednosti (Mohr i sur., 2007). Iako je povećanje razine laktata važan metabolički inicijator sinteze monokarboksilnih prijenosnika, ipak promjene u razini

MCT-a nisu strogo uvjetovane intenzitetom treninga, već trajanjem podražaja i omjerom rada i odmora. Da su omjeri rada i odmora vrlo značajni kod sinteze MCT-a i NHE pokazuje i istraživanje (Harmer i sur., 2000) u kojem se navodi da odmori od 3-4 minute omogućavaju znatno otklanjanje H^+ iona iz stanice prije sljedećeg intervala rada što sprječava povećanje puferskog kapaciteta.

Gore navedena istraživanja navode na zaključak da se metodama intervalnog intenzivnog treninga (~80%), sa periodima odmora koji su manji od perioda rada u omjeru 2:1, razvija puferski kapacitet ((David Bishop i sur., 2011). Niži intenzitet rada sa kratkim intervalima odmora omogućit će blagu akumulaciju H^+ iona u mišićnoj stanici (omogućiti bolji protok) i istovremeno omogućiti bolju kontrolu pH vrijednosti unutar stanice, točnije neće dozvoliti njeno značajno opadanje, što je iznimno važno za optimalnu adaptaciju.

Aerobni metabolizam

Kontribucija aerobnog metabolizma u energetskej protošnji pojedinačnog kratkog sprinta je ograničena sa <10%, dok se u slučaju realizacije ponavljanja sprintova kontribucija aerobnog metabolizma može dostići i razinu od 40% ukupnog doprinosa resinteze ATP-a, posebno tijekom posljednjeg ponavljanja. Isto tako, tijekom serije ponavljanja sprintova ispitanici mogu dosegnuti razinu VO_{2max} , posebice tijekom realizacije posljednjih sprintova u seriji (Girard i sur., 2011). kada je slučaj da se ponavljanje sprintova izvodi u nekoliko serija, vrijeme provedeno u zoni VO_{2max} dodatno se povećava (Martin Buchheit & Laursen, 2013). Stoga, upravo razina VO_{2max} može biti ograničavajući čimbenik u realizaciji serija ponavljanja sprintova.

Brojna istraživanja su pokazala kako VO_{2max} ima značajan učinak na odupiranje umora, odnosno da postoji značajna korelacija između parametara maksimalnog primitka kisika i postotka opadanja snage sprinta (Girard i sur., 2011).

David Bishop i sur. (2004) su u istraživanju na 34 netreniranih žena utvrdili statistički značajnu korelaciju između VO_{2max} i ukupnog rada ($r=0,60$, $p<0,05$), kao i postotka opadanja rada ($r=0,62$, $p<0,05$) tijekom realizacije pet 6-sekundnih sprintova svakih 30 sekundi na bicikl ergometru. Također su Ermanno Rampinini i sur. (2009) utvrdili da VO_{2max} statistički značajno korelira sa

varijablama prosječnog vremena ponavljanja sprintova (SPSpro) i varijablom postotka opadanja sprinta (Sdec) u amaterskih ($r=-0,45$, $p<0,05$) i profesionalnih ($r=0,65$, $p<0,05$) nogometaša, u testu za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova. Pomenute rezultate potvrdilo je istraživanje koje je utvrdilo statistički značajnu povezanost VO_{2max} i postotka opadanja rada (Wdec) ($r=-0,50$, $p=0,04$) u uvjetima kontrole anaerobnog metabolizma. Naime, autori su u uvjetima jednakog inicijalnog sprinta zabilježili značajno manji postotak opadanja rada i značajno veći rad kod posljednjeg sprinta kod umjereno treniranih ispitanika u odnosu na netrenirane (David Bishop & Edge, 2006). Da je VO_{2max} važna komponenta odupiranju umora potvrdilo je i istraživanje Brown, Hughes i Tong (2007).

Iako rezultati istraživanja o korelaciji VO_{2max} sa varijablama sposobnosti ponavljanja sprintova nisu jednoznačni i u nekim istraživanjima (D. Bishop i sur., 2003; Castagna i sur., 2007; Rodríguez-Fernández i sur., 2019) nedostaje statistički značajne korelacije, gore navedena istraživanja ipak ukazuju na značaj VO_{2max} na sposobnost ponavljanja sprintova, posebno kada je u pitanju sposobnost odupiranja umoru tijekom izvedbe serija ponavljanja sprintova, ponajviše, kada se radi o uvjetima gdje su sprintovi produženi i pojavljuju se u više serija (Dupont, Millet, Guinhouya & Berthoin, 2005).

Istraživanja pokazuju da osim VO_{2max} , na kvalitetu izvedbe ponavljanja sprintova utječu fiziološke adaptacije koje doprinose aerobnom metabolizmu (David Bishop i sur., 2011), kao što je kinetika VO_2 (Dupont i sur., 2005), brzina trčanja na laktatnom pragu (Vobla) (Da Silva, Guglielmo, & Bishop, 2010), maksimalna brzina trčanja na progresivnom testu opterećenja (Vlabtest) (Rodríguez-Fernández i sur., 2019). Tako su Dupont i suradnici (2005) zabilježili statistički značajnu povezanost između postotka opadanja sprinta i prve faze kinetike VO_2 ($r=0,80$, $p<0,01$), te ukupnog vremena izvedbe sprintova pri realizaciji 15 sprintova na 40 metara sa aktivnim odmorom od 30 sekundi. Treba naglasiti da su velike korelacije VO_{2max} i postotka opadanja sprintova u ovom istraživanju upravo zastupljene zbog velikog volumena i trajanja testa, te da rezultati u pomenutim varijablama zavise i od same strukture testova. Tako su Rodríguez-Fernández i sur. (2019), kao i Dupont i sur. (2010) pokazali da upravo VO_{2max} i kinetika VO_2 utječe na brži oporavak između serija ponavljanja sprintova, te da se resinteza CrP-a kod sportaša sa optimalnim VO_{2max} vrši brže.

Da Silva i sur. (2010) su pored značajne korelacije VO_{2max} i postotka opadanja sprintova (Sdec) ($r=-0,39$, $p<0,05$), zabilježili značajnu povezanost između Sdec i perifernih komponenti aerobnog

kapaciteta u protokolu [$7 \times (2 \times 17,1 \text{ metra}); 25 \text{ sekundi odmor}$]. Autori navode kako su periferne komponente aerobnog kapaciteta kao što je brzina trčanja na laktatnom pragu (Vobla) ($r=-0,54$, $p<0,01$) i minimalna brzina trčanja pri $VO_{2\max}$ ($vVO_{2\max}$) ($r=-0,49$, $p<0,01$) u značajnoj korelaciji sa postotkom opadanja sprinta (Sdec), kao i sa prosjekom vremena ponavljanih sprintova (Spro) [$vVO_{2\max}$ ($r=-0,38$, $p<0,05$) i $vOBLA$ ($r=-0,49$, $p<0,01$)].

Da je periferna komponenta aerobnog kapaciteta vrlo važna za sposobnost ponavljanja sprintova pokazuju i značajne korelacije između indeksa zamora, zabilježenog na testu ponavljanih sprintova na biciklu [$10 \times 10 \text{ sekundi}; 30 \text{ sekundi odmor}$] i mišićnog oksidativnog kapaciteta ($r=-0,64$, $p<0,01$) te brzine otklanjanja laktata (γ_2) ($r=-0,74$, $p<0,01$) zabilježenog u istraživanju provedenom na ispitanicima sa različitim razinom $VO_{2\max}$ (Thomas, Sirvent, Perrey, Raynaud & Mercier, 2004).

Rodríguez-Fernández i sur. (2019) u istraživanju na 45 mladih nogometaša koji su podijeljeni u grupe visokih ($VO_{2\max} \geq 60 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) i niskih ($VO_{2\max} < 60 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) aerobnih performansi. Naime, u istraživanju je utvrđeno da je grupa sa većim $VO_{2\max}$ otpornija na umor, odnosno da ispitanici sa većim $VO_{2\max}$ imaju veću kinetiku resinteze fosfokreatina između pojedinačnih sprintova u seriji ponavljanja sprintova, što je jedan od ključnih parametara koji omogućuje zadržavanje veće brzine tijekom uzastopnih sprintova. U istraživanju je pored $VO_{2\max}$, mjeren i anaerobni prag (VT) kao i maksimalna brzina na ergometru pri progresivnom testu opterećenja (VlabTest). Autori na kraju zaključuju, kako SPS ($8 \times 30\text{m}$, 25 s odmora), ipak najviše korelira upravo sa varijablama aerobnog kapaciteta, kao što su brzina pri anaerobnom pragu i maksimalna brzina na progresivnom testu opterećenja, odnosno perifernom komponentom aerobnog kapaciteta.

Navedena istraživanja Da Silve i suradnika (2010), Thomasa i suradnika (2004), kao i Rodríguez-Fernández i suradnika (2019) sugeriraju kako je za unaprjeđenje sposobnost ponavljanja sprintova neophodno unaprijediti $VO_{2\max}$, ali da je posebno važno unaprijediti njegovu perifernu komponentu. Unaprjeđenje $VO_{2\max}$ kroz unaprjeđenje periferne komponente će dovesti i do unaprjeđenja kvalitete izvedbe ponavljanja sprintova (David Bishop i sur., 2011).

Istraživanja su pokazala da se povećanje $VO_{2\max}$ inicira podražajem koji nastaje hipoksijom u mišićnoj stanici, odnosno blagim smanjenjem razine kisika u mišiću (Daussin i sur., 2008a). Naime, navedeno istraživanje, opservirajući razlike između protokola intervalnog i kontinuiranog treninga, pokazalo je da kontinuirani nisko-intenzivni trening dovodi do smanjenja razine kisika u

mišićima i posljedično povećava VO₂max, te obzirom na bržu perifernu kinetiku O₂ u odnosu na centralnu rezultira perifernim adaptacijama. Povećanjem intenziteta (~65%) kontinuiranog treninga dovesti će i do centralne adaptacije, odnosno povećanja minutnog volumena srca (MacPherson, Hazell, Olver, Paterson & Lemon, 2011). Posljedica aktiviranja centralnog transporta je posljedica smanjenja mišićne oksigenizacije. Iz navedenog je jasno da je intenzitet jedan od ključnih faktora u kreiranju aerobnog treninga. Naime istraživanja pokazuju da se primjenom kontinuirane metode aerobnog treninga značajno može unaprijediti aerobni kapacitet i to, kako njegova centralna tako i periferna komponenta (Edge i sur., 2005; Glaister, 2005), ali je ipak razina promjena veća kod protokola intervalnog treninga (Edge i sur., 2006; Edge i sur., 2005). Iako Bishop i suradnici (2011) u svom preglednom radu zaključuju kako će obje metode, kontinuirana i intervalna, sa intenzitetom preko 60% doprinijeti razvoju VO₂max, zna se da kod sportaša adaptacija VO₂max ovisi o razini treniranosti te da kontinuirani trening znatno bolje unaprijeđuje aerobni kapacitet (Helgerud i sur., 2007).

Prema Bishop i suradnici (2011) trening na razini 100% VO₂max je najbolji intenzitet za razvoj aerobnog kapaciteta. Obzirom da se trening ovakvog intenziteta, zadržavajući potrebni volumen treninga, može izvoditi samo intervalnom metodom, jer su potrebne veće pauze, Martin Buchheit i Laursen (2013) preporučuju da je najekonomičniji oblik intervalnog treninga pri kojem se dovoljno dugo kreće u zoni 100% VO₂max dugi (≥ 1 do 2 minute na $\geq 95\%$ vVO₂max) i kratki (≥ 15 sekundi [15-45 sek] na 100-120% vVO₂max) intervali.

Zaključno, intervalni trening povećava VO₂max, kao i periferne komponente aerobnog kapaciteta, kao što je puferski kapacitet (Edge i sur., 2005), te kinetika VO₂ (Dupont i sur., 2006), te isto tako predstavlja ekonomičniju metodu razvoja aerobnog kapaciteta sa znatno manjim ukupnim volumenom treninga.

Mišićna aktivacija

Na sposobnost ponavljanja sprintova veliki utjecaj imaju i živčani čimbenici (David Bishop i sur., 2011; Girard i sur., 2011). Realizacija sprinta zahtjeva značajnu mišićnu aktivaciju (Ross, Leveritt, i Riek, 2001), te će kontrahovani mišić koji nije u stanju da se u što većoj mjeri aktivira u biti smanjiti sposobnost ponavljanja sprintova (Girard i sur., 2011). Tako bi adaptacije živčanog

sistema na trenig mogle doprinijeti unaprjeđenju sprinterskih performansi, točnije adaptacije kroz optimizaciju i pravovremenost aktivacija agonista i antagonista, mijenjanje strategija aktivacije motoričkih jedinica odnosno regrutacije mišićnih vlakana, brzinu živčane provodljivosti, povećanje refleksa istezanja, te povećanu frekvenciju i razinu mišićne inervacije u uvjetima akutnog umora (Ross i sur., 2001).

Brojna istraživanja su ukazala na značajan utjecaj živčano-mišićne aktivnosti na protokole ponavljanja sprintova (Girard i sur., 2011). Tako su Racinais i sur. (2007) u istraživanju na 9 ispitanika koji su izvodili deset 6-sekundnih sprintova sa 30-sekundnim odmorima, na bicikl ergometru utvrdili proporcionalno opadanje elektromiografske aktivnosti (EMG) i snage u fazi akceleracije sprintova. U istraživanju se navodi kako je opadanje snage rezultat kako periferne komponente, tako i centralne (živčane) komponente, odnosno smanjenje živčane provodljivosti prema mišiću. Autori zaključuju da je smanjenje živčane aktivnosti zapravo zaštitni mehanizam organizma zbog progresivne mišićne deoksigenacije. Slične rezultate zabilježili su i Mendez-Villanueva i sur. (2008) nakon deset 6-sekundnih sprintova sa 30-sekundnim odmorima, te su utvrdili veliku linearnu korelaciju ($R^2 = 0.97$; $P < 0.05$) između opadanja snage tijekom sprintova i elektromiografske aktivnosti (RMS). Autori kao jedan od razloga opadanja snage tijekom ponavljanih sprintova navode i smanjenje aktivacije brzih mišićnih vlakana koja su značajnije podložna umoru. Monks, Compton, Yetman, Power i Button (2017) također su, tijekom protokola deset 10-sekundnih sprintova sa 30 i 180 sekundi odmora, utvrdili da se umor pri realizaciji serija ponavljanja sprintova javlja kao rezultat i periferne i centralne (živčane) komponente. Ipak, posljednja istraživanja Girard, Billaut, Christian, Bradley i Bishop (2017), observirajući ispitanike u uvjetima hipoksije i standardne razine kisika, navode kako opadanje sprinterski performansi ovisi prije o perifernim komponentama nego o centralnoj (živčanoj). Naime autori su zabilježili da ne postoje razlike u elektromiografskoj aktivnosti između grupa koje su realizirale deset 4-sekundnih sprintova, dok su u uvjetima hipoksije zabilježene niže vrijednosti snage sprinta, kao i povećanje postotka opadanja sprintova i koncentracije laktata u mišiću.

Mendez-Villanueva i sur. (2007) su zabilježili da je smanjena aktivacija motoričkih jedinica ograničavajući čimbenik za sposobnost ponavljanja sprintova. Autori su također utvrdili da tijekom ponavljanja serija sprintova mišićna aktivacija i umaranje značajno ovisi o prethodnim nervno-mišićnim naprezanjima.

Iako se u gore navedenim istraživanjima navodi da je za modifikaciju EMG aktivnosti odgovorna akumulacija metabolita u mišićima, te da se smanjenje mišićne aktivacije zapravo dešava kao rezultat zaštitnog mehanizma od mišićne deoksigenacije, Matsuura, Arimitsu, Kimura, Yunoki i Yano (2007) nisu zabilježili razlike u EMG aktivnosti *m. Vastus lateralis*, nakon unosa sode bikarbone, između eksperimentalne i kontrolne grupe, što sugerira da za modifikaciju živčano-mišićne aktivacije nije odgovorna samo unutarnja pH vrijednost u mišiću, nego i centralna (živčana) komponenta.

Mendez-Villanueva i sur. (2012) navode kako oporavak snage nije praćen oporavkom živčano-mišićne aktivacije mjerene EMG aktivnosti, te da je za sposobnost ponavljanja sprintova ključna resinteza CrP-a. Naime autori su analizirali metaboličke, energetske i živčano-mišićne promjene nakon dvije serije ponavljanih sprintova na biciklu [10×6 sek; 30 sek odmor te nakon 6 minuta odmora 5×6 sek; 30 sek odmor] i utvrdili statistički značajnu korelaciju samo između resinteze CrP-a tijekom 6 minuta odmora i rada u jedanaestom sprintu i ukupnog rada u drugoj seriji sprintova, te su zaključili da je resinteza CrP-a čimbenik koji u najvećoj mjeri uvjetuje oporavak. Dodatni ograničavajući faktori za realizaciju ponavljanja sprintova mogu biti i smanjena međumišićna koordinacija, kao i modifikacija aktivacije motornih jedinica (David Bishop i sur., 2011). Tako su Hautier i sur. (2000) zabilježili da je smanjena aktivnost *m. Biceps femoris*, kao glavnog antagonistu pri izvođenju sprintova na biciklu, omogućila bolju prilagodbu na umor agonista, *m. Vastus lateralis*, te da je isto rezultat modifikacije međumišićne koordinacije. Isto tako François Billaut, Basset i Falgairette (2005) su zabilježili slična zapažanja u modifikaciji međumišićne koordinacije agonista i antagonistu pri realizaciji deset 6-sekundnih sprintova na bicikl ergometru. Autori navode kako dolazi do smanjenja vremena između početka EMG signala agonista i antagonistu (*m. Vastus lateralis* i *m. Biceps femoris*), a koje se dogodilo bez promjene ukupnog EMG signala mišića, odnosno da se desila modifikacija dinamike mišićne aktivacije bez smanjenja razine nervnog podražaja. F. Billaut i sur. (2006) su pored modifikacije međumišićne koordinacije zabilježili još jedan neuromuskularni faktor koji bi mogao ograničavati sposobnost ponavljanja sprintova, a isti se ogleda u modifikaciji aktivacije motoričkih jedinica različitih mišićnih vlakana (brzih i sporih). Naime, kako je tijekom izvođenja deset 6-sekundnih sprintova došlo do značajnog opadanja snage, a EMG aktivnost mišića je porasla, autori su zaključili da je to zapravo posljedica zamora brzih mišićnih vlakana, te da centralni nervni sistem pojačava EMG aktivnost koja je usmjerena na spora mišićna vlakna radi održavanja snage pri sprintu.

Iako istraživanja u ovom polju nisu konzistentna (Monks i sur., 2017), ipak bi se moglo zaključiti da sposobnost ponavljanja sprintova, u ovisnosti od protokola i treniranosti sportaša, ovisi o neuromuskularnim faktorima (Girard i sur., 2017). Tako Girard i sur. (2011) u svom preglednom radu navode kako pri realizaciji serija ponavljanih sprintova u kojima indeks zamora nije veći od 10 % razina živčane aktivacije uglavnom ostaje ista, dok kod protokola u kojima je indeks zamora veći od 10% EMG aktivnost opada proporcionalno sa snagom. Gore navedena istraživanja zapravo ukazuju da osim razine živčane aktivnosti na sposobnost ponavljanja sprintova utječe modifikacija međumišićne koordinacije i modifikacija aktivacije mišićnih vlakana.

Trening ponavljanja sprintova

Trening ponavljanih sprintova jedna je od metoda za unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova i isti se definiše kao ponavljanje pravocrtnih ili povratnih sprintova sa odmorom manjim od 60 sekundi. Bishop i suradnici (2011) ukazuju da protokoli koji su struktuirani pravocrtnim ili povratnim sprintovima sa malim odmorima (<60 sekundi) značajno unaprijeđuju sposobnost ponavljanja sprintova. Iako neka istraživanja navode da je značajno unaprjeđenje SPS rezultat visoke specifičnosti protokola i testa (Buchheit, Haydar & Ahmaidi, 2012), ovakav vid treninga zapravo unaprijeđuje neke ograničavajuće čimbenika sposobnosti ponavljanja sprintova.

Trening ponavljanih sprintova omogućuje unaprjeđenje VO₂max od 5-6 % (David Bishop i sur., 2011). Serpiello, McKenna, Stepto, Bishop i Aughey (2011) su nakon deset treninga ponavljanih sprintova na nemotoriziranoj traci [3 x (5 x 4 sekundi), 20 sekundi odmor, 4, 5 sekundi odmor između serija] zabilježili unaprjeđenje VO₂max za 2 %. Drugačije učinke na maksimalni primitak kisika su zabilježili Cooke, Galvin, Sumners, Mileva i Bowtell (2013) nakon 4-tjednog treninga ponavljanja sprintova na biciklu, tri puta tjedno [10 x 6 sekundi sprint, 30 sekundi odmor] u uvjetima hipoksije (6,9±9%,) i normoksije (-0,3±8.8%). Treba naglasiti da su Fernandez-Fernandez, Zimek, Wiewelhove i Ferrauti (2012) i Ferrari Bravo i sur. (2008) zabilježili unaprjeđenje VO₂max od 5 i 6 %, ali nakon protokola ponavljajućih povratnih sprintova.

Prema gore navedenim istraživanjima, unaprjeđenje aerobnog kapaciteta nakon treninga ponavljanja sprintova ovisi o modalitetu i volumenu samog protokola treninga. Naime, veći

rezultati aerobnog kapaciteta u istraživanjima Ferrari Bravo (2008) i Fernandez- Fernandez (2012) u donosu na Serpiella i suradnika (2011) navode na zaključak da je trening ponavljanja sprintova sa povratnim sprintovima i većim volumenom rada zahtjeva i veći fiziološki odgovor. Stoga, adaptacije u aerobnom kapacitetu, nakon protokola koji sadržavaju više ponavljanja, više realiziranih treninga i više ukupno pretrčane distance, odnosno većim volumenom treninga, rezultiraju većim aerobnim kapacitetom.

Galvin i suradnici (2013) zabilježili su napredak u YO-YO IR1 testu u uvjetima hipoksije ($33\pm 12\%$) i normoksije ($14\pm 10\%$, $p=0.002$), nakon 4-tjednog treninga ponavljanja sprintova na biciklu. Isto tako, Nascimento i suradnici (2015) bilježe statistički značajne rezultate kod eksperimentalne (dodatni trening ponavljanja povratnih sprintova) i kontrolne grupe tijekom sezone nakon četiri tjedna. Autori su u navedenom istraživanju zabilježili nešto veće rezultate u Carminatievom testu, točnije, eksperimentalna grupa je imala veće rezultate kada je u pitanju bezina trčanja pri anaerobnom pragu dobivenom izračunom iz srčane frekvencije.

