



UNIVERZITET U NOVOM SADU  
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

**TOMISLAV OSTOJIĆ**

**ANALIZA PRIMENE RAZLIČITIH PROGRAMA TRENINGA NA  
POVEĆANJE IZDRŽLJIVOSTI KOD TRKAČA**

(Master rad)

**Mentor:**  
**Prof. dr Ilona Mihajlović**

Novi Sad, 2025.

**SADRŽAJ:**

1. UVOD.....	5
2. PROBLEM, PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA.....	8
3. METOD RADA.....	9
4. REZULTATI.....	10
5. DISKUSIJA.....	17
6. ZAKLJUČAK.....	19
7. LITERATURA.....	20

## SAŽETAK

Svrha ove studije bila je da se izvrši sistematski pregled i meta analiza kontrolisanih studija da bi se utvrdio efekat različitih programa treninga snage na efikasnost trčanja trkača na srednjim i dugim deonicama. Dve elektronske baze podataka su pretražene u maju 2024. godine (Google Scholar, ResearchGate) za pretraživanje naučnih članaka. Nakon analize od 109 dobijenih originalnih članaka, u studija su bili uključeni radovi ako su ispunili sledeće kriterijume: studije koje su bile kontrolisane i objavljene u recenziranim časopisima; objavljeni naučni radovi koji u svom istraživanju sadrže efekte primene trenažnih programa u cilju povećanja izdržljivosti kod trkača, studije koje su analizirale efekte sa trajanjem dužim od 4 nedelje; da je efikasnost trčanja izmerena pre i posle eksperimentalnog programa. Na kraju je sedam studija ispunilo kriterijume za uključivanje, što je rezultiralo ukupnom veličinom uzorka od 135 ispitanika trkača na srednje i duge deonice. Nakon detaljno analiziranih radova, zaključak je da dodatni program treninga snage sa opterećenjem od niskog do visokog intenziteta i pliometrijske vežbe koje se izvode 2-3 puta nedeljno od 8-12 nedelja, dalo je odgovarajuću strategiju za poboljšanje efikasnosti u trčanju za trkače na srednjim i dugim deonicama.

**Ključne reči:** efikasnost trčanja, trening sa otporom, atletičari, trening izdržljivosti.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was to perform a systematic review and meta-analysis of controlled studies to determine the effect of different strength training programs on the running performance of middle- and long-distance runners. Two electronic databases were searched in May 2024 (Google Scholar, ResearchGate) to search for scientific articles. After analysis of 109 original articles obtained, the study included papers if they met the following criteria: studies that were controlled and published in peer-reviewed journals; published scientific works that contain in their research the effects of applying training programs aimed at increasing endurance in runners, studies that analyzed the effects with a duration longer than 4 weeks; that running efficiency was measured before and after the experimental program. Ultimately, seven studies met the inclusion criteria, resulting in a total sample size of 135 middle- and long-distance runners. After analyzing the papers in detail, it was concluded that an additional program of strength training with load from low to high intensity and plyometric exercises performed 2-3 times a week for 8-12 weeks, provided an appropriate strategy to improve running efficiency for runners at medium and long stretches.

Key words: running efficiency, resistance training, athletes, endurance training.

## **1. UVOD**

Atletika zajedno sa gimnastikom i plivanjem, se smatra bazičnim sportom, a njene kretnje kao što su hodanja, trčanja, skokovi i bacanja predstavljaju prirodne oblike kretanja i kao takve predstavljaju osnov za bilo kakvu motoričku aktivnost čoveka (Mihajlović, 2023). Sportska utreniranost obezbeđuje uspešnost u sportu, a podrazumeva optimalno zdravstveno stanje i psihičku stabilnost sportiste, postizanje najvišeg mogućeg nivoa funkcionalnih i motoričkih sposobnosti radi što efikasnijeg tehničkog izvođenja i postizanja željenog rezultata. Tačno utvrđen sistem trenažnih elemenata koji se sistematski sprovode radi postizanja ciljeva u ciklusima pripreme sportista, a koji se baziraju na modalitetima izvođenja potrebnih motoričkih aktivnosti, definisanim volumenima opterećenja i intenziteta, definiše se kao sportski trening (Jakovljević, Bošnjak i Tešanović, 2017).