Istraživanja ukazuju na to da programi treninga ponavljanih sprintova značajno unaprijeđuju varijable koje opisuju sprinterske performanse, točnije najbolji sprint (RSAnaj) i prosjek vremena ponavljanja sprintova (RSApro) (David Bishop i sur., 2011). Taylor, Macpherson, Spears i Weston (2015) u svojoj meta analizi navode kako trening ponavljanja sprintova ima efektivne učinke na sposobnost ponavljanja sprintova ($n=8$), kao i na sprinterske performanse u testovima na 10m ($n=8$), 20m ($n=2$) i 30m ($n=4$). Trening ponavljanih sprintova omogućuje značajno poboljšanje najboljeg sprinta (SPSnaj), odnosno smanjenje vremena potrebnog za realizaciju najboljeg sprinta za 2,9 do 5,5%. Iako u nekim istraživanjima nije zabilježen značajan napredak u ovoj varijabli (Buchheit i sur., 2008), u istraživanjima Mohra i suradnika (2008) te Serpiella i suradnika (2011) zabilježen je značajan napredak od 4%, odnosno 5,5%. Buchheit i sur. (2010) su zabilježili nešto niže rezultate u najboljem sprintu nakon protokola ponavljanih povratnih sprintova od 2,7 i 2,9 %. Soares-Caldeira i sur. (2014b) nakon 4-tjednog, dva puta tjedno treninga ponavljanih sprintova [2 x (6-8 x 30 m sprint, 20 sekundi odmora)] zabilježili su napredak u najboljem sprintu 1,31 %, ali nije utvrđena statistički značajna razlika između eksperimentalne i kontrolne (-0,18%) grupe, dok Suarez-Arrones i sur. (2014) nakon 6-tjednog treninga ponavljanih sprintova [3 x (6 x 20+20m), 20 sekundi odmora, 4 minute odmora između serija] nisu zabilježili napredak u najboljem sprintu.

Zanimljivo je zamijetiti da su veći napredak u najboljem sprintu zabilježila istraživanja u kojima su se koristili pravocrtni sprintovi.

Također, najveće promjene u varijabli prosječnog vremena ponavljanja sprintova nakon treninga ponavljanja sprintova zabilježene su dominantno u istraživanjima u kojima su se koristili programi pravocrtnih ponavljanja sprintova. Najveći napredak zabilježen je u istraživanjima Soares-Caldeira i suradnika (2014b) od 2,35 %, Mohra i suradnika (2008) od 4,2% i Sepiella i suradnika (2011) od 8,8 %. Niže vrijednosti su zabilježene u istraživanjima u kojima su korišteni programi povratnih sprintova od 2,1 % (Ferrari Bravo i sur., 2008). Varijabla prosječnog vremena ponavljanja sprintova uveliko ovisi o najboljem sprintu, stoga je za očekivati da programi ponavljanja sprintova koji utječu na najbolji sprint daju bolje rezultate i u prosječnom vremenu ponavljanja sprintova, a što je slučaj kod programa pravocrtnih ponavljanja sprintova.

Postotak opadanja sprinta ($S\%_{dec}$) je u istraživanjima imao daleko veću varijabilnost nego gore navedene vrijednosti, te je u istraživanju Mohra i suradnika (2008) zabilježen napredak od 13 %, a u istraživanju Buchheita i suradnika (2010) čak i 35 %. Soares-Caldeira (2014) u istraživanju na nogometašima futsala navodi da dodatni trening ponavljanja sprintova doprinosi unaprijeđenju sprinterskih performansi i to u varijablama postotka opadanja sprintova. Tako su zabilježene veće vrijednosti opadanja sprinterskih performansi kod grupe koja je obavljala samo futsal trening nego kod grupe koja je provodila i dodatni trening ponavljanja sprintova (17,80 % i 30,43 %). Kako je varijabla postotka opadanja sprintova obrnuto proporcionalna varijabli najbolji sprint, tako unaprijeđenjem varijable najbolji sprint može doći do opadanja performansi u postotku opadanja zbog inicijalnog sprinta. Naime, trening pravocrtnih sprintova značajno unaprijeđuje varijablu najbolji sprint, te kao rezultat takvog treninga se može javiti velika razlika između inicijalnog (najboljeg) sprinta i zadnjeg sprinta, što će dovesti do smanjenja sposobnosti postotka opadanja sprintova. Stoga je važno za sposobnost ponavljanja sprintova unaprijediti i varijablu najbolji sprint kao i $VO_2 \max$, što će omogućiti bržu resintezu CrP-a tijekom oporavka, a shodno tome i manji postotak opadanja sprinterskih performansi tijekom izvedbe.

Taylor i suradnici (2015) navode kako trening ponavljanja sprintova utječe na promjene u sprinterskim performansama procjenjivanim testovima brzine sprinta na 10, 20 i 30 m. Naime, autori su u meta analizi zabilježili napredak nakon programa treninga ponavljanja sprintova u sprinterskim performansama na 10 metara od 2 % ($n=8$), na 20 metara od 2,15 % ($n=4$) i na 30 metara od 5,66 % ($n=2$). Napredak u sprinterskim performansama su dobili i Buchheit i suradnici

(2010) u sprintu na 30 metara od 2,1 % i Mohr i suradnici (2008) u sprintu od 50 metara od 5,8%. U navedenim istraživanjima veći napredak u sprinterskim performansama je zabilježen kada su se koristile trenažne metode pravocrtnih ponavljanih sprintova.

Buchheit i suradnici (2008) zabilježili su povećanje rezultata od 4,7% i 7% (2010), kao i kod Attene i suradnika (2015) od 3,4% u varijabli eksplozivne snage tipa skoka (skok s pripremom), primjenom treninga ponavljanih sprintova povratnog modaliteta, dok Ferrari Bravo i suradnici (2008) navode stagnaciju u varijabli skok sa pripremom, Soares-Caldeira i suradnici (2014) iako su zabilježili unaprjeđenje sprinterskih performansi, u prostoru varijable eksplozivne snage tipa skoka navode pad performansi. Nascimento i suradnici (2015) bilježe u svojem istraživanju stagnaciju rezultata u pokazateljima eksplozivne snage tipa skoka primjenom testa skok sa pripremom, ali također i stagnaciju u najboljem sprintu u testu i prosječnom vremenu sprintova za vrijeme testa ($8 \times 10+20+10$, sa 20" pasivne).

Monitoring trenažnog opterećenja i simptoma stresa

Nogometna igra je karakterizirana velikim nauro-muskularnim zahtjevima kao što su akceleracije, deceleracije, promjene smijera kretanja, skokovi i dueli (Stølen, Chamari, Castagna & Wisløff, 2005). U elitnom nogometu igrači igraju jednu do tri utakmice tjedno, te su izloženi kontroliranom i programiranom trenažnom procesu tijekom cijele godine kako bi odgovorili na velike neuro-muskularne zahtjeve (Stølen i sur., 2005). Pored trenažnog procesa, praćenje utjecaja treninga i utakmica na igrače predstavlja jako važan faktor za unaprjeđenje performansi sportaša i njegov uspjeh u trenažnom procesu. Tako, utakmice i trenažni proces utječu na fiziološke promjene kod sportaša, te će monitoring tih istih promjena omogućiti uvid u trenažno opterećenje sportaša (Djaoui, Haddad, Chamari & Dellal, 2017).

Kvantifikacija i monitoring trenažnog opterećenja postala je predmet istraživanja u znanstvenim krugovima u proteklih dvadesetak godina. U istraživanjima se navodi da je monitoring trenažnog opterećenja dobar alat kojim je moguće izbjeći pretreniranost sportaša, optimizirati unaprjeđenje performansi (Borresen & Lambert, 2008a), kao i reducirati (prevenirati) povrede, umor i bolest (Gabbett, 2016). Da bi se analizirale i utvrdile relacije između trenažnog podražaja i fiziološkog

odgovora i adaptacija potrebne su pouzdane metode kvantifikacije trenažnog opterećenja. Jednostavno nije moguće identificirati efekte treninga bez precizne kvantifikacije trenažnog opterećenja. Stoga su mnoga istraživanja potcrtala važnost kvantifikacije trenažnog opterećenja (Mujika, 2017).

Hopkins (1991) navodi snažne relacije između trenažnog procesa i performansi sportaša kao i mogućnosti ozljeđivanja, te zaključuje kako bi sami trening morao biti mjerljiv, odnosno kvantificiran i u samom fokusu znanstvenih krugova. Također, Foster i suradnici (2001a) navode važnost kvantificiranja planova periodizacije treninga kako bi se kvalitetno upravljalo trenažnim procesom. Halson (2014) također navodi važnosti monitoringa trenažnog opterećenja kako bi se moglo utvrditi da li se sportaš adaptira na trenažni podražaj, te da bi se smanjio rizik od pretreniranosti i ozljeđivanja sportaša.

Metode kvantifikacije trenažnog opterećenja

Metode kvantificiranja trenažnog opterećenja se zapravo dijele na kvantificiranje unutarnjeg ili vanjskog trenažnog opterećenja (Halson, 2014). vanjsko trenažno opterećenje se definira kao objektivna mjera rada koji je sportaš realizirao tijekom treninga ili natjecanja i mjeri se u zavisnosti od unutarnjeg trenažnog opterećenja. S druge strane, unutarnje trenažno opterećenje mjeri biološki stres sportaša kao posljedicu treninga ili natjecanja i definira se kao interupcija homeostaze fizioloških i metaboličkih procesa tijekom treninga ili natjecanja. Važno je naglasiti da kvantificirano vanjsko trenažno opterećenje ne mjeri biološki stres sportaša uzrokovan treningom ili natjecanjem. Tako dva sportaša koji provode identičan trening sa identičnim vanjskim trenažnim opterećenjem mogu iskusiti različite mjere unutarnjeg trenažnog opterećenje, a sve u zavisnosti njihove treniranosti, sportske povijesti i genetskih predispozicija (Mujika, 2017).

Monitoring autonomnog živčanog sustava i prilagodba na trening

Optimizacija treninga kroz manipulaciju čimbenika koji izazivaju stres i oporavak omogućuje poboljšanje izvedbe u važnim vremenskim točkama predsezone, natjecateljske sezone i sezone oporavka (Borresen & Lambert, 2008b). Međutim, omjer visokih i napornih treninga i adekvatan oporavak moraju biti u ravnoteži, jer neodgovarajući oporavak nakon treninga može dovesti do akumuliranog umora, te slabljenja sportske izvedbe (pretreniranost). Definiranje parametara za nadgledavanje i kontrolu sustava treninga, njegovog opterećenja i mjera oporavka nakon treninga trebali bi pomoći u planiranju i programiranju opterećenja samog treninga za vrhunske sportske izvedbe (Borresen & Lambert, 2008b; Buchheit, Simpson, i sur., 2012).

Kako bi primjena određenog treninga imalo smisla, s fiziološke strane je potrebno detektirati aktivaciju autonomnog živčanog sustava za očuvanje homeostaze organizma i utvrditi promjene u sposobnostima, koje se tijekom treninga događaju (Aubert i sur., 2003). Budući da simpatički i parasimpatički dijelovi autonomnog živčanog sustava kontroliraju rad srca, pogotovo za vrijeme i nakon treninga, istraživanja koja su htjela utvrditi srčane promjene prilikom treninga su koristili parametre autonomne frekvencije srca i varijabilnosti srčane frekvencije (Bosquet i sur., 2008).

Kako bismo mogli utvrditi unutarnje fiziološko stanje sportaša, jedna od najčešćih metoda je mjerenje frekvencije srca. Ona se bazira na linearnoj povezanosti maksimalnog primitka kisika. Mjerenje srčane frekvencije provodi se uz pomoć satova s pripadajućim senzorima, koji su pokazali zadovoljavajuću pouzdanost s objektivnim mjernim instrumentima elektrokardiografa (Achten & Jeukendrup, 2003). Kada pričamo o mjerenju maksimalne frekvencije srca, bitno je napomenuti, kako se ona mora mjeriti pojedinačno i izračunavati u relativnim uvjetima, velike specifičnosti i heterogenosti karakteristika srčanog ritma, koje se prirodno događaju između nogometaša. Smanjena frekvencija srca između 40 do 60 otkucaja u minuti u nogometaša predstavlja značajno bolju prilagodbu na trenažni proces, s obzirom na 60 do 80 otkucaja, koja se a priori uzima u općoj populaciji. Istraživanja su pokazala, kako mjerenje frekvencije srca u mirovanju i njegovo povećanje, odnosno smanjenje može opisati stanje umora i pretreniranosti, te oporavka (Budgett, 1998). Varijabilnost srčane frekvencije nakon aktivnosti dobar je pokazatelj vremena i stanja oporavka autonomnog živčanog sustava (Daanen i sur., 2012). Na autonomnoj razini, povećanje frekvencije srca direktno potiče pojačani rad simpatičkog živčanog sustava, koji

se aktivira na pojačani napor i stresnu aktivnost, poput treninga, i smanjeni rad parasimpatičkog živčanog sustava, koji je okarakteriziran smirenjem organizma i određenim oporavkom nakon aktivnosti (Shetler i sur., 2001). Oporavak autonomnog živčanog sustava, koji se odnosi na interkorelaciju simpatikusa i parasimpatikusa se najčešće mjeri kao svojevrsna razlika srčane frekvencije nakon aktivnosti i 1 minutu nakon aktivnosti, dok određena istraživanja pokazuju mjerenje u intervalima od 30 sekundi do otprilike 2 minute nakon aktivnosti (Daanen i sur., 2012). Varijabilnost otkucaja koristi neinvazivnu procjenu varijacije u vremenu između uzastopnih otkucaja srca ili R-to-R intervala (Malik i sur., 1996). Vrijeme između uzastopnih R-R intervala se stalno mijenja kao rezultat međudjelovanja između plućne ventilacije, krvnog tlaka i minutnog volumena srca za održavanje homeostaze krvnog tlaka unutar specifičnih granica (Malpas, 2002). Varijabilnost otkucaja srca predstavlja jednu od glavnih metoda praćenja intenziteta treninga, te odgovora organizma na njegov napor. On se temelji na stupnju fluktuacije u duljini intervala između uzastopnih otkucaja srca. Srčano-dišna komponenta antropološkog statusa većinom je pod kontrolom autonomnog živčanog sustava, koja se regulira miješanjem aktivnosti simpatičkog i parasimpatičkog autonomnog živčanog sustava. Analiza varijabilnosti otkucaja srca omogućuje uvid u stanje organizma prilikom i nakon određenog opterećenja. Istraživanja su pokazala, kako je varijabilnost otkucaja srca pouzdana i točna mjera za definiranje utjecaja simpatičkog i parasimpatičkog sustava na smirivanje, odnosno pobuđivanje organizma (Nakamura i sur., 2016), te predstavlja neinvazivnu i lako primjenjivu metodu za dijagnostiku autonomnog stanja živčanog sustava. Mjerenje varijabilnosti srčane frekvencije također predstavlja jednu od metoda za razumijevanje reakcije na opterećenje. Parasimpatički sustav najčešće djeluje tijekom mirovanja tijela, kada nije pod utjecajem trenažnog procesa ili natjecanja, dok se prilikom aktivnosti/vježbanja smanjuje omjer parasimpatičkog i povećava djelovanje simpatičkog živčanog sustava, koji se temelji na promjeni ispuštanja hormona adrenalina i noradrenalina, povećanje srčane frekvencije i ritma disanja, dok parasimpatički sustav djeluje potpuno suprotno i 'smiruje' organizam nakon aktivnosti i adekvatno priprema tijelo za oporavak. Stoga je izučavanje uključenja/isključenja simpatikusa i parasimpatikusa na temelju varijabilnosti srčane frekvencije, koja je tijekom aktivnosti nepravilnija. Nadalje, pokazalo se kako je tijelo pod djelovanjem simpatičkog živčanog sustava podložnije mišićnim ozljedama, dok može dovesti do veće prevalencije bolesti kod neaktivnosti parasimpatičkog živčanog sustava. Istraživanja su pokazala, kako se varijacije između otkucaja srca mogu izmjeriti raznim metodama, te imaju razne pozitivne

i negativne učinke na prilagodbu treninga (Buchheit, Simpson, i sur., 2012; Hynynen i sur., 2006, 2008; Lee i sur., 2003; Mourot i sur., 2004). Najčešće korištene metode predstavljaju vremenske domene (RR, NN, SDNN i rMSSD) i frekvencijske domene (visoke frekvencije, niske frekvencije, omjer niske i visoke frekvencije). U području ekipnih sportova, prijašnja istraživanja su pokazala, kako dodatni trening ponavljanih sprintova značajno utječe na veće promjene u parasimpatičkom autonomnom sustavu ne mijenjajući značajno opterećenje treninga (Soares-Caldeira i sur., 2014a). To se slaže sa saznanjima prijašnjih preglednih radova i meta-analiza, koji govore o tzv. 'parasimpatičkom' povlačenju, što naposljetku dovodi do smanjenja djelovanja vagalnih živaca, koji direktno utječu na rad srca i varijabilnosti otkucaja srca (Hopovac i Klarić, 2017; Aubert i sur., 2003; Bellenger i sur., 2016). U preglednom radu Hopovca i Klarića (2017), autori su definirali varijabilnost frekvencije srca kroz četiri domene: i) akutna, ii) kronična, iii) razina treninga (visoki/niski) i iv) preopterećenje treningom. Naime, istraživanja su pokazala, kako se akutni učinci treninga mogu definirati kroz povlačenje parasimpatičkog živčanog sustava, to ne dovodi do smanjenja vagalnog podražaja na komponente srca (Kingsley & Figueroa, 2016; A. Wong & Figueroa, 2021). Mjera oporavka varijabilnosti srčane frekvencije nakon treninga mjeri se parasimpatičkom reaktivacijom i vraćanjem sustava simpatičkog i parasimpatičkog sustava u stanje homeostaze, te se uvidjelo, kako intenzitet treninga značajno utječe na parasimpatičku reaktivaciju. Primjerice, istraživanja su pokazala, kako je vrijeme oporavka značajno brže kod treninga s niskom razinom opterećenja, te se razina vagalnog mehanizma koja je povezana s varijabilnosti frekvencije srca vraća u normalu za 24 h (Brockmann & Hunt, 2023; Hunt & Saengsuwan, 2018; Kaikkonen i sur., 2008; Seiler i sur., 2007; Stanley i sur., 2013). S druge strane, istraživanja koja su istraživala kronične utjecaje treninga na varijabilnost srčane frekvencije su pokazala, kako aerobni trening, koji se provodi ispod aerobnog praga dovodi do značajnog povećanja parasimpatičkog sustava i bolje parasimpatičke reaktivacije (Dias i sur., 2021; Grässler i sur., 2021; Plews i sur., 2012, 2014). Kada se provodi trening visokog intenziteta treninga, kao što je dizanje utega (J.-L. Chen i sur., 2011), trening sprinta (Buchheit i sur., 2007), ili visoko intervalni trening (Sandercock i sur., 2005), parasimpatička reaktivacija je smanjena, te se vrijeme oporavka produžuje na 48 h. Nakon visoko intenzivnog treninga, učinci koji doprinose promjenama varijabilnosti otkucaja srca su nepromijenjeni ili su neznajčajno povišeni (Le Meur i sur., 2013; Plews i sur., 2012), dok je kod treninga koje karakterizira visoko opterećenje vrijednosti

parasimpatičkog sustava se smanjuju, dok se vrijednosti simpatičkog sustava značajno povećavaju (Baumert i sur., 2006).

Trening ponavljanih sprintova i aktivacija/reaktivacija autonomnog živčanog sustava

Iako su se treninzi s opterećenjem i visoko-intenzivni treninzi pokazali kao dobri stimulusi za povećanje sportske izvedbe (Buchheit i sur., 2007; Plews i sur., 2014), trening ponavljanih sprintova ima veliki potencijal za kratkotrajnu regulaciju autonomnog živčanog sustava (Nakamura i sur., 2009). Specifično, trening ponavljanih sprintova se pokazao kao učinkovito sredstvo u smanjenju ponovne aktivacije parasimpatičkog živčanog sustava nakon trenažnog procesa ili natjecanja, s obzirom na neke druge vrste treninga, kao što je umjereni kontinuirani aerobni trening (Buchheit i sur., 2007). Kako je navedeno u prijašnjem poglavlju, veći intenzitet treninga rezultirati će manjom akutnom reaktivacijom parasimpatikusa (Kaikkonen i sur., 2008; Stanley i sur., 2013). Prijašnja istraživanja su pokazala, kako je smanjenje aktivnosti parasimpatikusa povezano s komponentom anaerobnog kapaciteta, koje je bitno u izvedbi ponavljanih sprintova (Buchheit i sur., 2007; Nakamura i sur., 2009). S fiziološke strane, trening ponavljanih sprintova zahtjeva velike anaerobne napore i povećanje koncentracije laktata, te je zbog potrebe uklanjanja metabolita iz organizma iznimno važno produžiti smanjenje aktivnosti simpatičkog živčanog sustava (Nakamura i sur., 2009). U području nogometa, istraživanja su pokazala, kako je reaktivacija parasimpatikusa i dalje prisutna, čak i nakon prilagođenog programa treninga ponavljanih sprintova u trajanju od devet tjedana (Buchheit i sur., 2008). To se slaže i s prijašnjim istraživanjima koja su pokazala, kako veća anaerobna sposobnost i povećanje cirkularnog stresa metabolita uzrokovanog treningom ponavljanih sprintova može značajno više utjecati na srčano-autonomni sustav, nego intervalni trening, pogotovo 1 h do 2 h nakon aktivnosti u pogledu smanjenja varijabilnosti otkucaja srca (Buchheit i sur., 2007, 2008; Y.-S. Chen i sur., 2015; Mascarin i sur., 2018; Nakamura i sur., 2009; Niewiadomski i sur., 2007; Seiler i sur., 2007; Vernillo i sur., 2015). Istraživanje Soares-Caldeira i sur. (2014) je pokazalo, kako je jednomjesečni sustav treninga ponavljanih sprintova u prednatjecateljskom razdoblju doveo do značajno većih promjena u parasimpatičkoj aktivaciji bez većih trenažnih opterećenja ili većih odgovora na psihometrijske podražaje. Specifično, istraživanje je pokazalo značajne pozitivne promjene u parametrima koji karakteriziraju varijabilnosti otkucaja srca, primarno standardna devijacija

između dva R-R otkucaja, kvadratna aritmetička sredina razlika između dva R-R otkucaja, vrijednosti niske i visoke frekvencije, te njihov omjer (Soares-Caldeira i sur., 2014a). Pretpostavlja se, kako se pozitivne promjene u području srčane autonomne modulacije može pripisati poboljšanjima u maksimalnom primitku kisika (Buchheit & Gindre, 2006; Hautala i sur., 2003; Hedelin i sur., 2001) i opterećenju samog treninga (Helgerud i sur., 2001; Sartor i sur., 2013). Povećanje maksimalnog primitka kisika nakon treninga ponavljanih sprintova potvrđeno je i u prijašnjim istraživanjima u ekipnim sportovima (Nascimento i sur., 2014; J. Taylor i sur., 2015b). Međutim, istraživanja rađena na studentskim populacijama nisu pokazala statistički značajne pomake maksimalnog primitka kisika nakon intervencije treninga ponavljanih sprintova (Krakan i sur., 2020; Bok, 2014). Bitno je za napomenuti, kako su utreniranost sportaša/rekreativaca, te vrsta testa ponavljanih sprintova (pravocrtni ili povratni), skupa s opterećenjem samog treninga najvažniji čimbenici promjena pokazatelja sportske izvedbe (Soares-Caldeira i sur., 2014b). Primjerice, primjenom ponavljanih pravocrtnih sprintova poboljšanje maksimalnog primitka kisika iznosio je do 2% (Serpiello i sur., 2011b), dok su veća poboljšanja zabilježena kod istraživanja, koja su koristila trening ponavljanih povratnih sprintova i koja su iznosila između 5% i 6% (Fernandez-Fernandez i sur., 2012; Ferrari Bravo i sur., 2008b). Priroda treninga ponavljanih povratnih sprintova temelji se na brzom deceleraciji i ponovnoj akceleraciji nakon okreta (Lakomy & Haydon, 2004), što uvelike doprinosi povećanju maksimalnog primitka kisika (Buchheit i sur., 2010). Kako je navedeno, nekoliko mehanizama značajno utječe na rad autonomnog živčanog sustava, kao što su veći intenzitet treninga (Kaikkonen i sur., 2008), koji je direktno povezan s povećanjem aerobnog (Daussin i sur., 2008b; Kenney i sur., 2012; Spina, 1999) i anaerobnog kapaciteta (Buchheit i sur., 2007; Nakamura i sur., 2009). Naime, povećanje maksimalnog primitka kisika ovisi o razlici količine arterijske i venske krvi iskorištene prilikom treninga, te prilagodbi centralnog i perifernog sustava. S druge strane, kada se govori o povećanju anaerobne komponente, učinak povećanja značajno ovisi o živčano-mišićnom naporu i karakteristikama samog treninga ponavljanih sprintova, što dovodi do veće koncentracije laktata u krvi i smanjenja parasimpatičke reaktivacije dijela autonomnog živčanog sustava (Bok, 2014).

Trening ponavljanih sprintova i subjektivni osjećaj percipiranog trenažnog opterećenja i stresa

Korištenje upitnika i dnevnika kao subjektivnih metoda za prikupljanje podatka oslanja se na individualnu percepciju trenažnih opterećenja i reakcije na trenažno opterećenje. Zbog velike heterogenosti sportaša i trenažnog procesa, određeni subjektivni osjećaji individualca mogu precijeniti ili podcijeniti intenzitet treninga ili natjecanja, s obzirom na pravo objektivno stanje. Stoga je bitno koristiti kratke i jasne upitnike, kako bi se otklonio zamor prilikom ispunjavanja, te je najčešći cilj tih upitnika definiranje stanja zamora i opterećenja prilikom trenažnog procesa. Najčešće korišteni upitnici za mjerenje gore-navedenih parametara su upitnik za mjerenje raspoloženja – POMS (Morgan i sur., 1987), upitnik stanja oporavka nakon stresa – REST-Q-Sport (Kellman & Kallus, 2000), upitnik koji percipira trenažne zahtjeve sportaša – DALDA (Rushall, 1990), te upitnik za mjerenje oporavka - TQR (Kenttä & Hassmén, 1998). Zbog dosta teškog objektivnog mjerenja umora na terenu, subjektivne mjere često predstavljaju relativno jednostavne metode određivanja osjećaja opterećenja tijekom i nakon trenažnog procesa ili natjecanja. Relativno jednostavna metoda određivanja subjektivnog opterećenja treninga je dodavanje brojčane vrijednosti opterećenja, te se na razini grupe te brojčane vrijednosti zbroje i ukupni rezultat se pomnoži s ekstenzitetom, odnosno trajanjem treninga. Često se kao gore objašnjenu metodu koristi Borgova modificirana skala stresa i opterećenja (Williams, 2017).

Iako je prijašnjim istraživanjima potvrđeno, kako trening ponavljanih sprintova može pozitivno djelovati na antropološki status pojedinca (Taylor i sur., 2015b), trening ponavljanih sprintova tijekom natjecateljske sezone može biti manje aktivan, odnosno ima manje učinke na morfološke karakteristike, te motoričke i funkcionalne sposobnosti, primarno zbog povećanog fiziološkog i mentalnog opterećenja (stresa), koje naposljetku stvara dodatni umor, koji onemogućava razvoj nakon treninga ponavljanih sprintova (Impellizzeri i sur., 2008). Kako bi trening ponavljanih sprintova bio učinkovit, važno je konstantno nadgledanje sportaševog statusa stresa, odnosno opterećenja treninga (volumena), te kako je već napomenuto, jedan od najčešće korištenih upitnika je upitnik koji percipira trenažne zahtjeve sportaša – DALDA (Rushall, 1990). Istraživanja na temu povezanosti treninga ponavljanih sprintova i stresa kod sportaša su pokazala, kao dodatno implementirani trening ponavljanih sprintova značajno ne vodi do većih stresnih simptoma u nogometaša (Soares-Caldeira i sur., 2014), dok su druga istraživanja pokazala statistički značajno

smanjenje stresnih podražaja (Selmi i sur., 2018). Specifično, u istraživanju Soares-Caldeira i sur. (2014), rezultati su pokazali kako dodatni trening ponavljanih sprintova ne dovodi do većeg stresa, što u prijevodu znači, kako su se nogometaši prilagodili vanjskom opterećenju kroz smanjenje umora, bolova u mišićima i cjelokupnog stresa (Issurin, 2009). U nedavnom preglednom istraživanju i meta-analizi, Thurlow i sur. (2023) su pokazali, kako trening ponavljanih sprintova ima samo trivijalne učinke na subjektivno percipirano opterećenje treninga i stresne simptome, što su pokazali i rezultati ovog istraživanja. Naime, provođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova kroz šest tjedana u natjecateljskom razdoblju nije dovoljno jaki stimulus za prepoznavanje istog kao veće opterećenje, što nam govori o visokom stupnju adaptacije, odnosno prilagodbe nogometaša na stres i njegovo smanjenje. S druge strane, prijašnja istraživanja koja su htjela utvrditi povezanost između broja ponavljanih sprintova i subjektivnog osjećaja opterećenja su pokazala, kako ta metoda može biti dovoljna za prepoznavanje razine opterećenja (Foster i sur., 2001b; Impellizzeri i sur., 2005; Manzi i sur., 2010). U istraživanju Soares-Caldeira i sur. (2014), ispitanici su niske vrijednosti monotonije treninga i prosječne vrijednosti tjednog opterećenja treninga, što je potvrdilo i istraživanje Milaneza i sur. (2011). Nadalje, slična saznanja su dobili Rey i sur. (2019), koji su utvrdili kako ne postoji značajna interakcija vremena i grupe u parametrima subjektivnog osjećaja trenažnog opterećenja provedenog kroz šest tjedana, što u prijevodu znači, kako su obje grupe imali slične vrijednosti trenažnog opterećenja. Pozitivna strana neznačajnih promjena govori o tome, kako uvođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova ne doprinosi većem subjektivnom osjećaju trenažnog opterećenja, te se na temelju toga događaju prilagodbe na smanjenje umora (Charron i sur., 2020).

PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Odgovor kondicijskih parametara na protokol ponavljanja sprintova

Utjecaj ponavljanih pravocrtnih sprintova na kondicijske parametre moguće je analizirati kroz dosadašnja istraživanja u kojima su korišteni protokoli ponavljanja sprintova. U slučaju ovog istraživanja kondicijski parametri koji se odnose na performanse nogometaša predstavljaju aerobni kapacitet (VO_{2max}), eksplozivnu snagu tipa skoka i tipa sprinta, agilnost i sposobnost ponavljanja sprintova (RSA).

Istraživanja koja uključuju protokol ponavljanja sprintova su pokazala kako ne postoje značajna interakcija grupe i vremena u promjeni maksimalnog primitka kisika, već su obje grupe ispitanika ostvarile slične pomake. Ova saznanja parcijalno se podudaraju s prijašnjim istraživanjima, koja su utvrdila statistički neznačajne promjene u maksimalnom primitku kisika (Serpiello i sur., 2011). Specifično, istraživanje Serpiello i sur. (2011) koje je uključivalo samo 10 treninga 3x tjedno je pokazalo, kako se maksimalni primitak kisika kod grupe, koja je kao dodatan trening izvodila ponavljajuće sprinteve, povećao za 2%, s time da povećanje nije bilo statistički značajno. Tako su Buchheit i Laursen (2013a) pokazali da je 46% ispitanika dostiglo VO_{2max} obavljajući protokol pravocrtnih sprintova. Istraživanja Bishop i sur. (2011) u svom preglednom radu navode da je razvoj maksimalnog primitka kisika nakon protokola ponavljanja sprintova moguć od 5-6%.

Taylor i sur. (2015) navode kako trening ponavljanja sprintova utječe na promjene u sprinterskim performansama procjenjivanim testovima brzine sprinta na 10, 20 i 30 m. Naime, autori su u meta analizi zabilježili napredak nakon programa treninga ponavljanja sprintova u sprinterskim performansama na 10 metara od 2 % ($n=8$), na 20 metara od 2,15 % ($n=4$) i na 30 metara od 5,66 % ($n=2$). Slične rezultate, odnosno napredak ranije su dobili i Buchheit i suradnici (2010) na sprintu na 30 metara od 2,1 % i Mohr i suradnici (2008) na sprintu od 50 metara od 5,8%. Gore navedena istraživanja, isto tako, sugeriraju da će do značajnijeg napretka u sprinterskim performansama doći ako se koriste modaliteti pravocrtnih ponavljanja sprintova.

Istraživanja koja su uključivala protokole ponavljanja sprintova navode da su ispitanici uglavnom stagnirali u sposobnosti eksplozivne snage tipa skoka, utvrdili stagnaciju, odnosno promjenu koja nije bila na razini statističke značajnosti (Ferrari Bravo i sur., 2008; Fernandez-Fernandez i sur., 2012; Nascimento i sur., 2015; Krakan i sur., 2020), dok su neka istraživanja pokazala pad same sposobnosti na kraju testiranja (Soares-Calderia i sur., 2014). Detaljnije, Ferrari-Bravo i sur. (2008), Fernandez-Fernandez i sur. (2012) i Nascimento i sur. (2015) su pokazali, kako se vrijednosti skoka s prethodnom pripremom statistički značajno ne razlikuju na početku i na kraju istraživanja. S druge strane, Soares-Calderia i sur. (2014) su pokazali pad sposobnosti za 2.1% koristeći dodatni trening ponavljanih sprintova u pripremnom razdoblju 3x tjedno. Uz stagnaciju i pad eksplozivne snage tipa skočnosti, također postoje istraživanja, koja su pokazala unaprjeđenje vrijednosti vertikalnog skoka (Bucheit i sur., 2008; Bucheit i sur., 2009; Bucheit i sur., 2010; Attene i sur., 2015). Generalno je pokazano, kako je u navedenim istraživanjima broj realiziranih sprintova u sklopu treninga bio između 168 i 184, koji su se provodili u razdoblju od 4 do 10 tjedana, 1 do 2 x tjedno. Bitno je za naglasiti, kako su se u istraživanjima, koji su dobili povećanja ili značajna povećanja vertikalnog skoka kako procjene eksplozivne snage tipa skočnosti, sprintovi izvodili kao povratni, a ne pravocrtni.

Kada je u pitanju sposobnost ponavljanja sprintova autori dosadašnjih istraživanja uglavnom navode unaprjeđenje spomenute sposobnosti u svim segmentima. Raspon napretka u najboljem sprintu se po dosadašnjim istraživanjima kreće od 1,3 do 5,5 %. Prosječne vrijednosti sposobnosti ponavljanja sprintova u Tablici.. uglavnom navode napredak u rasponu od 1,2-8,8 %. Soares-Caldeira i sur. (2014), Buchheit i sur. (2009b) navode napredak u % opadanja sprintova u rasponu od 3 % i 17,8 %, dok Galvin i sur. (2013) navode stagnaciju ove sposobnosti nakon protokola.

Odgovor parametara simptoma stresa i trenažnoga opterećenja

Analizom dosadašnjih istraživanja može se zaključiti da je unutarne i vanjsko opterećenje sportaša moguće pratiti različitim metodama, a u svrhu kvalitetnijeg i sustavnog planiranja i programiranja treninga. U slučaju ovog istraživanja percipirani stres sportaša je mjereno subjektivnim procjenama samog sportaša (RPE i Wellness) (IMPELLIZZERI i sur., 2004), kao i objektivnim pokazateljima,

točnije neinvazivnom metodom mjerenja varijabilnosti srčane frekvencije koja predstavlja stanje autonomnog živčanog sustava (Aubert i sur., 2003; Task Force, 1996).

Impellizzeri i sur. (2004) pokazali su statistički značajnu korelaciju između subjektivno percipiranog trenažnoga opterećenja sa trenažnim opterećenjem mjerenim u trening zonama (kvantifikacija srčane frekvencije).

Pored istraživanja koja ukazuju da je varijabilnost srčane frekvencije dobra neinvazivna metoda za mjerenje stanja autonomnog živčanog sustava, postoje istraživanja koja pokazuju da vrijednosti varijabilnosti srčane frekvencije mogu ukazati na pretreniranost sportaša (HEDELIN i sur., 2000; Hynynen i sur., 2006; Plews i sur., 2012).

Kako je gore navedenim metodama moguće utvrditi subjektivno trenažno opterećenje, te subjektivno percipirani stres sportaša, kao i utvrditi objektivne pokazatelje stresa i potencijalnu pretreniranost sportaša, u slučaju ovog istraživanja nameće se pitanje da li je moguće ostvariti benefite u kondicijskim parametrima nogometaša kroz šestotjedni protokol treninga ponavljanja sprintova bez povećanja trenažnoga opterećenja i simptoma stresa u nogometaša.

CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi da li dodatni trening ponavljanih sprintova, realiziran tijekom natjecateljske sezone, ima pozitivan učinak na pokazatelje kondicijske pripremljenosti bez značajne promjene parametara ukupnog trenažnoga opterećenja, te simptoma stresa u nogometaša

Hipoteze:

H1: Dodatni trening ponavljanih sprintova u periodu od šest tjedana, realiziran tijekom natjecateljske sezone, izazvati će statistički značajan pozitivan učinak na pokazatelje kondicijske pripremljenosti u nogometaša.

H2: Dodatni trening ponavljanih sprintova u periodu od šest tjedana, realiziran tijekom natjecateljske sezone, neće izazvati statistički značajno povećanje ukupnog trenažnoga opterećenja u nogometaša.

H3: Dodatni trening ponavljanja sprintova u periodu od šest tjedana, realiziran tijekom natjecateljske sezone, neće izazvati statistički značajno povećanje simptoma stresa u nogometaša.

Sve hipoteze biti će testirane uz pogrešku od 5%.

METODE RADA

Ispitanici

Uzorak ispitanika je činilo trideset nogometaša juniora momčadi Rudeš 1999.i 2000.godište, koji su uključeni u sustavan trenažni proces i natječu se u prvoj HNL. Ispitanici su za potrebe istraživanja bili podjeljeni u dvije grupe: eksperimentalnu grupu koja je provodila dodatni trening ponavljanih sprintova u natjecateljskoj sezoni i kontrolnu grupu koja koja pored nogometnog treninga nije provodila dodatne trenažne protokole.

Nakon provedenog istraživanja finalnom mjerenju su pristupila 22 ispitanika, 11 iz eksperimentalne grupe i 11 iz kontrolne grupe. Kako se radi o razini natjecanja prve NHL, osam od trideset uključenih ispitanika tijekom sezone, ili nisu mogli pristupiti svim trenažnim protokolima, ili je došlo da odlaska igrača iz kluba. Nekoliko ispitanika nisu mogli pristupiti finalnom mjerenju zbog ozljeda tijekom natjecateljske sezone.

Ispitanici su u potpunosti bili upoznati sa eksperimentalnim protokolom te su svoj pristanak potvrdili potpisivanjem izjave o suglasnosti sudjelovanja u eksperimentu. Izjava o suglasnosti sudjelovanja u eksperimentu sadržavala je informacije o ciljevima istraživanja, zdravstvenim rizicima i dobrobitima te ostalim korisnim aspektima sudjelovanja, detaljan opis cjelokupnog eksperimentalnog postupka. Provedba istraživanja bila je odobrena od strane Povjerenstva za znanstveni rad i etiku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, te je istraživanje provedeno u skladu sa etičkim načelima.

Mjerni instrumenti i varijable

Mjerni instrumenti i varijable za procjenu kondicijskih sposobnosti

Za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova korišten je test ponavljanja pravocrtnih sprintova (Buchheit i sur., 2010a):

- Sposobnost ponavljanja pravocrtnih sprintova 6 x 25m; 25s, odnosno 6 sprintova na 25 metara sa startom svaki 25 sekundi

Prilikom testa ponavljanih sprintova mjerene su slijedeće varijable:

- Najbolji sprint (RSAbest)
- Prosjek ponavljanih sprintova (RSApro)
- Postotak opadanja sprinterskim performansima tijekom testa (%Sdec) koji izračunavamo pomoću jednadžbe (Buchheit i sur., 2010a):

$$\%Sdec = 100 - RSApro / RSAbest \times 100$$

Testovi za procjenu sposobnosti ponavljanja sprintova realizirani su u NK Rudešu na umjetnom travnjaku u balonu. Prije početka testa ispitanik je zauzeo poziciju visokog starta iza startne linije te je na zvučni signal krenuo sa realizacijom testa. Zvučni obrazac koji je označavao pripremu I start svakog pojedinačnog sprinta bio je prethodno snimljen na osobni telefon te je za vrijeme testa reproduciran preko razglasa. Za realizaciju testova korišten je sustav fotoelektricnih stanica. Ispitanik je nakon zvučnog signala krenuo u maksimalan sprint od 25 metara, te je početak mjerenja sprinta bio iniciran prolaskom kroz prvu foto stanicu, a završen prolaskom kroz posljednju. Nakon realizacije svakog pojedinačnog sprinta ispitanik se hodajući, ili lagano trčeći vratio na početnu poziciju i čekao signal za sljedeći sprint. Tijekom testa realizirano je šest sprintova svakih 25 sekundi.

Za procjenu aerobnog kapaciteta korišten je 30 15 intermittent Fitness Test (Buchheit, 2008), te su prilikom istog izolirane varijable:

- Maksimalna brzina trčanja na kraju testa (VIFT)
- Maksimalni primitak kisika (VO₂max) dobiven jednadžbom (Buchheit, 2008):

$$VO_{2max30-15IFT} = 28.3 - 2.15G - 0.741A - 0.0357W + 0.0586Ax1.03 VIFT$$

Test za procjenu aerobnog kapaciteta bio je realiziran u NK Rudešu, u balonu na podlozi sa umjetnom travom. Ispitanici su na zvučni signal koji je pušten na razglas obavljali protokol. Test procjene aerobnog kapaciteta je rađen po Buchheit (2008). Prilikom obavljanja 30-15 IFT ispitanici su imali zadatak pretrčati relaciju od 40 metara (označenu čunjevima) u vremenu od 30

sekundi sa početnom brzinom na početku testa od 8 km/h. Nakon svake pretrčane pojedinačne relacije od 40 m ispitanici su odmarali 15 sekundi, te se brzina trčanja povećavala za 0.5 km/h nakon svakih 40 m. Test se radio sve do trenutka kada ispitanici nisu mogli utrčati u označenu zonu od 40 m prije zvučnog signala. Na kraju testa zabilježena je maksimalna brzina trčanja.

Za procjenu eksplozivne snage tipa sprinta korišten je test brzine sprinta na 25 metara. Prilikom testiranja eksplozivne snage tipa sprinta izolovana je varijabla:

- Sprint 25m (s)

Ispitanici su tijekom testa za procjenu eksplozivne snage tipa sprinta obavljali maksimalni sprint na 25 metara. Brzina sprinta je mjerena tri puta nakon potpunog oporavka ispitanika. Rezultati su mjereni pomoću foto stanica (MICROGATE), te je za kasniju analizu uzet u obzir najbolji rezultat ispitanika tijekom testa.

Za procjenu eksplozivne snage tipa skoka korišten je test skoka sa pripremom (CMJ). Prilikom testa izolovana je varijabla:

- Skok sa pripremom (CMJ)

Ispitanicima je procijenjivana visina skoka sa pripremom za procjenu eksplozivne snage tipa skoka pomoću OPTOJUMP tehnologije. Ispitanici su radili tri maksimalna skoka sa pripremom, te su se između svakog ponavljanja oporavili u potpunosti. Kao rezultat mjerenja uzet je najbolji rezultat ispitanika.

Za procjenu agilnosti korišten je test agilnosti na 20 metara. Prilikom testa izolovana je varijabla:

- Agilnost na 20 m

Ispitanicima je prilikom testa procjenjivana agilnost pomoću foto stanica (MICROGATE). Ispitanici su imali zadatak da maksimalnom mrzinom, sa početkom na signal, istrče 5 metara u jednu stranu, naprave okret od 180 stepeni, potom pretrče 10 metara, te nakon ponovnog okreta za 180 stepeni pretrče 5 metara. Ispitanicima je mjerena brzina izvedbe testa na agilnost.

Mjerni instrumenti za procjenu trenažnog opterećenja, stresa i stanja autonomnog živčanog sustava

Varijabilnost srčane frekvencije (HRV)

Za objektivnu procjenu stanja autonomnog živčanog sustava (simpatikusa i parasimpatikusa) korišteno je mjerenje varijabilnosti srčane frekvencije (HRV). Prilikom mjerenja varijabilnosti srčane frekvencije tijekom šest tjedana izolovane su varijable:

- kvadratna aritmetička sredina razlika između dva R-R otkucaja (RMSSD)
- Prirodni logaritam kvadratne aritmetičke sredine razlika između R-R otkucaja (LnRMSSD)
- Tjedne srednje vrijednosti LnRMSSD
- Srčana frekvencija u mirovanju (RHR)
- Tjedne srednje vrijednosti RHR

Ispitanicima je prije svakog treninga, šest tjedana tijekom intervencije, mjerena varijabilnost srčane frekvencije. Ispitanicima je varijabilnost srčane frekvencije mjerena u sjedećem položaju, opuštenom i naslonjenom o zid. Kako se radi o jako osjetljivoj varijabli za mjerenje strogo se vodilo računa da u prostoriji u kojoj se radilo mjerenje ne bude nikakvih zvučnih podražaja, ili podražaja koji bi mogli utjecati na normalni ritam disanja ispitanika. Instrumenti koji su korišteni za mjerenje varijabilnosti srčane frekvencije su POLAR H7 pojas, ELITE HRV aplikacija koja je bila instalirana na telefone svih ispitanika. Svaki ispitanik je imao svoj profil (account) na ELITE HRV aplikaciji koji je bio povezan sa ELITE HRV TEAM PRO platformom i njegovim POLAR H7 pojasom, te su se podaci mjerenja odmah nakon istog transferirali na platformu. Aktivno mjerenje prije treninga je trajalo 2 minute u strogo mirnim uvjetima. Za analizu podataka i procjenu stanja autonomnog živčanog sustava korištene su prosječne tjedne vrijednosti LnRMSSD . (Perotta, 2017., plews i sur.,2013., Flatt & Esco, 2013; Nakamura i sur., 2016)

Subjektivna procjena opterećenja treninga (RPE)

Za procjenu trenažnoga opterećenja korišteno je mjerenje subjektivne procjene opterećenja treninga (RPE) (Foster, 1998). Prilikom mjerenja subjektivne procjene opterećenja šest tjedana izolovana je varijabla:

- Tjedne vrijednosti trenažnoga opterećenja - arbitrarne jedinice (AU) dobiven jednadžbom:

$$\text{Trajanje treninga} \times \text{RPE} \times \text{broj treninga}$$

Ispitanici su nakon svake intervencije, odnosno treninga ili utakmice bilježili subjektivnu procjenu trenažnoga opterećenja prema Borgovoj skali kvantifikacijom iste od 1-10. Subjektivna procjena ispitanika je multiplicirana sa trajanjem treninga (u minutama), odnosno trajanjem utakmice, kako bi se kvantificiralo trenažno opterećenje, te je dobivena varijabla arbitrarne jedinice (AU). Za analizu podataka zabilježen je zbir tjednih vrijednosti AU eksperimentalne i kontrolne grupe.