Upravljanje trenažnim procesom kod vrhunskih sportista je kompleksan proces. Da bismo što bolje razumeli funkcionisanje ljudskog organizma u toku upravljanja trenažnim procesom, osim postojanja određenih organskih sistema, potrebno je da otkrijemo i razumemo i njihove međusobne odnose i zakonitosti koje vladaju među njima (Mihajlović i Šolaja, 2009). Jedan od bitnih faktora upravljanja trenažnim procesom u atletici je i racionalizacija ili efikasnost trčanja, koji je važan je faktor u održavanju optimalnog tempa trčanja, povećanju brzine i u finiširanju, gde pored umora, treba povećati brzinu trčanja. Racionalna tehnika trčanja još omogućava i da se na pravi način iskažu sve fizičke i psihičke osobine trkača (Mihajlović, 2023).

Kondicione performanse trčanja se oslanjaju na kompleks interakcija faktora koji dovode do efikasnog mišićnog rada i trebalo bi da rezultira brzim i efikasnim trčanjem (Joyner, 1991). Među faktorima koji mogu predvideti performanse trčanja na srednje i duge staze je efikasnost trčanja, koja se obično definiše kao potrošnja kiseonika u stabilnom stanju potrebna pri datoj submaksimalnoj brzini, koja je privukla najviše pažnju tokom poslednje dve decenije, iako se često i dalje pominje da se ignoriše u naučnoj literaturi (Foster & Lucia, 2007). Utvrđeno je da faktori varijabilnosti koji bitno učestvuju u efikasnom trčanju, su biomehanički faktori (Kyrolainen, Belli & Komi, 2001; Santos-Concejero et al., 2014), vrsta i procenat mišićnih vlakana (Pellegrino, Ruby & Dumke, 2016), antropometrijske mere (Lucia et al., 2006). Međutim, na efikasnost trčanja takođe u

velikoj meri utiče i strategije treninga, uključujući širok spektar oblika treninga snage kao što je trening sa malim opterećenjem, trening sa visokim opterećenjem, eksplozivni trening i pliometrijski trening (Barnes & Kilding, 2015). Ovakve različite vrste treninga su modaliteti treninga snage da bi se poboljšala efikasnost trčanja ne samo kod rekreativnih trkača već i kod srednje utreniranih i visoko utreniranih trkača (Beattie, Kenny, Lyons, & Carson, 2014; Yamamoto, Lopez, Klau, Casa, Kraemer, & Maresh, 2008; Barnes & Kilding, 2015).

Međutim, uprkos mnoštvu dokaza koji opravdavaju upotrebu treninga snage za poboljšanje efikasnosti trčanja, to je tradicionalno prevaziđeno od strane trkača na duge staze i njihovih trenera. Anketna ispitivanja, koja su sadržala pitanja o uključivanju treninga snage u svoj trenažni program, ukazala su da skoro polovina trkača nije radila trening snage uopšte (Mikkola, Rusko, Nummela, Pollari & Hakkinen, 2007). Ovo može biti posledica toga da trkači na duge staze i njihovi treneri nisu svesni potencijalnih koristi treninga snage za poboljšanje efikasnosti trčanja, a time i performansi trčanja.

Umesto rada na performansama trčanja, mnogi istraživači koji je bave treningom sa opterećenjem i izdržljivosti, fokusiraju se na efikasnosti trčanja, koja uključuje odnos između potrošnje kiseonika i date brzine trčanja. Pokazalo se da ekonomičnost trčanja utiče na performanse za dobro utrenirane trkače na duže staze (Morgan, Baldini, Martin, & Kohrt, 1989). Poboljšana efikasnost trčanja bi povećala brzinu na datom rastojanju ili bi se povećalo rastojanje datom brzinom zbog smanjene potrošnje kiseonika (Saunders, Pyne, Teldorf, & Hawley, 2004; Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003; Turner, Owings, & Schwane, 2003). Korist od treninga sa opterećenjem je, da se može poboljšati efikasnost trčanja kroz nekoliko mehanizama, a to je da povećanje snage može poboljšati mehaničku efikasnost i koordinaciju mišića (Sale, 1988), da veća ukupna snaga tela može dovesti do povoljnih mehaničkih promena u stilu trčanja (Johnston, Quinn, Kertzer, & Vroman, 1997).