Mjerni instrument za procjenu fiziološkog i psihološkog stresa

Za procjenu fiziološkog i psihološkog stresa u ispitanika korišten je WELLNESS upitnik za subjektivnu procjenu fiziološkog i psihološkog stresa (Hooper, 1995). Prilikom procjene izolovana je varijabla:

- Prosječne vrijednosti tjedne subjektivne procjene stresa- Well being

Upitnik se sastojao od ukupno pet pitanja koji su ispitanici ispunjavali svako jutro nakon buđenja. Ispitanici su na svako pitanje zabilježili skalu od 1-5, sa mogućnošću povećanja za 0,5. Ukupni *Well being* predstavljao je zbroj svih odgovorenih pitanja i odgovor na prethodni dan. Pitanja Wellness upitnika:

- Razina umora od 1-5
- Razina kvalitete sna od 1-5
- Razina generalnog mišićnog zamora/bola od 1-5
- Razina percipiranog stresa od 1-5
- Razina raspoloženja od 1-5

Opis postupka mjerenja

Cjelokupni eksperimentalni program trajao je osam tjedana, a inicijalno i finalno mjerenje bili su provedeni u prvom i u osmom tjednu. Ispitanici su prije inicijalnog mjerenja bili podijeljeni u dvije grupe randomiziranom metodom. Kako se radi o nogometnoj momčadi koji su se natjecali u prvoj NHL i klubu NK Rudeš u kojim se provodio sustavan nogometni trening, ispitanici su bili dobro upoznati sa testovima i protokolom intervencije.

Tablica 4. Prikaz eksperimentalnog programa rada

Prva grupa testova/ prvi tjedan eksperimentalnog protokola/Utorak	Druga grupa testova/prvi tjedan eksperimentalnog protokola/ četvrtak	Treća grupa testova/6 tjedana tijekom intervencije
• Sprint 25 m • RSA- test sposobnosti ponavljanja sprintova • Test 20m	• 30-15 Intermittent Fitness test • Skok sa pripremom (CMJ)	• Varijabilnost srčane frekvencije 3-4x tjedno • Wellness svaki dan • RPE nakon svakog treninga ili utakmice

Ispitanici eksperimentalne i kontrolne grupe su odrađivali testove kako je navedeno u tablici 4.

Prilikom testiranja motoričkih sposobnosti korišteno je standardno zagrijavanje koje se sastojalo od:

- 5 minuta umjerenog trčanja u krug
- Izvođenje osnovnih vježbi atletske škole trčanja, a koje su uključivale: niski skipp, visoki skip, zabacivanje potkoljenica, bočna dokoračala kretnja u lijevu i desnu stranu, škarice u lijevu i desnu stranu, skokove u prsa, preklone nakon skipa. Vježbe su izvođene na dionici od 40 metara.
- Dinamičke vježbe istezanja
- Kratke akceleracije i deceleracije na 5 m- naprijed i nazad. Ubrzanja na 20 metara.

Eksperimentalni protokol

Eksperimentalni program treninga proveden je tijekom natjecateljske sezone u prvoj NHL 2017 godine. Nakon inicijalnog mjerenja ispitanici su slučajnim odabirom podijeljeni u eksperimentalnu (N=15) i kontrolnu (N=15) grupu. Osam ispitanika nije pristupilo svim trenažnim protokolima. Razlozi su bili uglavnom ili odlazak, ili treninzi za prvi tim, ili ozljede tijekom natjecateljske sezone, te je istraživanje završeno sa ukupno 22 ispitanika. Ispitanici iz kontrolne i eksperimentalne grupe su redovno pohađali nogometne treninge u NK Rudeš, te su jednom tjedno imali utakmicu. U NK Rudeš provodio se sustavan kondicijski i nogometni trening.

Ispitanici eksperimentalne i kontrolne grupe tijekom eksperimentalnog programa obavljali su nogometni trening koji je bio strukturiran kao uobičajeni nogometni trening. Naime, ispitanici su ponedjeljkom obavljali trening jakosti u trajanju od jednog sata koji je uključivao vježbe prevencije protiv ozljeda, poligon sa loptom (15 minuta) i 20 minuta kapilarizacije. Utorkom su ispitanici obavljali 40 minuta uvodnog dijela treninga što uključuje cirkular vježbi zagrijavanja, te su nakon toga igrali nogomet 5 serija po 4 minute na prostoru 30x40 metara. Četvrtkom su ispitanici obavljali trening koji ima za cilj razvoj eksplozivne snage, a koji je uključivao SAQ metode u trajanju od 35 minuta, kratke sprintova, pliometrijske skokove, sprintova sa otporom i agilnost. Nakon toga su igrali nogomet 40-60 minuta. Petkom su ispitanici imali tehničko- taktički trening i pripremu za utakmicu u trajanju od 90 minuta. Nedjeljom su ispitanici imali nogometnu utakmicu.

Eksperimentalni program uključivao je dodatni trening ponavljanih sprintova u trajanju od šest tjedana, dva puta tjedno, utorkom i četvrtkom (1-2 serije, 6-8 ponavljanja, 25 metara sa startom svakih 25 sekundi) nakon nogometnog treninga koji je obavljala eksperimentalna grupa. Odmor između serija trajao 2 minute i bio je pasivnog karaktera. Kontrolna grupa nije obavljala dodatni trening ponavljanih sprintova.

Tablica 5. Eksperimentalni program treninga

Tjedan	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Utorak	Inicijalno mjerjenje	1 x 6 25m,25s	2 x 6 25m,25s	1 x 7 25m,25s	2 x 7 25m,25s	1 x 8 25m,25s	2 x 8 25m,25s	Finalno mjerjenje
Cetvrtak		1 x 6 25m,25s	2 x 6 25m,25s	1 x 7 25m,25s	2 x 7 25m,25s	1 x 8 25m,25s	2 x 8 25m,25s	
Ukupni tjedni trening		12 sprintova Uk:300m	24 sprinta Uk:600m	14 sprintova Uk:350m	28 sprintova Uk:700m	16 sprintova Uk:400m	32 sprinta Uk:800m	
Ukupno 126 sprintova, 3150 metara								

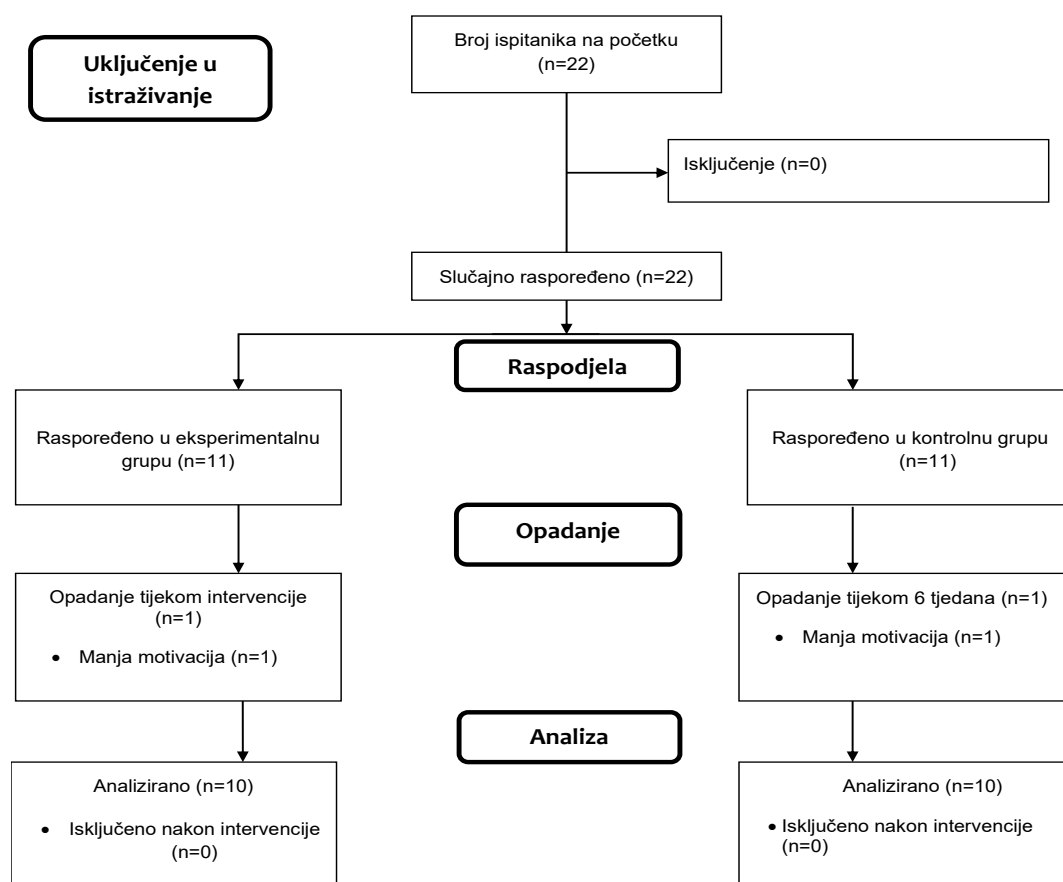
Metode analize podataka

Osnovni deskriptivni parametri izračunati su za svaku varijablu kroz aritmetičku sredinu i standradnu devijaciju, dok je normalnost distribucija testirana Kolmogorov Smirnovljevim testom. Za utvrđivanje učinaka intervencije kroz 6-tjedni program, koristila se analiza varijance za ponovljena mjerenja (2x2 ANOVA) sa zavisnom testiranom varijablom u dvije vremenske točke, te grupom kao faktorom. Veličina učinka (eng. *effect size*) kroz analizu je dobiven kao *partial eta squared*. Unutar svake analize su se dobile vrijednosti glavnih učinaka (eng. *main effects*) za vremensku komponentu (vrijeme), intervenciju (eksperimentalna vs. kontrolna grupa) i interakcija vremena i intervencije. Ukoliko je interakcija između vremena i intervencije bila značajna, koristila se *post-hoc* analiza uz Bonfferonijevu korekciju *p*-vrijednosti definiranja razlika između četiri grupe ispitanika (eksperimentalna grupa-početno mjerenje; kontrolna grupa-početno mjerenje; eksperimentalna grupa-završno mjerenje; i kontrolna grupa-završno mjerenje). Razina statističke značajnosti se postavila na $p < 0.05$. Sve analize dobivene za potrebe ove doktorske disertacije su se izračunale u statističkom paketu SPSS verzija 23. (eng. Statistical Packages for Social Sciences ver. 23, IBM Corporation, Chicago, IL.).

REZULTATI

Prije provođenja eksperimenta, 22 nogometaša su slučajnim odabirom podijeljena u eksperimentalnu ($N = 11$) i kontrolnu ($N = 11$) grupu. Na kraju provedbe istraživanja, 20 nogometaša je završilo testiranje, odnosno 10 igrača u eksperimentalnoj i 10 igrača u kontrolnoj skupini. Sljedeće analize su napravljene na 20 igrača kroz dva faktora (grupa i vrijeme), te njihovu interakciju, kako bi se vidjeli učinci intervencije ponavljanih sprintova na kondicijske sposobnosti, ukupno trenažno opterećenje i simptome stresa. Detaljne informacije o regrutiranju ispitanika i raspodjelu u grupe nalazi se u grafičkom prikazu 1 i tablici 7.

Prikaz 1. Flow dijagram raspodjele ispitanika u eksperimentalnu i kontrolnu grupu



Tablica 6. Skupine varijabli korištene u početnom i završnom mjerenju u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi ispitanika

Varijable istraživanja	Mjerna jedinica
Test ponavljanih sprintova	
Najbolji sprint	sekunde
Najlošiji sprint	sekunde
Prosjeak ponavljanih sprintova (RS Apro)	sekunde
% opadanja sprinterske izvedbe (%Sdec)	%
Funkcionalne sposobnosti	
30-15 intermittent Fitness Test	
Maksimalni primitak kisika	mL/kg/min
Motoričke sposobnosti	
Eksplozivna snaga	
Sprint na 25 metara	
Sprint na 25 metara_prosječne vrijednosti	sekunde
Sprint na 25 metara_maksimalne vrijednosti	sekunde
Skok s pripremom (CMJ)	
Skok s pripremom (CMJ)_prosječne vrijednosti	centimetri
Skok s pripremom (CMJ)_maksimalne vrijednosti	centimetri
Agilnost	
Test agilnosti na 20 metara	sekunde
Varijabilnost srčane frekvencije	
Tjedne srednje vrijednosti kvadratnih aritmetičkih sredina razlika između dva R-R otkucaja	
Subjektivna procjena opterećenja treninga (RPE)	
Borgova skala	Skala od 1-10
Subjektivna procjena fiziološkog i psihološkog opterećenja	
Wellness upitnik	Skala od 1-10

Kolmogorov-Smirnovljevim testom utvrđeno je da nijedna varijabla u inicijalnom mjerenju ne odstupa od normalne distribucije (tablica 7), te Studentov t-test za nezavisne uzorke nije pokazao statistički značajne razlike između eksperimentalne i kontrolne grupe na početku istraživanja ($p > 0.05$).

Tablica 7. Normalnost distribucije svih varijabli

Varijable istraživanja	Shapiro-Wilksov test	
	Statistika	P - vrijednost
Tjelesna masa	0.965	0.247
Najbolji sprint	0.985	0.818
Najlošiji sprint	0.970	0.294
Prosjeck ponavljanih sprintova (RSApro)	0.966	0.213
% opadanja sprinterske izvedbe (%Sdec)	0.905	0.268
30-15 intermittent test	0.950	0.073
Maksimalni primitak kisika	0.926	0.426
Sprint na 25 metara _prosječne vrijednosti	0.934	0.068
Sprint na 25 metara _maksimalne vrijednosti	0.981	0.721
Skok s pripremom (CMJ) _prosječne vrijednosti	0.948	0.339
Skok s pripremom (CMJ) _maksimalne vrijednosti	0.966	0.273
Test agilnosti na 20 metara	0.985	0.866
Tjedne srednje vrijednosti kvadratnih aritmetičkih sredina razlika između dva R-R otkucaja	0.941	0.068
Borgova skala	0.990	0.508
Wellness upitnik	0.970	0.108

Učinci treninga ponavljanih sprintova na morforloške karakteristike

Tablica 8 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na tjelesnu masu kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije tjelesne mase ($W = 0.965$; $p = 0.247$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.410$; $p = 0.746$). Dvofaktorska analiza

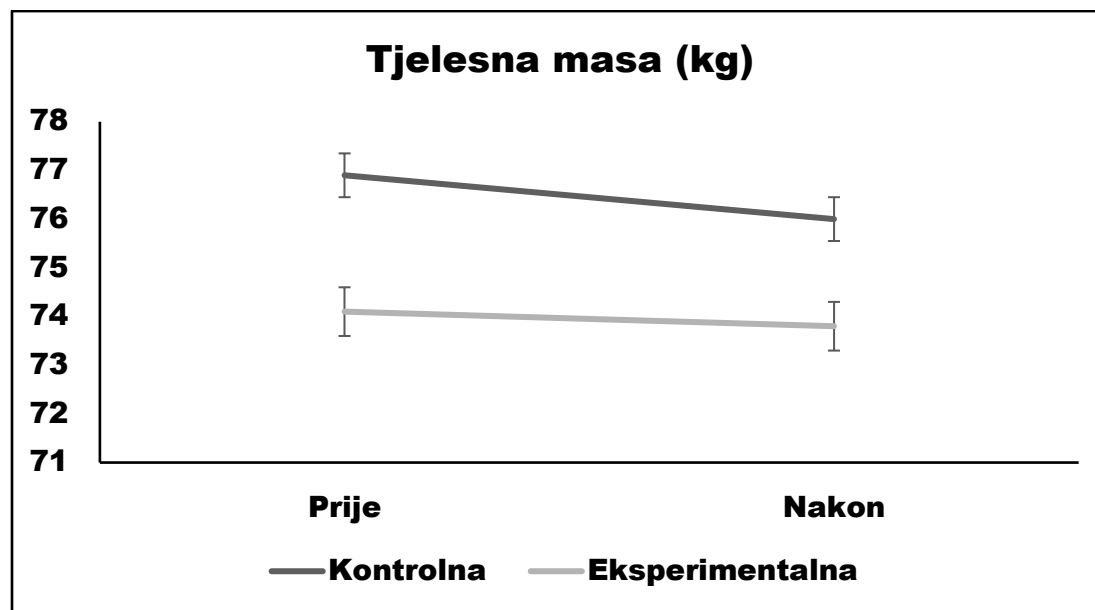
varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u faktoru grupe, vremena i njihove interakcije u varijabli tjelesna masa, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio promjeni tjelesne mase s obzirom na grupu (eksperimentalna vs. kontrolna), vrijeme (prije vs. poslije 6 tjedana), te interakcije grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 2.

Tablica 8. Učinci treninga ponavljanih sprintova na tjelesnu masu kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci									
Eksperimentalna				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme			
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	
Prije	74.1	7.6	-0.4%										
Poslije	73.8	7.0											
Kontrolna				1.616	0.212	0.043	0.104	0.749	0.003	0.034	0.856	0.001	
Prije	76.9	4.9	-1.2%										
Poslije	76.0	4.4											

$P < 0.05$

Prikaz 2. Učinci intervencije treninga ponavljanih sprintova na tjelesnu masu kod nogometaša kontrolne i eksperimentalne grupe



Tablica 9 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na isprekidani fitness test 30-15 kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije isprekidanog fitness testa 30-15 ($W = 0.950$; $p = 0.073$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.585$; $p = 0.629$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u faktoru grupe, vremena i njihove interakcije u varijabli isprekidanog fitness testa 30-15, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio promjeni isprekidanog fitness testa 30-15 s obzirom na grupu (eksperimentalna vs. kontrolna), vrijeme (prije vs. poslije 6 tjedana), te interakcije grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 3.

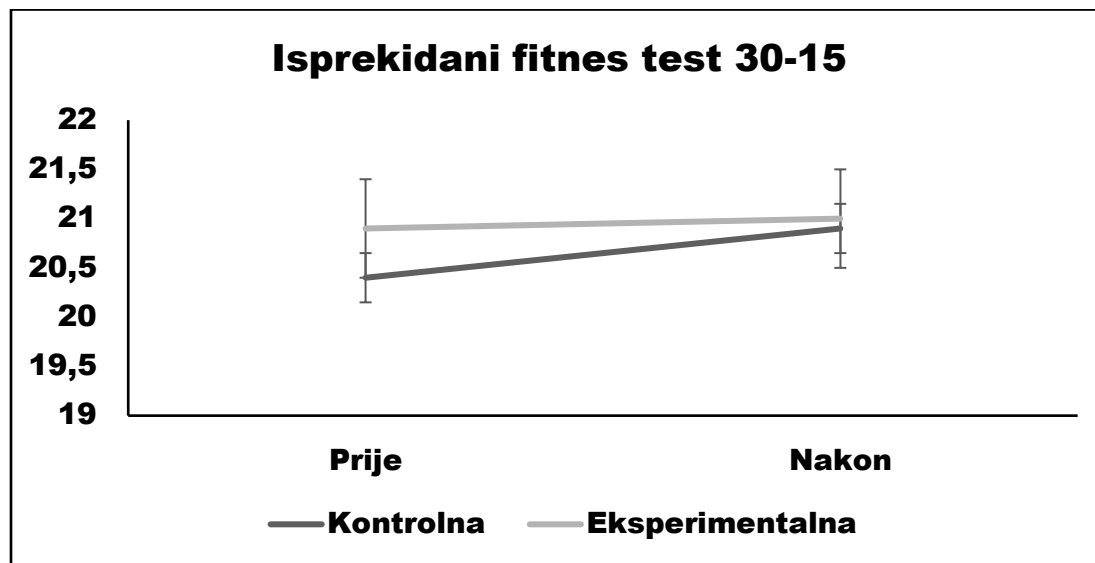
Učinci treninga ponavljanih sprintova na fiziološke sposobnosti

Tablica 9. Učinci treninga ponavljanih sprintova na isprekidani fitness test 30-15 kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	20.9	0.94	0.5%									
Poslije	21.0	0.88										
Kontrolna				1.076	0.306	0.029	0.771	0.386	0.021	0.312	0.580	0.009
Prije	20.4	0.94	2.5%									
Poslije	20.9	1.18										

$P < 0.05$

Prikaz 3. Učinci intervencije treninga ponavljanih sprintova na isprekidani fitness test 30-15 kod nogometaša kontrolne i eksperimentalne grupe



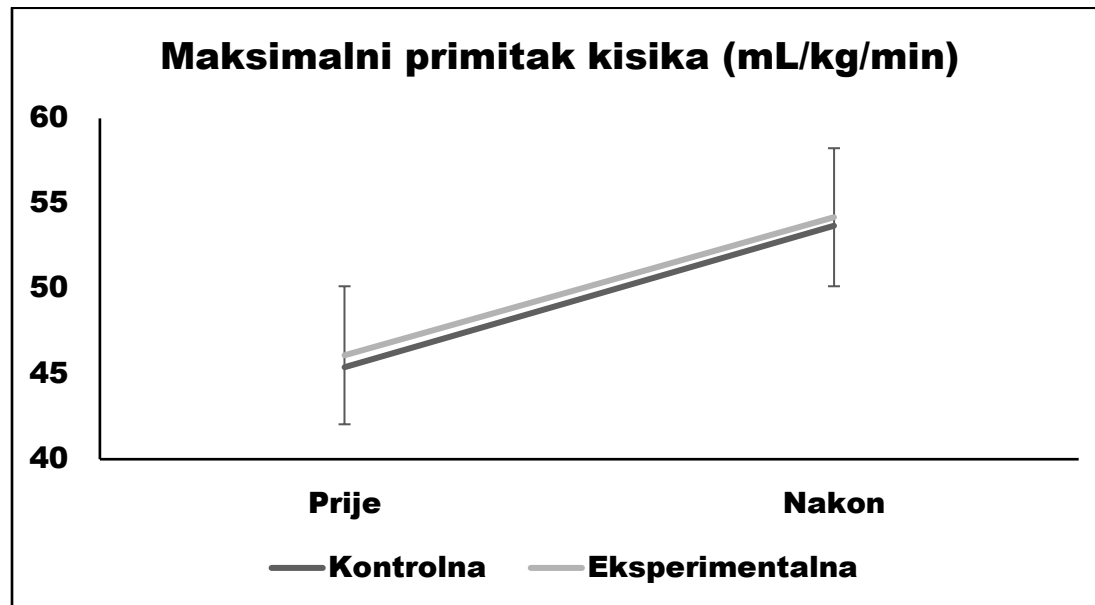
Tablica 10 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na maksimalni primitak kisika kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je

pokazao normalnost distribucije maksimalnog primitka kisika ($W = 0.926$; $p = 0.426$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.824$; $p = 0.349$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u faktoru vremena. Naime, intervencija u trajanju od 6 tjedana je pokazala značajne promjene prije i nakon intervencije, neovisno o grupi (PRE: 45.7 ± 1.2 vs. POST: 53.9 ± 2.1 ml/kg/min; povećanje od 17.9%). Međutim, nisu dobivene značajne razlike na razini grupe i intervencije grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 4.

Tablica 10. Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalni primitak kisika kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	46.1	1.0	17.6%									
Poslije	54.2	1.9										
Kontrolna				1.277	0.266	0.034	219.916	0.001	0.859	0.057	0.813	0.002
Prije	45.4	1.3	18.3%									
Poslije	53.7	2.4										
<i>P</i> < 0.05												

Prikaz 4. Učinci intervencije treninga ponavljanih sprintova na maksimalni primitak kisika kod nogometaša kontrolne i eksperimentalne grupe



Učinci treninga ponavljanih sprintova na motoričke sposobnosti

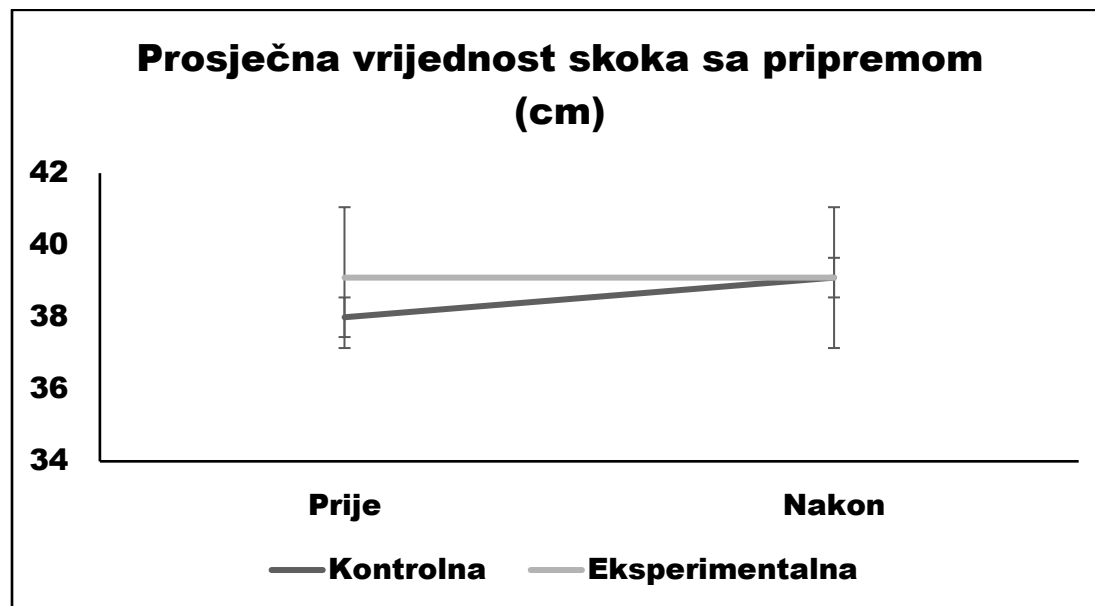
Učinci treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša se nalaze u tablici 11. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije prosječne vrijednosti skoka bez zamaha ruku ($W = 0.948$; $p = 0.339$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.042$; $p = 0.988$). Cronbachova alfa pokazala je visoki stupanj pouzdanosti između tri pokušaja (0.98). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u faktoru grupe, vremena i njihove interakcije u varijabli prosječnih vrijednosti skoka sa pripremom, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio očekivanoj promjeni prosječnih vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu, te vremensko trajanje intervencije od 6 tjedana nije doprinijelo statističkoj promjeni prije i nakon intervencije, što se može vidjeti i u neznačajnoj interakciji grupe i vremena.. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 5.

Tablica 11. Učinci treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	39.1	3.9	0.0%									
Poslije	39.1	4.6										
Kontrolna				0.198	0.659	0.005	0.158	0.694	0.004	0.129	0.722	0.004
Prije	38.0	5.2	2.9%									
Poslije	39.1	4.6										
<i>P</i> < 0.05												

$P < 0.05$

Prikaz 5. Učinci treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

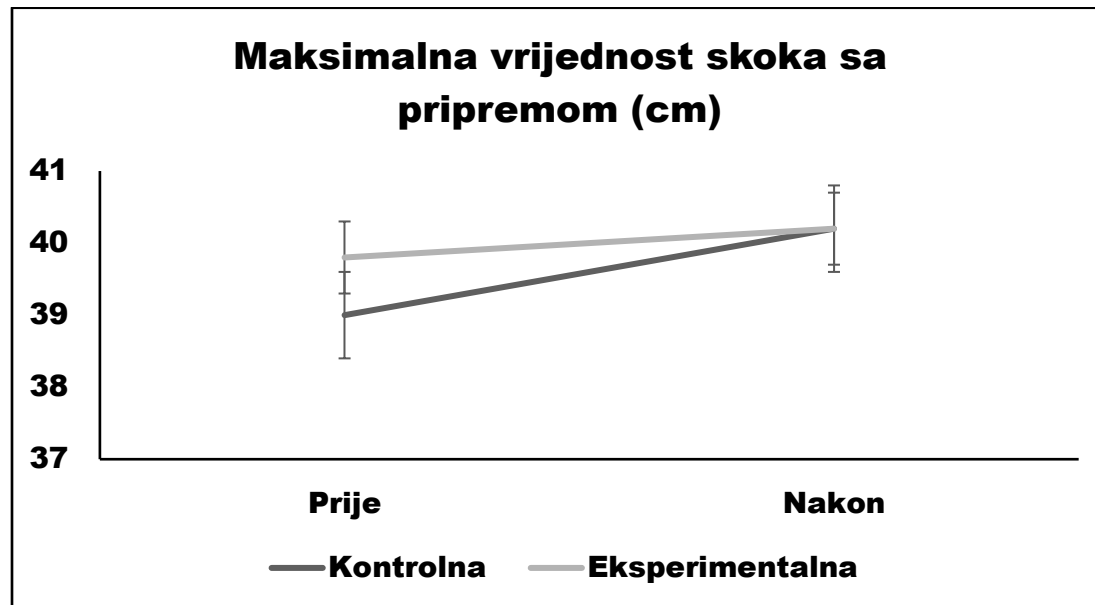


Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša se nalaze u tablici 12. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije maksimalne vrijednosti skoka sa pripremom ($W = 0.966$; $p = 0.273$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.066$; $p = 0.978$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u faktoru grupe, vremena i njihove interakcije u varijabli maksimalnih vrijednosti skoka sa pripremom, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio očekivanoj promjeni maksimalnoj vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu, te vremensko trajanje intervencije od 6 tjedana nije doprinijelo statističkoj promjeni prije i nakon intervencije, što se može vidjeti i u neznačajnoj interakciji grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 6.

Tablica 12. Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	39.8	3.9	1.0%									
Poslije	40.2	4.0										
Kontrolna				0.075	0.786	0.002	0.303	0.586	0.008	0.057	0.813	0.002
Prije	39.0	5.3	3.1%									
Poslije	40.2	4.9										
<i>P</i> < 0.05												

Prikaz 6. Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti skoka sa pripremom kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



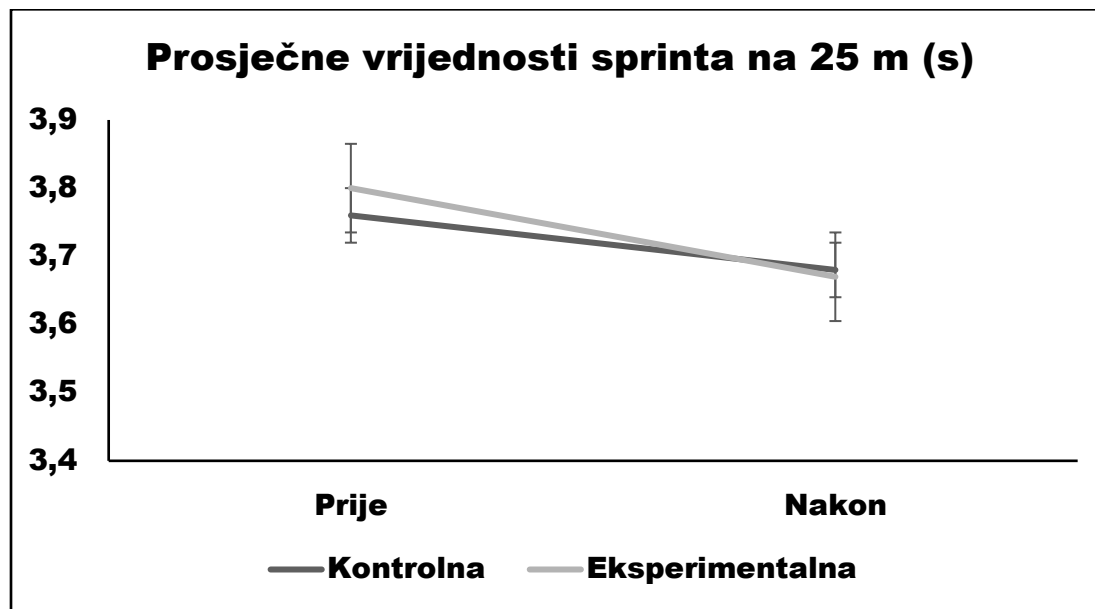
Učinci treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti sprinta na 25 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša se nalaze u tablici 13. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije prosječnih vrijednosti sprinta na 25 m ($W = 0.934$; $p = 0.068$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.219$; $p = 0.882$). Cronbachova alfa pokazala je visoki stupanj pouzdanosti između tri pokušaja (0.90). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u faktoru vremena. Specifično, intervencija u trajanju od 6 tjedana je pokazala značajne promjene u prosječnim vrijednostima sprinta na 25 m prije i nakon intervencije, neovisno o grupi (PRE: 3.78 ± 0.15 vs. POST: 3.68 ± 0.13 s; poboljšanje od 2.6%). Međutim, nisu dobivene značajne razlike na razini grupe i intervencije grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 7.

Tablica 13. Učinci treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti sprinta na 25 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci									
Eksperimentalna	Prije	3.80	0.16	-3.4%	Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
					<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Kontrolna				0.049	0.826	0.001	4.975	0.032	0.121	0.330	0.569	0.009	
Prije	3.76	0.15											
Poslije	3.68	0.14	-2.1%										

$P < 0.05$

Prikaz 7. Učinci treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti sprinta na 25 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



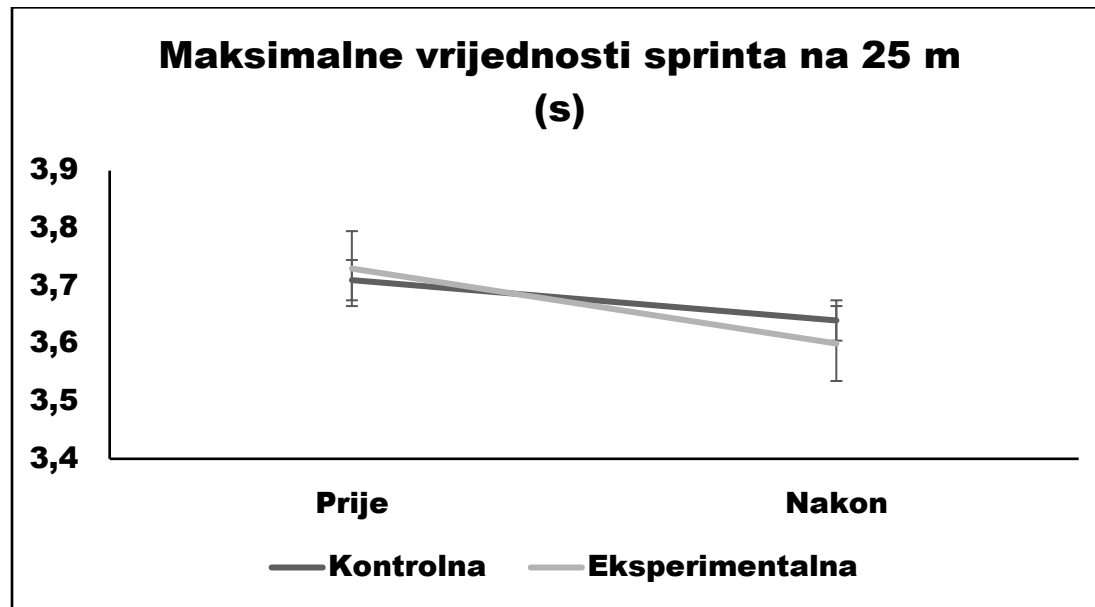
Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti sprinta na 25 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša se nalaze u tablici 14. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije maksimalnih vrijednosti sprinta na 25 m (W

= 0.981; $p = 0.721$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.108$; $p = 0.955$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u faktoru vremena. Specifično, intervencija u trajanju od 6 tjedana je pokazala značajne promjene u maksimalnim vrijednostima sprinta na 25 m prije i nakon intervencije, neovisno o grupi (PRE: 3.73 ± 0.13 vs. POST: 3.62 ± 0.14 s; poboljšanje od 2.9%). Međutim, nisu dobivene značajne razlike na razini grupe i intervencije grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 8.

Tablica 14. Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti sprinta na 25 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	3.73	0.14	-3.5%									
Poslije	3.60	0.13										
Kontrolna				0.000	1.000	0.000	6.735	0.014	0.158	0.919	0.344	0.025
Prije	3.71	0.12	-1.9%									
Poslije	3.64	0.14										
<i>P</i> < 0.05												

Prikaz 8. Učinci treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti sprinta na 25 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



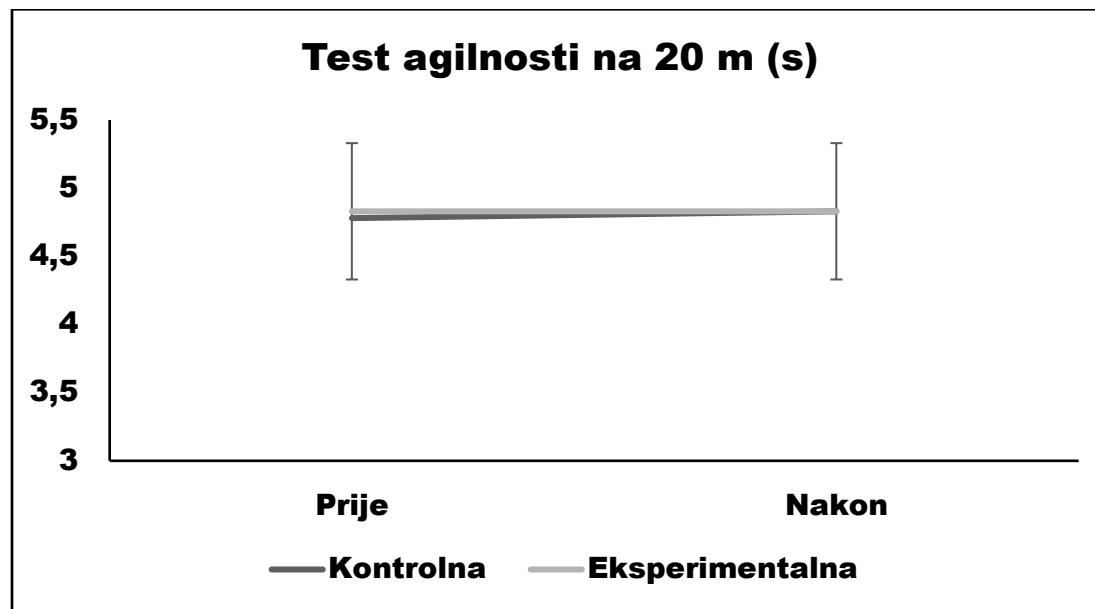
Tablica 15 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti u testu agilnosti na 20 m između eksperimentalne i kontrolne grupe. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije u testu agilnosti na 20 m ($W = 0.985$; $p = 0.866$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.271$; $p = 0.846$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u faktoru grupe, vremena i njihove interakcije u varijabli testa agilnosti na 20 m, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio očekivanoj promjeni u testu agilnosti na 20 m kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu, te vremensko trajanje intervencije od 6 tjedana nije doprinijelo statističkoj promjeni prije i nakon intervencije, što se može vidjeti i u neznačajnoj interakciji grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 9.

Tablica 15. Učinci treninga ponavljanih sprintova vrijednosti u testu agilnosti na 20 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	4.83	0.14	0.0%									
Poslije	4.83	0.12										
Kontrolna				0.320	0.575	0.009	0.401	0.531	0.011	0.373	0.545	0.011
Prije	4.78	0.14	1.0%									
Poslije	4.83	0.15										

$P < 0.05$

Prikaz 9. Učinci treninga ponavljanih sprintova u testu agilnosti na 20 m kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



Učinci treninga ponavljanih sprintova na sposobnost ponavljanja sprintova

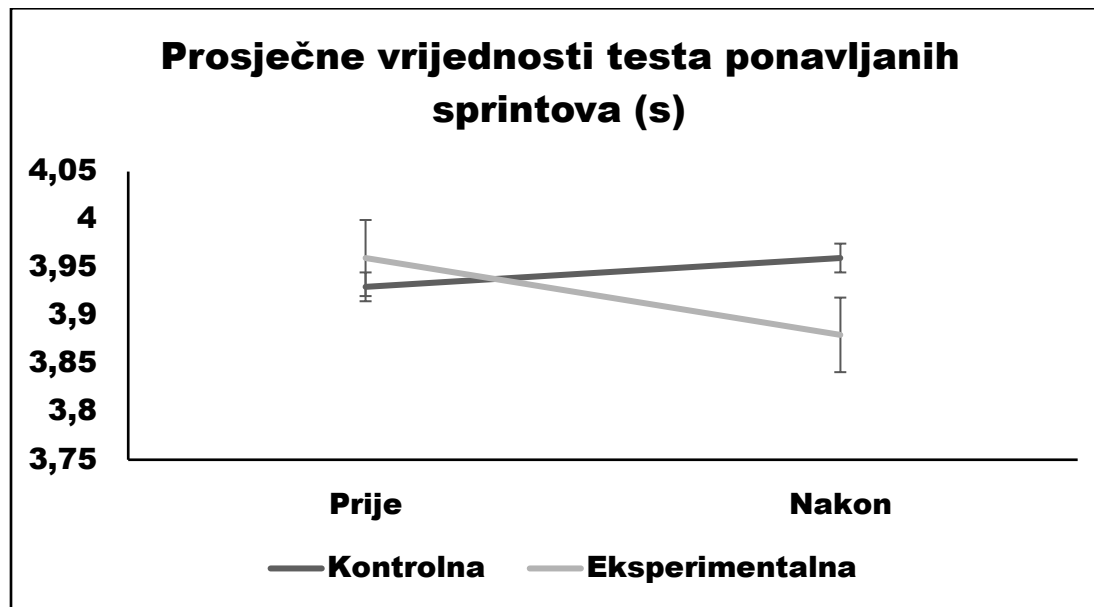
Tablica 16 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na prosječne vrijednosti testa ponavljanih sprintova između eksperimentalne i kontrolne grupe. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije prosječnih vrijednosti testa ponavljanih sprintova ($W = 0.966$; $p = 0.213$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.833$; $p = 0.484$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u interakciji grupe i vremena, što znači da je trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana značajno doprinio poboljšanju prosječnih vrijednosti testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu (EKSP: % promjene -2.0%; KONT: 0.8%). Statistički značajni, ali manji glavni učinci dobiveni su u varijabli 'vrijeme', gdje su se dogodile značajne promjene unutar 6 tjedana, neovisno o grupi koja se testira. Glavni učinci u varijabli 'grupa' su bili statistički značajni. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 10.

Tablica 16. Učinci treninga ponavljanih sprintova vrijednosti u prosječnim vrijednostima testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
Eksperimentalna				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	3.96	0.13	-2.0%									
Poslije	3.88	0.14										
Kontrolna				2.933	0.095	0.068	3.491	0.049	0.080	6.734	0.013	0.144
Prije	3.93	0.11	0.1%									
Poslije	3.96	0.10										

$P < 0.05$

Prikaz 10. Učinci treninga ponavljanih sprintova u prosječnim vrijednostima testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

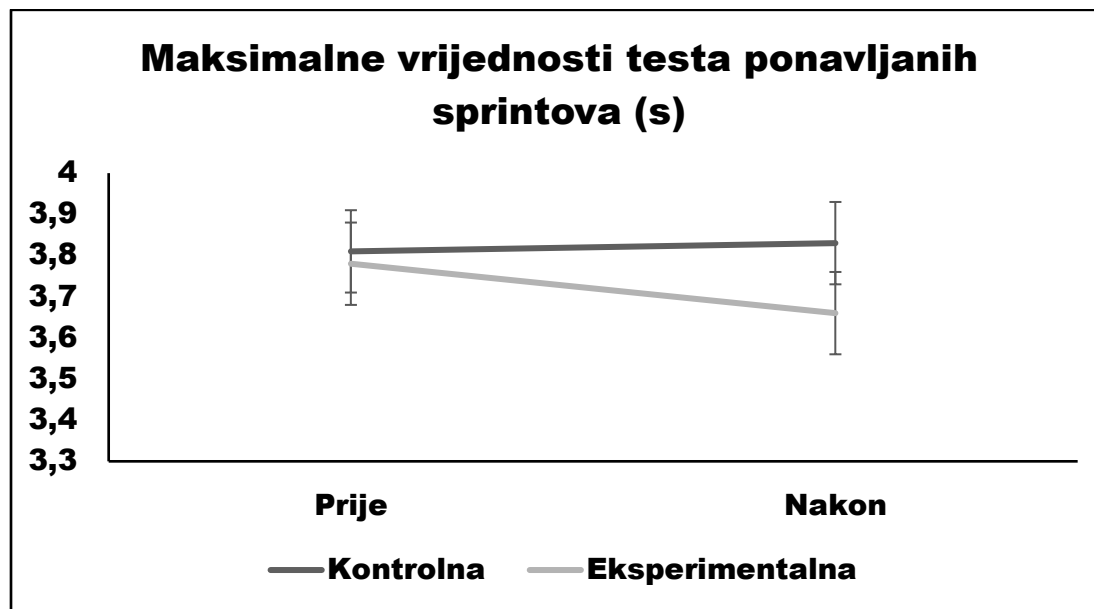


Tablica 17 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na maksimalne vrijednosti testa ponavljanih sprintova između eksperimentalne i kontrolne grupe. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije maksimalnih vrijednosti testa ponavljanih sprintova ($W = 0.985$; $p = 0.818$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.183$; $p = 0.907$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u interakciji grupe i vremena, što znači da je trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana značajno doprinio poboljšanju maksimalnih vrijednosti testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu (EKSP: % promjene -3.2%; KONT: 0.5%). Statistički značajni učinci dobiveni su također u varijabli 'grupa', gdje su se dogodile značajne razlike između grupa, neovisno o vremenskom razdoblju intervencije od 6 tjedana. Glavni učinci u varijabli 'vrijeme' nisu bili statistički značajni. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 11.