Poboljšana efikasnost trčanja može biti rezultat kako poboljšane mehanike trčanja tako i neuromišićne efikasnosti za smanjenje potrošnje kiseonika u datoj brzini (Hoff, Gran, & Helgerud, 2002). Neka istraživanja sugerišu da simultantni trening sa opterećenjem i trening izdržljivosti je povezan sa ograničenim razvojem snage i nema nekih bitnih promena u maksimalnoj potrošnji kiseonika (Hunter, Demment, & Miller, 2007). Međutim, ovaj pravac istraživanja fokusiran je pretežno na uticaju treninga

izdržljivosti na performanse snage a ne na efekte treninga sa opterećenjem na performanse izdržljivosti (Bell, Syrotuik, Martin, Burnham, & Quinney, 2000; Hakkinen, et al., 2003). Pored toga, većina ispitanika u tim istraživanjima su bili prethodno neobučeni trkači, što je uticalo na velika poboljšanja u performansama trčanja ili efikasnosti trčanja (Chtara, Chamari, Chaouachi, Koubaa, Feki, Millet, & Amri, 2005; Gotshalk, Berger, & Kraemer, 2004; Kraemer, Vescovi, Volek, Nindl, Newton, Patton, Dziados, French, & Hakkinen, 2004).

## **2. PROBLEM, PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA**

Problem ovog rada bio je analiza efekata različitih programa treninga kao sredstvo povećanja izdržljivosti kod trkača.

Predmet rada bili su različiti trenažni programi i izdržljivost.

Cilj istraživanja bio je pregled dosadašnjih istraživanja i analiza efikasnosti različitih trenažnih programa u cilju povećanja izdržljivosti kod trkača.

### 3. METOD RADA

Prilikom izrade ovog preglednog rada koristila se deskriptivna metoda istraživanja. Prvenstveno je pretraživano na ResearchGate-u i Google Scholar domenima. Istraživanje je uključivalo i pretragu naučnih radova objavljenih u naučnim časopisima, eksperimentalne studije i pregledne radove (meta analize).

Za pretragu radova korišćene su ključne reči na engleskom jeziku koje sadrže termine koji su usaglašeni sa predmetom rada: *“running economy”*, *“resistance training”*, *“elite athletes”*, *“distance running”*, *“endurance training”*, *“endurance athlete”*, *“performance”*. Pretraga je bila sužena na naslov i abstrakt, a vremenskim okvirom obuhvaćeni su bili radovi objavljeni u protekle dve dekade.

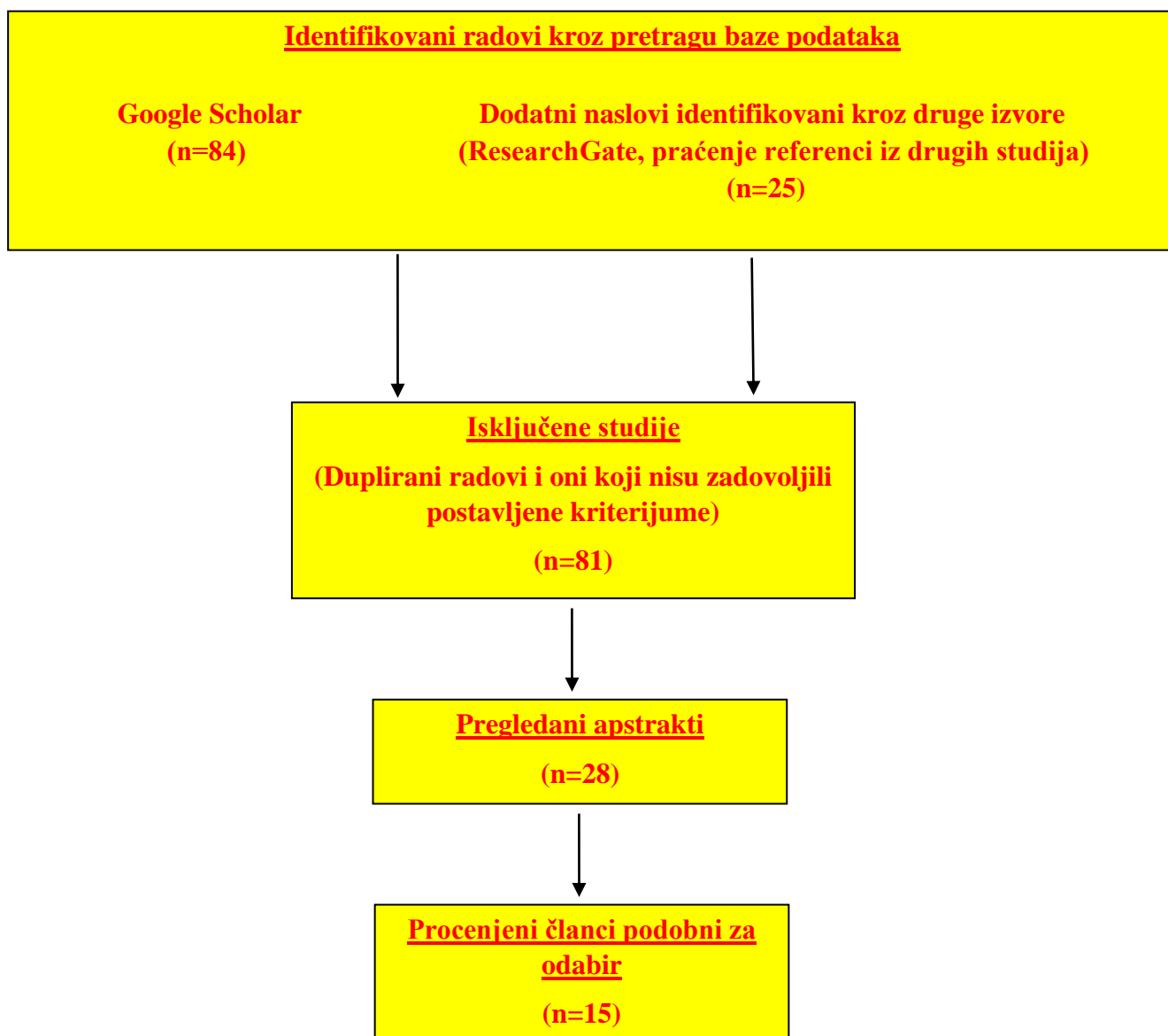
**Uključujući kriterijumi za izbor radova:** studije koje su bile kontrolisane i objavljene u recenziranim časopisima koji u svom istraživanju sadrže efekte primene trenažnih programa u cilju povećanja izdržljivosti kod trkača.

**Isključujući kriterijumi za izbor radova:** Studije neće biti uzimane u obzir prilikom analize ako su bile na bazi anketa i intervjua, kao i radovi u kojima ispitanici nisu atletičari srednjih i dugih deonica, ne posedovanje kontrolne i eksperimentalne grupe, eksperimentalni tretman koji traje manje od 4 nedelje.

## 4. REZULTATI

Tokom pretrage domena Google Scholar, poštujući uključujuće i isključujuće kriterijume, dobijeni su sledeći rezultati. Identifikovan je 84 rad kroz pretragu podataka (plus 25 kroz ResearchGate i praćenje referenci iz drugih radova), od 28 pregledana apstrakta, 15 radova je pročitano u celini kako bi se procenilo da li su podobni za odabir. Na kraju je ukupno 7 radova uključeno u meta analizu.

### Šematski prikaz kriterijuma pretraživanja i selekcije radova



Sva istraživanja koja su prošla proces prethodne selekcije, prikazana su u Tabeli 1 i 2, radi detaljnijeg i boljeg pregleda. Ukupno je predstavljeno 7 istraživanja, po sledećim parametrima:

- Tabela 1: Studija; Uzorak (pol, brojnost, starost); Disciplina trkača; Vrsta studije; Naziv časopisa.
- Tabela 2: Tip programa, Program vežbanja, Trajanje programa, Trajanje treninga, Obim rada i Efekti programa.

Od ukupnog broja, u svim istraživanjima su bili zastupljeni ispitanici muškog pola, a u dve studije i ispitanice ženskog pola. Svi ispitanici bili su trkači na srednjim i dugim deonicama. Selekcija istraživanja podrazumevala je da su uključene samo eksperimentalne studije, sa kontrolnom i eksperimentalnom grupom.

Na osnovu prethodno definisanih kriterijuma pretrage izdvojilo se 7 radova koji su prikazani u Tabeli 1. Navedene studije se bave efektima primene trenažnih programa u cilju povećanja izdržljivosti kod trkača na srednjim i dugim deonicama.