Tablica 17. Učinci treninga ponavljanih sprintova vrijednosti u maksimalnim vrijednostima testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci									
Eksperimentalna				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme			
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	
Prije	3.78	0.13	-3.2%										
Poslije	3.66	0.10											
Kontrolna				7.652	0.009	0.161	2.189	0.147	0.052	4.081	0.050	0.093	
Prije	3.81	0.12	0.5%										
Poslije	3.83	0.12											
<i>P</i> < 0.05													

Prikaz 11. Učinci treninga ponavljanih sprintova u maksimalnim vrijednostima testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



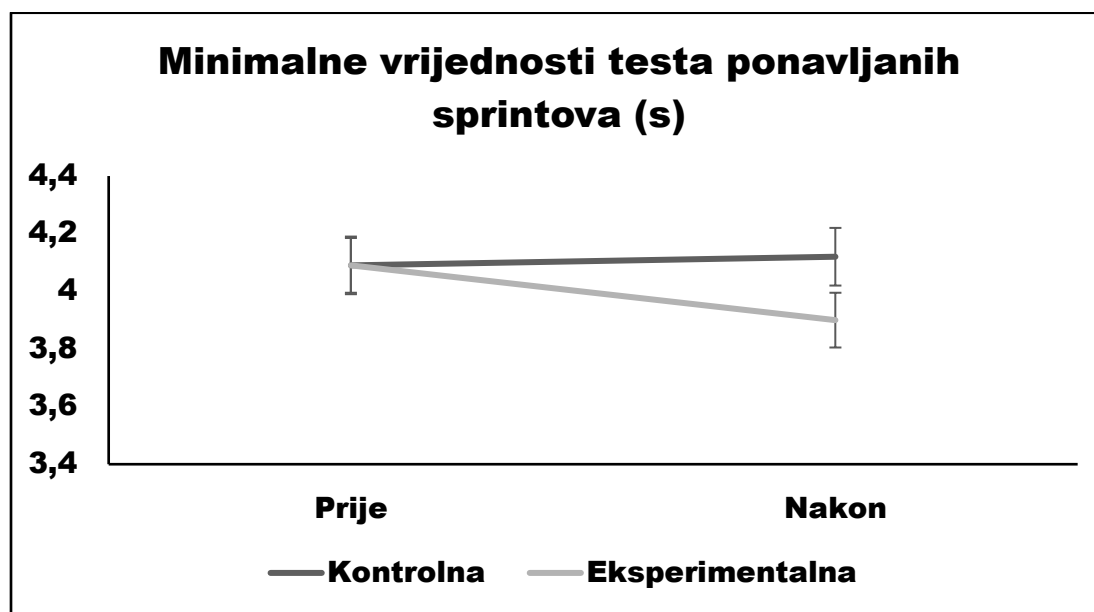
Tablica 18 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na minimalne vrijednosti testa ponavljanih sprintova između eksperimentalne i kontrolne grupe. Prije provođenja analiza,

Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije minimalnih vrijednosti testa ponavljanih sprintova ($W = 0.970$; $p = 0.294$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.760$; $p = 0.523$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u interakciji grupe i vremena, što znači da je trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana značajno doprinio poboljšanju minimalnih vrijednosti testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu (EKSP: % promjene -4.6%; KONT: 0.7%). Statistički značajni učinci dobiveni su također u varijabli 'grupa', gdje su se dogodile značajne razlike između grupa, neovisno o vremenskom razdoblju intervencije od 6 tjedana. Glavni učinci u varijabli 'vrijeme' nisu bili statistički značajni. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 12.

Tablica 18. Učinci treninga ponavljanih sprintova u minimalnim vrijednostima testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
Eksperimentalna				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	4.09	0.19	-0.4%									
Poslije	3.90	0.13										
Kontrolna				4.485	0.040	0.101	2.495	0.122	0.059	4.196	0.047	0.095
Prije	4.09	0.17	0.7%									
Poslije	4.12	0.19										
<i>P</i> < 0.05												

Prikaz 12. Učinci treninga ponavljanih sprintova u minimalnim vrijednostima testa ponavljanih sprintova kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

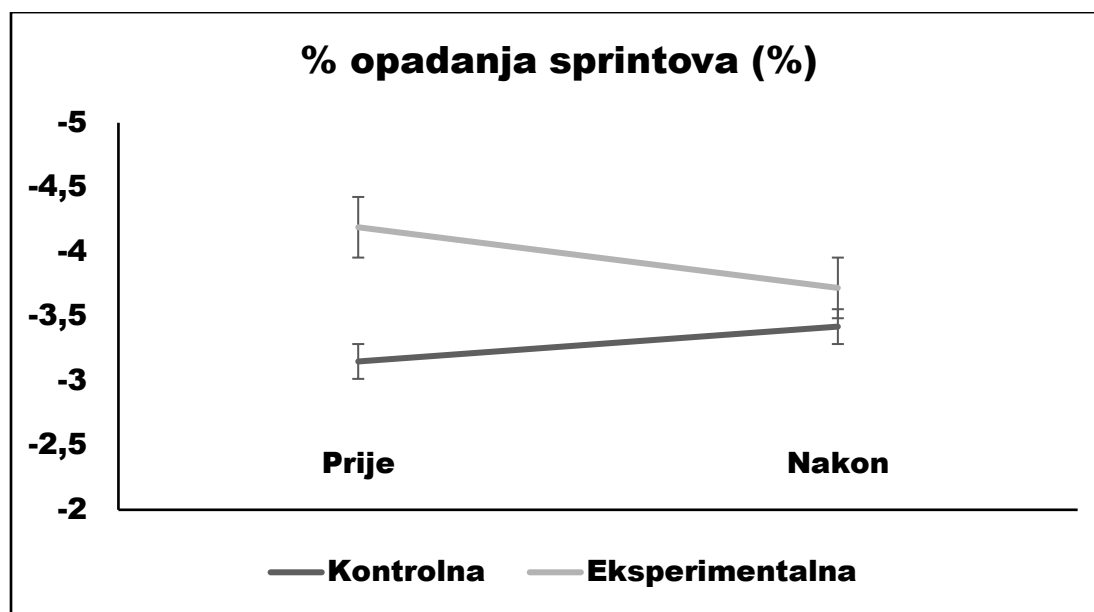


Tablica 19 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na % opadanja sprintova između eksperimentalne i kontrolne grupe. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije % opadanja sprintova ($W = 0.905$; $p = 0.268$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.600$; $p = 0.619$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u interakciji grupe i vremena, što znači da je trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana značajno doprinio manjem % opadanja vrijednosti u ponavljanim sprintovima kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu (EKSP: % promjene -4.6%; KONT: 0.7%). Glavni učinci u varijablama 'grupa' i 'vrijeme' nisu bili statistički značajni. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 13.

Tablica 19. Učinci treninga ponavljanih sprintova u % opadanja vrijednosti u ponavljanim sprintovima kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
Eksperimentalna				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Prije	-4.19	3.54	-									
Poslije	-3.72	3.19	11.2%									
Kontrolna				2.290	0.138	0.054	0.681	0.414	0.017	3.137	0.041	0.073
Prije	-3.15	2.70										
Poslije	-3.42	2.96	8.6%									
<i>P</i> < 0.05												

Prikaz 13. Učinci treninga ponavljanih sprintova u % opadanja vrijednosti u ponavljanim sprintovima kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



Tablica 20 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na varijabilnost srčane frekvencije između eksperimentalne i kontrolne grupe. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije frekvencije srčanog ritma ($W = 0.941$; $p = 0.068$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.293$; $p = 0.986$).

Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u varijablama 'grupa', 'vrijeme' i interakciji grupe i vremena, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio razlikama između i unutar grupa kroz vrijeme trajanja intervencije. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 14.

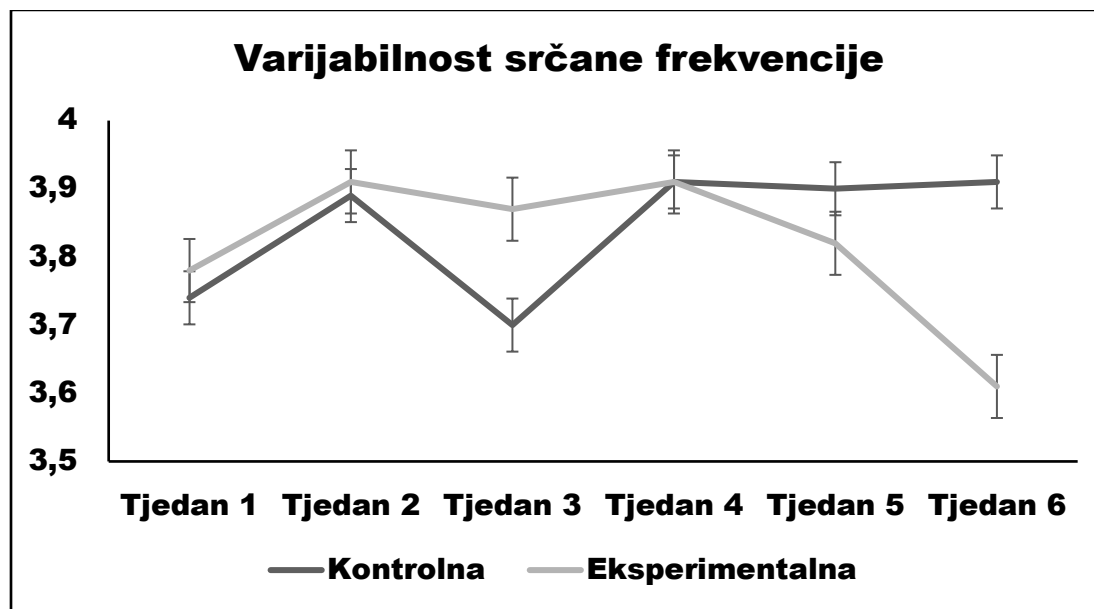
Tablica 20. Učinci treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti varijabilnosti srčane frekvencije kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
Eksperimentalna				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Tjedan 1	3.78	0.48										
Tjedan 2	3.91	0.44	3.4%									
Tjedan 3	3.87	0.38	2.4%									
Tjedan 4	3.91	0.54	3.4%									
Tjedan 5	3.82	0.38	1.1%									
Tjedan 6	3.61	0.54	-4.5%									
Kontrolna				0.105	0.747	0.001	0.348	0.883	0.016	0.433	0.825	0.020
Tjedan 1	3.74	0.70										
Tjedan 2	3.89	0.68	4.0%									
Tjedan 3	3.70	0.55	-1.1%									
Tjedan 4	3.91	0.52	4.5%									
Tjedan 5	3.90	0.50	4.3%									
Tjedan 6	3.91	0.45	4.5%									

$P < 0.05$

Učinci treninga ponavljanih sprintova na trenažno opterećenje i simptome stresa

Prikaz 14. Učinci treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti u ritmu srčane frekvencije kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



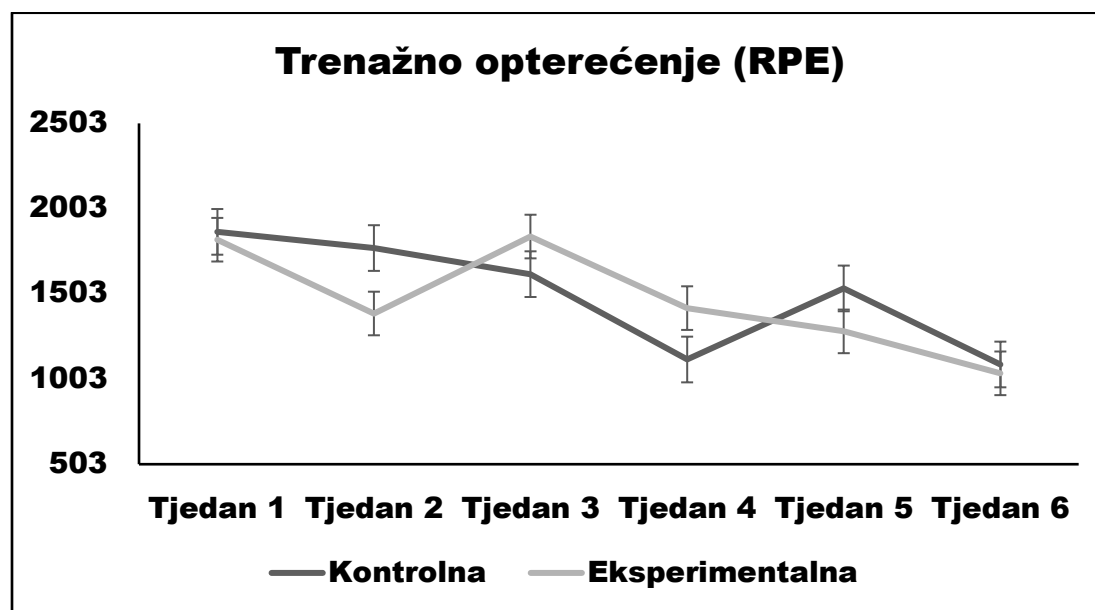
Tablica 21 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti trenažnog opterećenja kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije intenziteta treninga ($W = 0.990$; $p = 0.508$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 1.069$; $p = 0.393$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako postoje značajni glavni učinci u faktoru 'vremena'. Naime, intervencija u trajanju od 6 tjedana je pokazala značajne promjene prije i nakon intervencije u vrijednostima trenažnog opterećenja, neovisno o grupi. Post-hoc analiza je pokazala značajne razlike između 6. tjedna i 1., 2. i 3. tjedna u intenzitetu treninga. Međutim, nisu dobivene značajne razlike na razini grupe i intervencije grupe i vremena. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 15.

Tablica 21. Učinci treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti trenažnog opterećenja kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
Eksperimentalna				Grupa			Vrijeme			Grupa*vrijeme		
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
	Tjedan 1	1820.5	477.3									
	Tjedan 2	1387.5	462.4	-23.8%								
	Tjedan 3	1839.0	524.4	1.0%								
	Tjedan 4	1419.0	544.3	-22.1%								
	Tjedan 5	1282.5	713.9	-30.0%								
Tjedan 6	1036.5	336.7	-43.1%									
Kontrolna				0.141	0.708	0.001	6.457	< 0.001	0.230	1.312	0.265	0.057
Tjedan 1	1866.5	745.0										
Tjedan 2	1771.5	478.4	-5.1%									
Tjedan 3	1618.3	372.1	-13.3%									
Tjedan 4	1117.5	437.8	-40.1%									
Tjedan 5	1534.5	477.7	-17.8%									
Tjedan 6	1088.3	572.2	-41.7%									

P < 0.05

Prikaz 15. Učinci treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti trenažnog opterećenja kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



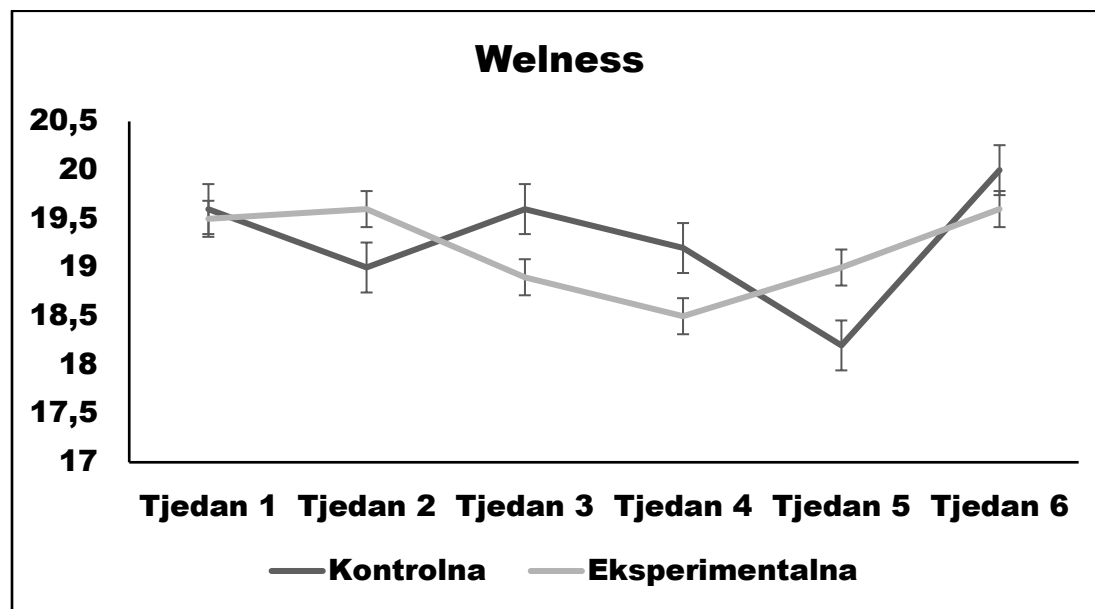
Tablica 22 prikazuje učinke treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti wellnessa kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša. Prije provođenja analiza, Shapiro-Wilks test je pokazao normalnost distribucije wellnessa ($W = 0.970$; $p = 0.108$), te je Levenov test homogenosti varijanci pokazao, kako su varijance grupa homogene ($F_{3,36} = 0.738$; $p = 0.700$). Dvofaktorska analiza varijance za ponovljena mjerenja je pokazala, kako ne postoje značajni glavni učinci u varijablama 'grupa', 'vrijeme' i interakciji grupe i vremena, što znači da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana nije značajno doprinio razlikama između i unutar grupa kroz vrijeme trajanja intervencije u varijabli wellnessa. Grafički su se vrijednosti prikazale u prikazu 16.

Tablica 22. Učinci treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti wellnesa kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša

Grupa	AS	SD	Δ (%)	Glavni učinci								
Eksperimentalna				Grupa		Vrijeme			Grupa*vrijeme			
				<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta	<i>F</i>	<i>p</i>	Eta
Tjedan 1	19.5	1.7										
Tjedan 2	19.6	1.8	0.5%									
Tjedan 3	18.9	2.3	-3.1%									
Tjedan 4	18.5	1.3	-5.1%									
Tjedan 5	19.0	1.4	-2.6%									
Tjedan 6	19.6	2.1	0.5%									
Kontrolna				0.111	0.740	0.001	1.208	0.310	0.053	0.607	0.695	0.027
Tjedan 1	19.6	1.3										
Tjedan 2	19.0	1.2	-3.1%									
Tjedan 3	19.6	1.4	0.0%									
Tjedan 4	19.2	2.5	-2.0%									
Tjedan 5	18.2	2.0	-7.1%									
Tjedan 6	20.0	1.9	2.0%									

P < 0.05

Prikaz 16. Učinci treninga ponavljanih sprintova na vrijednosti na wellness kod eksperimentalne i kontrolne grupe nogometaša



RASPRAVA

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi da li dodatni trening ponavljanih sprintova tijekom sezone natjecanja ima određene pozitivne učinke na pokazatelje antropometrijskih karakteristika, te motoričkih i funkcionalnih sposobnosti, bez promjena ukupnog trenažnog opterećenja, te psihološkog i fiziološkog stresa u nogometaša juniora.

Glavna saznanja ovog istraživanja su: i) postoje značajne vremenske promjene u maksimalnom primitku kisika, prosječnim i maksimalnim vrijednostima sprinta na 25 m, prosječnim vrijednostima ponavljanih sprintova, te intenzitetu treninga, neovisno o grupi, ii) postoje značajne razlike između grupa u maksimalnim i minimalnim vremenima ponavljanih sprintova, neovisno o vremenu, te iii) značajne interakcije između grupe i vremena dobivene su u prosječnim, maksimalnim i minimalnim vremenima ponavljanih sprintova, te % opadanja vrijednosti sprintova u korist eksperimentalne, nasuprot kontrolne grupe.

Učinci treninga ponavljanih sprintova na sposobnost ponavljanja sprintova

Kako je navedeno, glavno saznanje ovog istraživanja je kako dodatni trening ponavljanih sprintova značajno pozitivno utječe na prosječne, maksimalne i minimalne vrijednosti sprinta, odnosno smanjuje vrijeme kod eksperimentalne grupe, dok se vrijeme značajno povećava kod kontrolne grupe. Također, % opadanja vrijednosti sprintova se kod eksperimentalne grupe značajno smanjuje, dok kod kontrolne ostaje isti ili se povećava. Rezultati ovog istraživanja podudaraju se s rezultatima prijašnjih istraživanja, koji su istraživali utjecaje dodatnih treninga ponavljanih sprintova na test ponavljanih sprintova u nogometu, košarci, ragbiju i tenisu (Bucheit i sur., 2009; Bucheit i sur., 2010a; Bucheit i sur., 2008; Mohr i sur., 2007; Serpiello i sur., 2011; Bucheit i sur., 2010b; Ferrari Bravo i sur., 2008; Fernandez-Fernandez i sur., 2012; Attene i sur., 2014; Soares-Caldeira i sur., 2014; Nascimento i sur., 2015; Galvin i sur., 2013; Suarez-Arrones i sur., 2014; Attene i sur., 2015; Taylor i sur., 2015; Goods i sur., 2015; Nedrehagen i Saeterbakken, 2015; Rey i sur., 2019; Chtara i sur., 2017; Eniseler i sur., 2017; Iaia i sur., 2017; Borges i sur., 2016; Krakan i sur., 2020). Istraživanja su pokazala, kako trening ponavljanih sprintova može predstavljati

učinkovitu metodu za unaprjeđenje sposobnosti ponavljanja sprintova (Bishop i sur., 2011). Prema Glaister-u (2005), trening ponavljanih sprintova definiran je na kratkim dionicama, te je vrijeme trajanja odmora manje od 60 sekundi. S obzirom na primjenu takve metode, najviše istraživanja je provedeno u području nogometa. U prvim istraživanjima Bucheit-a i sur. (2009), trening ponavljanih sprintova u trajanju od 10 tjedana je značajno utjecao na poboljšanje od 3.5% u najboljem sprintu u testu ponavljanih sprintova. Istraživanja su generalno pokazala, kako se poboljšanje u najboljem sprintu u testu ponavljanih sprintova nalazi u rasponu od 1.3% do 5.5% (Bucheit i sur., 2010a; Serpiello i sur., 2011; Attene i sur., 2014; Soares-Caldeira i sur., 2014). U ovom istraživanju, poboljšanje rezultata od 2.0% dogodilo se u prosječnim vrijednostima ponavljanih sprintova, od 3.2% u maksimalnim vrijednostima ponavljanih sprintova i od 4.6% u minimalnim vrijednostima ponavljanih sprintova kod eksperimentalne grupe, dok je kod kontrolne grupe zabilježena stagnacija ili pad sposobnosti ponavljanih sprintova. Veća povećanja, odnosno poboljšanja vrijednosti u prosječnim i maksimalnim sprintovima očituju se kroz veći volumen treninga tijekom intervencijske faze, gdje se pokazalo kako ukupni volumen treninga (broj sprintova tijekom jednog treninga, broj dana provođenja treninga u tjednu i broj tjedana) ima statistički bolji utjecaj na testove sprinterskih sposobnosti (Krakan i sur., 2020). Uz Bucheit-a i sur. (2009), Mohr i sur. (2007) su pokazali značajno povećanje maksimalnog i prosječnih vrijednosti sprinta koristeći trening ponavljanih sprintova u trajanju od 3-5x tjedno kroz 8 tjedana i ukupno 30 treninga. Veće postotke poboljšanja dobili su Serpiello i sur. (2011) u svom istraživanju, gdje se su se maksimalne i prosječne vrijednosti sprinta poboljšale za 5.5% i 8.8%, također kroz primjenu treninga ponavljanih sprintova 3x tjedno kroz 10 tjedana. Neka istraživanja su pokazala, da se i uz manje trenažno opterećenje (Attene i sur., 2014) mogu ostvariti statistički značajna poboljšanja ponavljanih sprintova. S druge strane, postoje istraživanja koja su utvrdila stagnaciju (Bucheit i sur., 2008; Ferrari Bravo i sur., 2008; Nascimento i sur., 2015; Krakan i sur., 2020; Suarez-Arrones i sur., 2014) testa ponavljanih sprintova. Kako je navedeno, volumen opterećenja koji se primjenjuje u intervencijskom ciklusu, te sama motivacija pojedinca značajno utječu na poboljšanje parametara u prostoru sprinta. Nedavno istraživanje Krakana i sur. (2020) je također pokazalo, kako ne postoje statistički značajne vremenske promjene u prosječnim i maksimalnim vrijednostima ponavljanih sprintova, što je posljedica same pripremljenosti ispitanika.

Uz dobivene statističke značajne promjene u vremenima ponavljanih sprintova, koji se u većini slučajeva slažu s prijašnjim istraživanjima (Bucheit i sur., 2010a; Serpiello i sur., 2011; Attene i sur., 2014; Soares-Caldeira i sur., 2014; Bucheit i sur., 2009), ovo istraživanje je također pokazalo značajne pomake u postotku (%) opadanja vrijednosti sprintova, što se primarno odnosi na neuromišićni stres kod sportaša kao svojevrsan odgovor na vanjska opterećenja prilikom treninga ponavljanih sprintova (Oliver, 2009). U ovom istraživanju, % opadanja vrijednosti sprintova u eksperimentalnoj grupi je iznosio 11.6%, što se slaže s rezultatima prijašnjih istraživanja (Bucheit i sur., 2008; Mohr i sur., 2007;). S druge strane, istraživanja Bucheit-a i sur. (2010) i Attene i sur. (2014) su pokazala značajno veći % opadanja sprintova u iznosu od 35% i 29%, što se očituje kroz veći broj realiziranih sprintova tijekom intervencijsko procesa. Slični % opadanja dobiveni su i u drugim istraživanjima (Attene i sur., 2015; Suarez-Arrones i sur., 2014; Nascimento i sur., 2015; Soares-Calderia i sur., 2014). S druge strane, istraživanje Bucheit-a i sur. (2008) je pokazalo statistički neznačajne promjene u % opadanja sprintova tijekom 20 treninga, dok su slične vrijednosti dobivene u istraživanju Ferrari-ja Brava i sur. (2008), Fernandez-Fernandez i sur. (2012), te Galvina i sur. (2013). Jedan od problema % opadanja ponavljanih sprintova leži u njenoj slabo pouzdanosti (Oliver, 2009), te u većini istraživanja test ponavljanih sprintova nije standardiziran, te se rezultati u pojedinim istraživanjima ne mogu sigurno uspoređivati (Bok, 2014). Nešto manje vrijednosti u % opadanja ponavljanih sprintova u ovom istraživanju može se objasniti dobrim statusom treniranosti pojedinaca, te podražaji koji su se primjenjivali u sustavu treninga (3x tjedno x 6 tjedana = 18 treninga), iako značajni, nisu bili dostatni za još veće učinke na test ponavljanih sprintova.

S obzirom na prijašnja istraživanja (Oliver, 2009; Fernandez-Fernandez i sur., 2012; Attene i sur., 2015; Suarez-Arrones i sur., 2014; Nascimento i sur., 2015; Soares-Calderia i sur., 2014), saznanja ovog istraživanja potvrđuju značajna poboljšanja u pravocrtnim sprintovima kod eksperimentalne grupe nakon 6-tjednog intervencijskog programa, te manje vrijednosti opadanja sprintova (%) u testu ponavljanja sprintova, s obzirom na kontrolnu grupu. Uz aplikaciju 6-tjednog intervencijskog programa za razvoj sprinterskih sposobnosti, ovo istraživanje je jedno od malobrojnih, koje je uspjelo pokazati bolje vrijednosti pravocrtnih sprintova u eksperimentalnoj grupi, te tako implementirani program u već homogenim grupama na visokoj razini utreniranosti može imati pozitivne učinke na mišićno-živčanu prilagodbu pravocrtnih sprintova u nogometaša.

Učinci treninga ponavljanih sprintova na fiziološke sposobnosti

Rezultati ovog istraživanja su pokazali, kako ne postoje značajna interakcija grupe i vremena u promjeni maksimalnog primitka kisika, već su obje grupe ispitanika ostvarile slične pomake. Ova saznanja parcijalno se podudaraju s prijašnjim istraživanjima, koja su utvrdila statistički neznčajne promjene u maksimalnom primitku kisika (Serpiello i sur., 2011). Specifično, istraživanje Serpiella i sur. (2011) koje je uključivalo samo 10 treninga 3x tjedno je pokazalo, kako se maksimalni primitak kisika kod grupe, koja je kao dodatan trening izvodila ponavljajuće sprinteve, povećao za 2%, s time da povećanje nije bilo statistički značajno. Oprečno ovim saznanjima, neka prijašnja istraživanja su pokazala statistički značajna poboljšanja maksimalnog primitka kisika (Ferrari Bravo i sur., 2008; Fernandez-Fernandez i sur., 2012). U istraživanju Ferrari-ja Brava i sur. (2008), rezultati su pokazali kako se uz ukupno realiziranih 14 treninga (2 treninga tjedno u 7 tjedana) vrijednost maksimalnog primitka kisika povećala za 5.8%, dok se u istraživanju Fernandez-Fernandez-a i sur. (2012) povećala za 6%.

U ovom istraživanju, postotak povećanja maksimalnog primitka kisika za eksperimentalnu grupu je iznosio 17.6%, sa sličnim pomacima u kontrolnoj grupi (16.5%), te se ANOVOM za ponovljena mjerenja nisu mogle dokazati statistički značajne interakcije između vremena i grupe. Treba napomenuti, kako su karakteristike ponavljajućih sprintova u ovom istraživanju bile pravocrtne, dok se u prijašnjim istraživanjima radilo u ponavljajućim povratnim sprintovima s okretom za 180°, koji zahtijevaju veći fiziološki napor (Bok, 2014). Stoga, implementacija ponavljajućih sprintova koji uključuju brzu promjenu smjera kretanja mogu više utjecati na razvoj aerobnih sposobnosti. S fiziološke strane, istraživanja su pokazala, kako ponavljajući povratni sprintovi zahtijevaju veće fiziološko opterećenje i napor za njihovu izvedbu, posebno zbog konstantnih ubrzavanja (akceleracija) i usporavanja (deceleracija) (Kyles i sur., 2023;). Iako su se promjene u maksimalnom primitku kisika dogodile kod obje grupe ispitanika u ovom istraživanju, veća ili manja poboljšanja mogu se kontrolirati brojem i karakteristikama (pravocrtni ili povratni) sprintova tijekom treninga, dužinom dionice i intervalima odmora između sprintova, te aktivacijom dodatne muskulature prilikom izvođenja sprinta u fazama ubrzanja i usporavanja, što uveliko doprinosi promjeni u funkcionalnom kapacitetu i većim srčano-žilnim naporima zbog

smanjenog vremena oporavka (Bok, 2014; Fernandez-Fernandez-a i sur., 2012). Iako se u određenim istraživanjima maksimalni primitak kisika nije mjerio direktno, nego putem Yo-Yo Intermittent Recovery testa, rezultati Mohr-a i sur. (2007) i Serpiell-a i sur. (2011) su pokazali značajno poboljšanje za 9.9% i 8% nakon 8 tjedana treninga ponavljanih sprintova. Iako nije došlo do značajnih razlika između grupa, trening ponavljanih sprintova u relativno kratkom vremenu od 6 tjedana je značajno utjecao na poboljšanje vrijednosti u obje grupe. Krakan i sur. (2020) su zaključili, kako trening ponavljanih sprintova može imati značajne pozitivne utjecaje na živčano-mišićni sustav, te adekvatno korištenje energije prilikom trčanja. To su potvrdili istraživanja Markovića i Mikulića (2010), koji su uz varijable aerobne sposobnosti, kao što su maksimalni primitak kisika, krajnja brzina na pokretnom sagu, te laktatni prag uzeli u obzir ekonomičnost trčanja. Ekonomičnost trčanja predstavlja dobar parametar, kada se testiraju homogene grupe sportaša sa sličnim aerobnim vrijednostima. Tome govori u prilog poboljšanje snage i ekonomičnosti trčanja u rasponu od 3% do 6% u nekim istraživanjima, te smanjenje kontakta s podlogom i krutosti tetiva (Paavolainen i sur., 1999; Villareal i sur., 2015). U istraživanju Krakana i sur. (2020), autori su također dobili statistički neznčajne promjene od samo 1% nakon 6 tjedana treninga na maksimalni primitak kisika. Kako je prije navedeno, značajna korelacija postoji između volumena treninga i samog ishoda, te je moguće da trening ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana tijekom natjecateljskog razdoblja nije dovoljno dobar stimulus za dobivanje značajnih razlika u interakciji između vremena i grupe u varijabli maksimalnog primitka kisika.

Uz značajna poboljšanja u vrijednostima pravocrtnih sprintova, značajno poboljšanje maksimalnog primitka kisika se dogodio kod obje grupe ispitanika; međutim učinci između grupa se nisu značajno razlikovali, te nije došlo do značajne interakcije grupe i vremena. U prijevodu, 6-tjedni intervencijski program pravocrtnih ponavljanih sprintova nije dodatno poboljšao vrijednosti maksimalnog primitka kisika, s obzirom na kontrolnu grupu, koja je provodila uobičajeni program treninga. Kako je prije navedeno, zbog relativno malog homogenog uzorka i visoke razine utreniranosti nogometaša prije samog istraživanja, te relativno kratkog vremenskog razdoblja trajanja intervencije, trening ponavljanih pravocrtnih sprintova, iako nije doveo do većih učinaka maksimalnog primitka kisika kod eksperimentalne grupe, vrijednosti obje grupe su se poboljšale s obzirom na početno stanje, te se kao takav može implementirati u sustav treninga, radi poboljšanja funkcionalnih sposobnosti.

Učinci treninga ponavljanih sprintova na motoričke sposobnosti

Uz test ponavljanih sprintova i maksimalnog primitka kisika, u ovom istraživanju su se mjerili testovi za procjenu motoričkih sposobnosti eksplozivne snage skoka s pripremom, sprint na 25 m, te test agilnosti 20 m. Rezultati su pokazali, kako ne postoje značajne grupne i vremenske razlike, te značajni glavni učinci u interakciji vremena i grupe u tim varijablama, osim kod sprinta na 25 m, gdje su uočene statistički značajne vremenske promjene u obje grupe. Naime, i kod eksperimentalne i kontrolne grupe, vrijeme potrebno za izvršenje zadatka sprinta na 25 m se statistički značajno smanjilo. Rezultati ovog istraživanja kod testa eksplozivne snage donjih ekstremiteta u suštini su isti ili slični rezultatima prijašnjih istraživanja, koji su utvrdili stagnaciju, odnosno promjenu koja nije bila na razini statističke značajnosti (Ferrari Bravo i sur., 2008; Fernandez-Fernandez i sur., 2012; Nascimento i sur., 2015; Krakan i sur., 2020), dok su neka istraživanja pokazala pad same sposobnosti na kraju testiranja (Soares-Calderia i sur., 2014). Detaljnije, Ferrari-Bravo i sur. (2008), Fernandez-Fernandez i sur. (2012) i Nascimento i sur. (2015) su pokazali, kako se vrijednosti skoka s prethodnom pripremom statistički značajno ne razlikuju na početku i na kraju istraživanja, te to pripisuju relativno malom volumenu opterećenja treninga ponavljanih sprintova (14, 18 i 8 treninga), što nije dostatno za polučiti bolje rezultate. S druge strane, Soares-Calderia i sur. (2014) su pokazali pad sposobnosti za 2.1% koristeći dodatni trening ponavljanih sprintova u pripremnom razdoblju 3x tjedno. Uz stagnaciju i pad eksplozivne snage tipa skočnosti, također postoje istraživanja, koja su pokazala unaprjeđenje vrijednosti vertikalnog skoka (Bucheit i sur., 2008; Bucheit i sur., 2009; Bucheit i sur., 2010; Attene i sur., 2015). Generalno je pokazano, kako je u navedenim istraživanjima broj realiziranih sprintova u sklopu treninga bio između 168 i 184, uz provođenje intervencije u trajanju od 4 tjedna do 10 tjedana kroz 1 do 2 treninga na tjednoj razini. Bitno je za naglasiti, kako su se u istraživanjima, koji su dobili povećanja ili značajna poboljšanja vertikalnog skoka kao procjene eksplozivne snage tipa skočnosti, sprintovi izvodili kao povratni, a ne pravocrtni. Povratni sprintovi omogućavaju brzu promjenu dinamike kretanja iz akceleracije, odnosno ubrzanja u deceleraciju, odnosno usporavanja i promjenom smjera kretanja, koja se pokazala učinkovita u ostvarivanju boljih rezultata.

Uz eksplozivnu snagu tipa skoka, rezultati ovog istraživanja su pokazali značajne vremenske razlike u sprintu na 25 m, dok razlika između grupa i njihovih interakcija nije bilo. Bucheit i sur.

(2010a) su dobili statistički značajna poboljšanja rezultata na testu sprinta 30 m za 2.1%, dok su nešto veća poboljšanja zamijećena u istraživanjima Mohr-a i sur. (2007; 5.8%), Bucheita i sur. (2010b; 4.6%), te slabija poboljšanja u istraživanju Galvin-a i sur. (2013; 1%). Također je uz poboljšanje zamijećena i neznajna promjena u testovima brzine na 10 i 20 metara nakon provedbe treninga ponavljanih sprintova (Ferrari Bravo i sur., 2008; Fernandez-Fernandez i sur., 2012; Buchheit i sur., 2008; Krakan i sur., 2020). Kako je napomenuto u prijašnjim konstatacijama, ishod brzine mjerene testovima na 10 i 20 metara ovisi o načinu izvođenja treninga i dužini dionica ponavljanih sprintova (Krakan i sur., 2020). Naime, Krakan i sur. (2020) su u svom istraživanju dobili neznajna pozitivna poboljšanja od 0.27% na početku, te u vrijednostima od 0.89%, 1.07% i 1.35%. Iako se trening ponavljanih sprintova provodio u razdoblju od 6 tjedana u kojem nisu dobivene značajne razlike između grupa, značajna poboljšanja rezultata sprinta na 25 m može se objasniti kroz nekoliko mehanizama promjena karakteristika mišićno-koštanog sustava, odnosno promjene u tonusu fleksora stopala, te povećanje aktivnosti agonista, s obzirom na antagoniste i sinergiste, te povećanju koordinacije između mišića, veličine i kvaliteti mišića i promjene arhitekture između i unutar pojedinačnih mišićnih vlakana (Marković i Mikulić, 2010; Krakan i sur., 2020). Rezultate ovog istraživanja mogu se potvrditi saznanjima meta analize Taylora i sur. (2015), koji su otkrili male do umjerene učinke treninga ponavljanih sprintova na sprinterske sposobnosti.

Ovo istraživanje je također pokazalo statistički neznajne promjene u testu agilnosti na 20 m nakon treninga ponavljanih sprintova (0.0% za ekperimentalnu i 1.0% za kontrolnu grupu), što se slaže s prijašnjim istraživanjima Hammami-ja i sur. (2016) i Krakana i sur. (2020), koji ne bilježe poboljšanje rezultata u testovima agilnosti. Autori naglašavaju, kako su se neznajne promjene dogodile zbog kratkog vremena provedbe trenažnog programa (6 i 8 tjedana), te određenoj uzrasnoj kategoriji (15 godina i 19 godina), te nedovoljnom intenzitetu (jačini/naporu) i ekstenzitetu (trajanju) trenažnog procesa. Prema Markoviću i Mikuliću (2010), sposobnost agilnosti više ovisi o motoričkoj kontroli, s obzirom na maksimalnu jakost ili snagu, koja se odnosi na maksimalno opterećenje izvršeno kroz duže vremensko razdoblje što indirektno utječe na neznajne promjene u agilnosti.

Uz aplikaciju 6-tjednog intervencijskog programa za povećanje sposobnosti pravocrtnih sprintova, ovo istraživanje je pokazalo značajna poboljšanja vrijednosti sprinta na 25 m, te su isti učinci zabilježeni kod ekperimentalne i kontrolne grupe ispitanika.

Učinci treninga ponavljanih sprintova na trenažno opterećenje i simptome stresa

Na kraju, rezultati istraživanja su pokazali neznačajne interakcije vremena i grupe u varijabilnosti srčane frekvencije, intenzitetu treninga i cjelokupnom općem stanju. Neovisno o tome, statistički značajne razlike su dobivene u vremenskoj komponenti kod intenziteta treninga. U prijevodu, intenzitet treninga je subjektivno bio niži kod eksperimentalne i kontrolne grupe nakon 6 tjedana, te se nije statistički značajno razlikovao. Istraživanja su pokazala, kako trening sprintova može pozitivno djelovati na regulaciju autonomnog živčanog sustava (Nakamura i sur., 2009). Razmatranje varijabilnosti srčane frekvencije odgovora nakon treninga ponavljanih sprintova predstavlja posebnu važnost, jer je varijabilnost srčane frekvencije nakon vježbanja povezana s anaerobnim kapacitetom (Bucheit i sur., 2007a) i metabolitima nakupljenima tijekom visoko-intenzivnog treninga (Bucheit i sur., 2007b), koja je najčešće posredovana vagalnim putem u mirovanju. Naime, vagalni put prije treniga može biti dobar pokazatelj igrača na njegovu individualnu predispoziciju i nošenje sa specifičnim fizičkim i tehničkim zahtjevima, te se na taj način poboljšava izvedba (Kiviniemi i sur., 2007; Abad i sur., 2019). Uz to, čini se da bi HRV mogao biti koristan alat za praćenje statusa oporavka sportaša, budući da to ukazuje na njihovu spremnost za daljnje podražaje treninga. Uz pobuđenje simpatičkog živčanog sustava tijekom treninga, trening ponavljanih sprintova izaziva smanjenje reaktivacije parasimpatičkog sustava nakon treninga (Bucheit i sur., 2007a, Bucheit i sur., 2007b). S fiziološke strane trenažnog opterećenja, veći intenzitet treninga (visoko-intenzivnog treninga) može dovesti do sporije akutne reaktivacije parasimpatikusa (Kaikkonen i sur., 2008; Stanley i sur., 2013). Smanjena aktivnost parasimpatičkog sustava može se objasniti fiziološkim promjenama, koje se događaju za vrijeme treninga, u smislu povećanja koncentracije laktata/metabolita, koji za bolje i brže uklanjanje iz tijela i održavanje homeostaze moraju biti pod utjecajem aktivnosti simpatičkog dijela autonomnog živčanog sustava, koje mora biti produženo nakon treninga (Abud i sur., 2019; Bucheit i sur., 2007a; Bucheit i sur., 2007b; Nakamura i sur., 2009; Bucheit i sur., 2008). Iako se u ovom istraživanju varijabilnost frekvencije srca nije značajno promijenila, pokazala su se varijabilna smanjenja u eksperimentalnoj grupi (-4.5%), dok se u kontrolnoj grupi varijabilnost povećala (4.5%), s obzirom na početno stanje. Budući da je intervencijski program bio visoko-intenzivnog karaktera s relativno velikim brojem sprintova tijekom treninga, niža varijabilnost

srčane frekvencije se može objasniti i boljim vrijednostima maksimalnog primitka kisika, koje povećava učinkovitost izmjene plinova i dotoka krvi na periferiji mišićno-koštanog sustava (Kenney i sur., 2012). U najnovijoj meta-analizi Thurlow i sur. (2023) su predložili, kako za učinkovite učinke treninga ponavljanih sprintova na fiziološke, živčano-mišićne, subjektivne i izvedbene komponente, dužina sprinta mora biti veća od 30 m, te vrijeme odmora između dionica mora biti jednako ili kraće od 20 s, dok za otklanjanje umora i povećanje sprinterske izvedbe, preporučuju se dionice od 15 do 20 m s vremenom odmora između dionica jednako ili veće od 30 s. Bolja tolerancija na umor kod obje grupe može se objasniti karakteristikama treninga ponavljanih sprintova, koji imaju tzv. prepokrivajuću ulogu u izazivanju pozitivnih promjena tijekom homeostaze, što se u prijašnjim istraživanjima moglo vidjeti na vrijednostima puferacije, odnosno koncentracije laktata, koji su povezani s ubrzanim procesom oporavka (Nascimento i sur., 2014). Slične vrijednosti dobivene su u istraživanju Bucheita i sur. (2010), čiji su rezultati pokazali kako je opterećenje mjereno kroz subjektivni osjećaj manji u završnom, s obzirom na početno mjerenje, te su slične vrijednosti zabilježene kod obje grupe ispitanika. Autori nisu zabilježili značajne razlike između grupa i ta je promjena (14.5% vs 17.4%) bila slična, te se može zaključiti veća tolerancija na umor nakon trenažnoga procesa kod eksperimentalne i kontrolne grupe (Krakan i sur., 2020). U istraživanju Soares-Calderia i sur. (2014) rađenom u predsezonskom dijelu, tjedni simptomi stresa bili su slični za eksperimentalnu i kontrolnu grupu, gdje dodatni trening ponavljajućih sprintova nije značajno dao doprinos većem stresu i trenažnom opterećenju, što je potvrdilo i istraživanje Milaneza i sur. (2011). Nadalje, prilagodba na trening direktno utječe na smanjenje umora mišića, te bol i stres (Issurin, 2009). S druge strane, metoda pravocrtnih sprintova može biti dovoljna za prepoznavanje razine opterećenja (Foster i sur., 2001b; Impellizzeri i sur., 2005; Manzi i sur., 2010). Slično istraživanju Soares-Calderia i sur. (2014), Rey i sur. (2019) su utvrdili kako ne postoji značajna interakcija vremena i grupe u parametrima subjektivnog osjećaja trenažnog opterećenja provedenog kroz šest tjedana, te uvođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova ne doprinosi većem subjektivnom osjećaju trenažnog opterećenja (Charron i sur., 2020).

Percepcija trenažnog opterećenja je pokazala značajne vremenske promjene unutar 6-tjednog intervencijskog treninga, te se učinci nisu značajno razlikovali između grupa. Uz već visoku razinu treniranosti, moguće je kako 6-tjedni sustav treninga nije značajno utjecao na stanje umora i pretreniranosti kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu.

Ograničenja istraživanja

Ovo istraživanje ima nekoliko ograničenja. Prvo, relativno mali uzorak ispitanika slučajno raspoređen u dvije grupe je mogao dovesti do drugačijih veličina učinaka same intervencije. Međutim, prijašnja meta-analiza je pokazala veoma sličan broj slučajno izabranih ispitanika u istraživanjima uključenim u analize (Taylor i sur., 2015). Drugo, mnoge ponovljene intervencije treninga sprinta provode se 'u sezoni', istraživanja koja istražuju učinke ponovljenih sprintova na izvedbu u sportu koriste se kao 'dodatak' normalnom treningu, što može dovesti do prepokrivajućih učinaka. Stoga je bitno istražiti individualne učinke treninga ponavljanih sprintova na izvedbu u sportu u raznim fazama (pripremna, natjecateljska i prijelazna), kako bi se utvrdila najbolja vremenska razdoblja za provedbu intervencija treninga ponavljanih sprintova (Bucheit, 2012; Atkinson i Nevill, 2001). Treće, u ovom istraživanju su se koristile metode pravocrtnih sprintova, koje s fiziološke strane ne mogu doprinijeti maksimalnoj adaptaciji na umor i poboljšanju kondicijskih sposobnosti, s obzirom na povratnu vrstu sprintova. Prijašnja istraživanja su pokazala, kako povratni sprintovi imaju veću učinkovitost, zbog toga što predstavljaju za organizam veće fiziološko opterećenje ubrzanja i usporavanja, s obzirom na pravocrtnu sprintove (Buchheit i sur., 2010). Četvrto, pretpostavlja se kako se promijene u većini kondicijskih sposobnosti nisu dogodile zbog premalog volumena, odnosno opterećenja treninga ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana (2x tjedno, 12 treninga). Stoga bi buduća istraživanja trebala ispitati učinke ponavljanih sprintova na cijeli psiho-fizički status pojedinca tijekom dužeg vremenskog razdoblja, koristeći samo trening ponavljanih sprintova kao sredstvo intervencije na većem uzorku ispitanika.

Praktična primjena rezultata

Rezultati ovog istraživanja su pokazali, kako provođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova značajno doprinosi boljim prosječnim, minimalnim i maksimalnim vrijednostima testova ponavljanih sprintova, te manjem opadanju vrijednosti sprintova prikazanom kroz % opadanja kod eksperimentalne, s obzirom na kontrolnu grupu, koja je provodila standardni nogometni trening. Također su dobivena značajna povećanja maksimalnog primitka kisika, te poboljšanja u sprintu na 25 m u eksperimentalnoj i kontrolnoj grupi, gdje nije došlo do statistički značajnih razlika između grupa kroz vremensko razdoblje od šest tjedana. S obzirom na dobivena saznanja, može se utvrditi kako se dodatnim treningom ponavljanih sprintova može pozitivno i blagotvorno utjecati na sprinterske sposobnosti, te indirektno na funkcionalne aerobne sposobnosti. Dobiveni rezultati ukazuju trenerima na uključenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova kod nogometaša, kojima je trening za poboljšanje sprinterske izvedbe potreban, bez dodatnog povećanja simptoma stresa ili subjektivnog trenažnog opterećenja. Kroz provođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova 2 x tjedno kroz šest tjedana, nogometaši u natjecateljskoj sezoni imaju mogućnost povećanja motoričke sposobnosti tipa sprinta i aerobne funkcionalne sposobnosti, koje predstavljaju značajne komponente nogometne igre.

ZAKLJUČAK

Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi da li uključenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova tijekom sezone natjecanja ima određene pozitivne učinke na pokazatelje antropometrijskih karakteristika, te motoričkih i funkcionalnih sposobnosti, bez promjena ukupnog trenažnog opterećenja, te psihološkog i fiziološkog stresa u nogometaša.

Ovo istraživanje je pokazalo statistički značajne promjene u nekim parametrima kondicijske pripremljenosti, pogotovo u testu ponavljanih sprintova (prosječnih, minimalnih i maksimalnih vrijednosti), te % opadanja vrijednosti sprintova u korist eksperimentalne, nasuprot kontrolne grupe. Također, dobivene su statistički značajne vremenske razlike u sprintu na 25 m, koje su bile slične kod eksperimentalne i kontrolne grupe, tako da značajni glavni učinci interakcije vremena i grupe nisu dobiveni. Što se tiče aerobnih sposobnosti, dobivene su statistički značajne vremenske razlike u maksimalnom primitku kisika, međutim, slično kao i kod maksimalnog sprinta na 25 m, eksperimentalna grupa nije značajnije poboljšala rezultate, s obzirom na kontrolnu grupu. Kod drugih varijabli u motoričkom prostoru nije došlo do statistički značajnih promjena. Na temelju dobivenih rezultata i prve postavljene hipoteze: 'H1: Uvođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova u periodu od šest tjedana, realiziran tijekom natjecateljske sezone, izazvat će statistički značajan pozitivan učinak na pokazatelje kondicijske pripremljenosti u nogometaša.', može se zaključiti kako se hipotezu može samo **PARCIJALNO** prihvatiti.

Rezultati ovog istraživanja su također pokazali statistički neznačajne promjene u ukupnom trenažnom opterećenju. Naime, nisu dobiveni značajni glavni učinci interakcije grupe i vremena u ukupnom trenažnom opterećenju, osim u vremenskom parametru, gdje se pokazalo statistički

značajno smanjenje trenažnog opterećenja tijekom 6 tjedana. Stoga ne možemo tvrditi, kako intervencija treninga ponavljanih sprintova značajno utječe na ukupno trenažno opterećenje u eksperimentalnoj grupi. S obzirom na drugu postavljenu hipotezu: 'H2: Uvođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova u periodu od šest tjedana, realiziran tijekom natjecateljske sezone, neće izazvat statistički značajno povećanje ukupnog trenažnog opterećenja u nogometaša.', može se zaključiti kako se hipotezu može **PRIHVATITI**.

Na kraju, s obzirom na hipotezu: 'H3: Uvođenje dodatnog treninga ponavljanih sprintova u periodu od šest tjedana, realiziran tijekom natjecateljske sezone, neće izazvat statistički značajno povećanje simptoma stresa u nogometaša.' i rezultate ovog istraživanja, koje je pokazalo statistički neznačajne promjene u povećanju simptoma stresa, može se zaključiti kako se hipotezu može **PRIHVATITI**.

Iz navedenih rezultata, može se zaključiti kako program treninga ponavljanih sprintova u trajanju od 6 tjedana u natjecateljskom razdoblju kod nogometaša može značajno poboljšati test ponavljanih pravocrtnih sprintova (minimalne, prosječne i maksimalne vrijednosti) kod eksperimentalne grupe, dok su moguća poboljšanja u aerobnim sposobnostima i sprintu na 25 m kod obje grupe nogometaša, neovisno o primjeni intervencije.

REFERENCE

1. Abad, C. C. C., Pereira, L. A., Zanetti, V., Kobal, R., Loturco, I., & Nakamura, F. Y. (2019). Short-Term Cardiac Autonomic Recovery after a Repeated Sprint Test in Young Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(5), 102. <https://doi.org/10.3390/sports7050102>
2. Achten, J. & Jeukendrup, A.E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine*, 33(7), 517–538. doi: 10.2165/00007256-200333070-00004
3. Atkinson, G., & Nevill, A. M. (2001). Selected issues in the design and analysis of sport performance research. *Journal of sports sciences*, 19(10), 811–827. <https://doi.org/10.1080/026404101317015447>
4. Attene, G., Laffaye, G., Chaouachi, A., Pizzolato, F., Migliaccio, G. M., & Padulo, J. (2015). Repeated sprint ability in young basketball players: one vs. two changes of direction (Part 2). *Journal of sports sciences*, 33(15), 1553–1563. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996182>
5. Attene, G., Pizzolato, F., Calcagno, G., Ibba, G., Pinna, M., Salernitano, G., & Padulo, J. (2014). Sprint vs. intermittent training in young female basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(2), 154–161.
6. Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(12), 889–919. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003>
7. Baumert, M., Brechtel, L., Lock, J., & Voss, A. (2006). Changes in heart rate variability of athletes during a training camp. *Biomedizinische Technik. Biomedical engineering*, 51(4), 201–204. <https://doi.org/10.1515/BMT.2006.037>
8. Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1461–1486. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0484-2>

9. Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(9), 741–756. <https://doi.org/10.2165/11590560-000000000-00000>
10. Bok, D. (2014). Učinci dva trenažna protokola ponavljanih sprintova na pokazatelje kondicijske pripremljenosti (doktorska disertacija). Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
11. Bosquet, L., Merkari, S., Arvisais, D., & Aubert, A. E. (2008). Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *British journal of sports medicine*, 42(9), 709–714. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.042200>
12. Brockmann, L., & Hunt, K. J. (2023). Heart rate variability changes with respect to time and exercise intensity during heart-rate-controlled steady-state treadmill running. *Scientific reports*, 13(1), 8515. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35717-0>
13. Borges, J. H., Conceição, M. S., Vechin, F. C., Pascoal, E. H. F., Silva, R. P., & Borin, J. P. (2016). The effects of resisted sprint vs. plyometric training on sprint performance and repeated sprint ability during the final weeks of the youth soccer season. *Science & Sports*, 31(4), e101–e105. doi:10.1016/j.scispo.2015.10.004
14. Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 291(1), H451–H458. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00008.2006>
15. Buchheit M. (2012). Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance?. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(2), 169–173. <https://doi.org/10.2165/11598230-000000000-00000>
16. Buchheit, M., Bishop, D., Haydar, B., Nakamura, F.Y. & Ahmaidi, S. (2010a). Physiological responses to shuttle repeated-sprint running. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 402-409.
17. Buchheit, M., Cormie, P., Abbiss, C. R., Ahmaidi, S., Nosaka, K. K., & Laursen, P. B. (2009). Muscle deoxygenation during repeated sprint running: Effect of active vs. passive recovery. *International journal of sports medicine*, 30(6), 418–425. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1105933>

18. Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M. & Ahmaidi, S. (2010b). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
19. Buchheit, M., Millet, G. P., Parisy, A., Pourchez, S., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(2), 362–371. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815aa2ee>
20. Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European journal of applied physiology*, 112(2), 711–723. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2014-0>
21. Buchheit, M., Voss, S. C., Nybo, L., Mohr, M., & Racinais, S. (2011). Physiological and performance adaptations to an in-season soccer camp in the heat: associations with heart rate and heart rate variability. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(6), e477–e485. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01378.x>
22. Buchheit, M., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007a). Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 293(1), H133–H141. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00062.2007>
23. Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007b). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability?. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 293(1), H8–H10. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00335.2007>
24. Budgett, R. (1998). Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *British Journal of Sports Medicine*, 32(2), 107–110. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1756078/>
25. Charron, J., Garcia, J. E. V., Roy, P., Ferland, P. M., & Comtois, A. S. (2020). Physiological Responses to Repeated Running Sprint Ability Tests: A Systematic Review. *International journal of exercise science*, 13(4), 1190–1205.

26. Chen, Y. S., Liao, C. J., Lu, W. A., & Kuo, C. D. (2015). Sympathetic enhancement in futsal players but not in football players after repeated sprint ability test. *BMJ open sport & exercise medicine*, 1(1), e000049. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000049>
27. Chtara, M., Rouissi, M., Haddad, M., Chtara, H., Chaalali, A., Owen, A., & Chamari, K. (2017). Specific physical trainability in elite young soccer players: efficiency over 6 weeks' in-season training. *Biology of sport*, 34(2), 137–148. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.64587>
28. Daanen, H. A., Lamberts, R. P., Kallen, V. L., Jin, A., & Van Meeteren, N. L. (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 7(3), 251–260. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.3.251>
29. Daussin, F. N., Ponsot, E., Dufour, S. P., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Geny, B., Piquard, F., & Richard, R. (2007). Improvement of VO₂max by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *European journal of applied physiology*, 101(3), 377–383. <https://doi.org>
30. Daussin, F. N., Zoll, J., Dufour, S. P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Mettauer, B., Piquard, F., Geny, B., & Richard, R. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 295(1), R264–R272. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00875.2007>
31. de Villarreal, E. S., Suarez-Arrones, L., Requena, B., Haff, G. G., & Ferrete, C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1894–1903. doi: 10.1519/JSC.0000000000000838.
32. Dias, R. M., Moraes, Í. A. P., Dantas, M. T. A. P., Fernani, D. C. G. L., Fontes, A. M. G. G., Silveira, A. C., Barnabé, V., Fernandes, M., Martinelli, P. M., Monteiro, C. B. M., Garner, D. M., Abreu, L. C., & Silva, T. D. (2021). Influence of Chronic Exposure to Exercise on Heart Rate Variability in Children and Adolescents Affected by Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(21), 11065. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111065>

33. Eniseler, N., Şahan, Ç., Özcan, I., & Dinler, K. (2017). High-Intensity Small-Sided Games versus Repeated Sprint Training in Junior Soccer Players. *Journal of human kinetics*, 60, 101–111. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0104>
34. Fernandez-Fernandez, J., Zimek, R., Wiewelhove, T., & Ferrauti, A. (2012). High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. *Journal of strength and conditioning research*, 26(1), 53–62. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b4ff>
35. Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D. & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 668-674.
36. Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of strength and conditioning research*, 15(1), 109–115.
37. Galvin, H. M., Cooke, K., Sumners, D. P., Mileva, K. N., & Bowtell, J. L. (2013). Repeated sprint training in normobaric hypoxia. *British journal of sports medicine*, 47 Suppl 1(Suppl 1), i74–i79. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092826>
38. Goods, P. S., Dawson, B., Landers, G. J., Gore, C. J., & Peeling, P. (2015). No Additional Benefit of Repeat-Sprint Training in Hypoxia than in Normoxia on Sea-Level Repeat-Sprint Ability. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 681–688.
39. Grässler, B., Thielmann, B., Böckelmann, I., & Hökelmann, A. (2021). Effects of Different Training Interventions on Heart Rate Variability and Cardiovascular Health and Risk Factors in Young and Middle-Aged Adults: A Systematic Review. *Frontiers in physiology*, 12, 657274. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.657274>
40. Hautala, A. J., Mäkikallio, T. H., Kiviniemi, A., Laukkanen, R. T., Nissilä, S., Huikuri, H. V., & Tulppo, M. P. (2003). Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 285(4), H1747–H1752. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00202.2003>
41. Hedelin, R., Bjerle, P., & Henriksson-Larsén, K. (2001). Heart rate variability in athletes: relationship with central and peripheral performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(8), 1394–1398. <https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00023>

42. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(11), 1925–1931. <https://doi.org/10.1097/00005768-200111000-00019>
43. Hopovac, A., & Klarić, Z. (2017). The influence of training on autonomic nervous system cardiac modulation. *Proceedings of the 11th International Conference of Kinanthropology*.
44. Hunt, K. J., & Saengsuwan, J. (2018). Changes in heart rate variability with respect to exercise intensity and time during treadmill running. *Biomedical engineering online*, 17(1), 128. <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0561-x>
45. Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N., & Rusko, H. (2006). Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(2), 313–317. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000184631.27641.b5>
46. Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N., & Rusko, H. (2008). Cardiac autonomic responses to standing up and cognitive task in overtrained athletes. *International journal of sports medicine*, 29(7), 552–558. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989286>
47. Iaia, F. M., Fiorenza, M., Larghi, L., Alberti, G., Millet, G. P., & Girard, O. (2017). Short- or long-rest intervals during repeated-sprint training in soccer?. *PloS one*, 12(2), e0171462. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171462>
48. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *Journal of sports sciences*, 23(6), 583–592. <https://doi.org/10.1080/02640410400021278>
49. Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International journal of sports medicine*, 29(11), 899–905. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1038491>
50. Issurin V. B. (2009). Generalized training effects induced by athletic preparation. A review. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(4), 333–345.
51. Kaikkonen, P., Rusko, H., & Martinmäki, K. (2008). Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 18(4), 511–519. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00728.x>
52. Kellmann, M., Kallus, K.W. (2000). *The recovery-stress-questionnaire for athletes*. Frankfurt: Swets and Zeitlinger.

53. Kenney, W.L., Wilmore, J.H. & Costill, D.L. (2012). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
54. Kenttä, G., & Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 26(1), 1–16. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826010-00001>
55. Kingsley, J. D., & Figueroa, A. (2016). Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clinical physiology and functional imaging*, 36(3), 179–187. <https://doi.org/10.1111/cpf.12223>
56. Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European journal of applied physiology*, 101(6), 743–751. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2>
57. Krakan, I., Milanovic, L., & Belcic, I. (2020). Effects of Plyometric and Repeated Sprint Training on Physical Performance. *Sports*, 8(7), 91. <http://dx.doi.org/10.3390/sports8070091>
58. Kyles, A., Oliver, J. L., Cahill, M. J., Lloyd, R. S., & Pedley, J. (2023). Linear and Change of Direction Repeated Sprint Ability Tests: A Systematic Review. *Journal of strength and conditioning research*, 37(8), 1703–1717. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000004447>
59. Lakomy, J., & Haydon, D. T. (2004). The effects of enforced, rapid deceleration on performance in a multiple sprint test. *Journal of strength and conditioning research*, 18(3), 579–583. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<579:TEOERD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<579:TEOERD>2.0.CO;2)
60. Lee, C. M., Wood, R. H., & Welsch, M. A. (2003). Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(6), 961–969. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000069410.56710.DA>
61. Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., Vidal, P. P., & Hausswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(11), 2061–2071. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182980125>

62. Malpas S. C. (2002). Neural influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 282(1), H6–H20. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2002.282.1.H6>
63. Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *Journal of strength and conditioning research*, 24(5), 1399–1406. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d7552a>
64. Marek, M., Bigger, J.T., Camm, A.J., Kleiger, R.E., Malliani, A., Moss, A.J., & Schwartz, P.J. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17(3), 354–381.
65. Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(10), 859–895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
66. Mascarin, R. B., De Andrade, V. L., Barbieri, R. A., Loures, J. P., Kalva-Filho, C. A., & Papoti, M. (2018). Dynamics of Recovery of Physiological Parameters After a Small-Sided Game in Women Soccer Players. *Frontiers in physiology*, 9, 887. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00887>
67. Milanez, V. F., Pedro, R. E., Moreira, A., Boullosa, D. A., Salle-Neto, F., & Nakamura, F. Y. (2011). The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 358–366. <https://doi.org/10.1123/ijsp.6.3.358>
68. Mohr, M., Krstrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 292(4), R1594–R1602. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00251.2006>
69. Morgan, W. P., Brown, D. R., Raglin, J. S., O'Connor, P. J., & Ellickson, K. A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British journal of sports medicine*, 21(3), 107–114. <https://doi.org/10.1136/bjbm.21.3.107>

70. Nakamura, F. Y., Soares-Caldeira, L. F., Laursen, P. B., Polito, M. D., Leme, L. C., & Buchheit, M. (2009). Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. *International journal of sports medicine*, 30(11), 808–813. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1234055>
71. Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Esco, M. R., Flatt, A. A., Moraes, J. E., Cal Abad, C. C., & Loturco, I. (2017). Intraday and Interday Reliability of Ultra-Short-Term Heart Rate Variability in Rugby Union Players. *Journal of strength and conditioning research*, 31(2), 548–551. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001514>
72. Nascimento, P., De Lucas, R., Pupo, J., Arins, F., Castagna, C., Guglielmo, L. (2015). Effects of four weeks of repeated sprint training on physiological indices in futsal players. *Revista brasileira de cinantropometria e desempenho humano*, 17(1), 91-103. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n1p91>
73. Nedrehagen, E. S., & Saeterbakken, A. H. (2015). The Effects of in-Season Repeated Sprint Training Compared to Regular Soccer Training. *Journal of human kinetics*, 49, 237–244. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0126>
74. Niewiadomski, W., Gasiiorowska, A., Krauss, B., Mróz, A., & Cybulski, G. (2007). Suppression of heart rate variability after supramaximal exertion. *Clinical physiology and functional imaging*, 27(5), 309–319. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2007.00753.x>
75. Oliver J. L. (2009). Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability?. *Journal of science and medicine in sport*, 12(1), 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.010>
76. Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A., & Rusko, H. (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of applied physiology*, 86(5), 1527-1533. DOI: 10.1152/jappl.1999.86.5.1527
77. Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2014). Heart-rate variability and training-intensity distribution in elite rowers. *International journal of sports physiology and performance*, 9(6), 1026–1032. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0497>
78. Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European journal of applied physiology*, 112(11), 3729–3741. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2354-4>

79. Rey, E., Padrón-Cabo, A., Costa, P. B., & Lago-Fuentes, C. (2019). Effects of different repeated sprint-training frequencies in youth soccer players. *Biology of sport*, 36(3), 257–264. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.87047>
80. Rushall, B.S. (1990). A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*, 2(1), 51–66. doi: 10.1080/10413209008406420
81. Sartor, F., Vailati, E., Valsecchi, V., Vailati, F., & La Torre, A. (2013). Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts. *Journal of strength and conditioning research*, 27(10), 2782–2790. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828783cc>
82. Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1366–1373. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060f17d>
83. Selmi, W., Rebai, H., Chtara, M., Naceur, A., & Sahli, S. (2018). Self-confidence and affect responses to short-term sprint interval training. *Physiology & behavior*, 188, 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.01.016>
84. Serpiello, F. R., McKenna, M. J., Stepto, N. K., Bishop, D. J., & Aughey, R. J. (2011). Performance and physiological responses to repeated-sprint exercise: a novel multiple-set approach. *European journal of applied physiology*, 111(4), 669–678. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1687-0>
85. Shetler, K., Marcus, R., Froelicher, V. F., Vora, S., Kalisetti, D., Prakash, M., Do, D., & Myers, J. (2001). Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *Journal of the American College of Cardiology*, 38(7), 1980–1987. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01652-7](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01652-7)
86. Soares-Caldeira, L. F., de Souza, E. A., de Freitas, V. H., de Moraes, S. M., Leicht, A. S., & Nakamura, F. Y. (2014). Effects of additional repeated sprint training during preseason on performance, heart rate variability, and stress symptoms in futsal players: a randomized controlled trial. *Journal of strength and conditioning research*, 28(10), 2815–2826. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000000461>
87. Spina R. J. (1999). Cardiovascular adaptations to endurance exercise training in older men and women. *Exercise and sport sciences reviews*, 27, 317–332.

88. Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(12), 1259–1277. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>
89. Suarez-Arrones, L., Tous-Fajardo, J., Núñez, J., Gonzalo-Skok, O., Gálvez, J., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Concurrent repeated-sprint and resistance training with superimposed vibrations in rugby players. *International journal of sports physiology and performance*, 9(4), 667–673. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0238>
90. Taylor, J., Macpherson, T., Spears, I., & Weston, M. (2015). The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(6), 881–891. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0324-9>
91. Thurlow, F., Weakley, J., Townshend, A. D., Timmins, R. G., Morrison, M., & McLaren, S. J. (2023). The Acute Demands of Repeated-Sprint Training on Physiological, Neuromuscular, Perceptual and Performance Outcomes in Team Sport Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(8), 1609–1640. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01853-w>
92. Vernillo, G., Agnello, L., Barbuti, A., Di Meco, S., Lombardi, G., Merati, G., & La Torre, A. (2015). Postexercise autonomic function after repeated-sprints training. *European journal of applied physiology*, 115(11), 2445–2455. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3226-5>
93. Vesterinen, V., Häkkinen, K., Laine, T., Hynynen, E., Mikkola, J., & Nummela, A. (2016). Predictors of individual adaptation to high-volume or high-intensity endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(8), 885–893. <https://doi.org/10.1111/sms.12530>
94. Williams, N. (2017). The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. *Occupational medicine*, 67(5), 404-405.
95. Wong, A., & Figueroa, A. (2021). Effects of Acute Stretching Exercise and Training on Heart Rate Variability: A Review. *Journal of strength and conditioning research*, 35(5), 1459–1466. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003084>