**Tabela 1.** Radovi uključeni u analizu sa osnovnim podacima o ispitanicima, studiji i časopisu

Redni broj studije	Pol (M/Ž)	Prosečna starost	Disciplina trkača	Vrsta studije	Časopis
1. Paavolainen et al. (1999)	18/0	23.3	Elitni trkači na 5000 m	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>Journal of Applied Physiology</i>
2. Millet et al. (2002)	15/0	24.1	Elitni triatlonci	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>Medicine and Science in Sports and Exercise</i>
3. Spurrs et al. (2003)	17/0	25.4	Trkači na 3000 m	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>European Journal of Applied Physiology</i>
4. Saunders et al. (2006)	15/0	24.2	Elitni trkači na 3000 m	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>
5. Mikkola et al. (2007)	18/7	17.3	Trkači na 3-5 km	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>International Journal of Sports Medicine</i>
6. Støren et al. (2008)	19/8	27.1	Trkači na 5000 m	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>Medicine and Science in Sports and Exercise</i>
7. Sedano et al. (2013)	18/0	23.8	Trkači na 3-5 km	Eksperimentalna (Grupa: E/K)	<i>Journal of Strength and Conditioning Research</i>

**Tabela 2.** Pregled svih studija uključenih u meta analizu sa informacijama o tipu programa, programu vežbanja, trajanju programa, trajanju treninga, frekvenciji rada i efektima programa.

Studija	1. Paavolainen et al. 1999	2. Millet et al. 2002	3. Spurrs et al. 2003	4. Saunders et al. 2006	5. Mikkola et al. 2007	6. Støren et al. 2008	7. Sedano et al. 2013
<b>Tip programa</b>	ET + ST/PLY/RT	ET + HWT	ET + PLY	ET + PLY/RT	ET + ST/PLY/RT	ET + HWT	ET + PLY/RT
<b>Program vežbanaja</b>	<b>ST</b> (5–10 serija ubzanja od 20–100 m); <b>PLY</b> (alternativni skokovi, skok sa prethodnom pripremom, skokovi iz čičnja, skok sa naskokom; 30–200 ponavljanja ukupno); <b>RT</b> (ekstenzija nogu, nožni pregib, nožni potisak; 1 set /5–10 ponavljanja).	Nožni pregib, Nožni potisak, ručni potisak, paralelni čučanj, nožna ekstenzija, propinjanje na prste u stojećem stavu (3-5 setova sa 3-5 pon.).	2-3 seta 10 ponavljanja skokova iz čučnja, 2-3 seta 10–12 skokovi u iskoraku, 2–3 seta 10–12 sunožnih skokova, 2–3 seta 10–15 skokovi s jedne noge na drugu nogu u trčecem koraku, 2–3 seta 10–15 jednonožnih skokova, 2–3 seta 10–15 jednonožnih skokova, 2–3 seta 10–15 jednonožnih skokova preko prepona, 2–3 seta 10 jednonožnij skokova preko prepona.	<b>PLY</b> (skokovi s jedne noge na drugu nogu u trčecem koraku, preskakanje vijače, jednonožni skokovi iz skočnog zgloba, skok sa prethodnom pripremom, preskok preko prepona, skokovi u iskoraku; 1–2 seta/6–15 pon.; 40–180 skokova ukupo); <b>RT</b> (nožni potisak i nožni pregib zadnje lože; 1–2 seta /6–10 pon.)	<b>ST</b> (5–10 pon. ubrzanja od 30–150 m); <b>PLY</b> : (skok sa naskokom, sunožni skokovi iz skočnog zgloba, skok iz polučučnja, preskok preko prepona; broj setova i ponavljanja nije naveden); <b>RT</b> (polučučanj, ekstenzija u kolenu, propinjanje iz skočnog zgloba, pregibači trupa, nožni pregib zadnje lože; 2–3 seta/ 6–10 pon.)	<b>HWT</b> : (polučučanj, 4 seta/4 pon.)	<b>RT</b> (mrtvo dizanje, nožni pregib, sedeće propinjanje na prste, nožna ekstenzija, 3 seta/7 pon.); <b>PLY</b> (preskok preko prepone i horizontalni skok; 6 seta/10 pon.; 120 skokova ukupno).
<b>Trajanje programa</b>	9 nedelja.	14 nedelja.	6 nedelja.	9 nedelja.	8 nedelja.	8 nedelja.	12 nedelja.
<b>Trajanje treninga</b>	15-90 min.	30-60 min.	30 min.	30 min.	30-60 min.	15 min.	45-60 min.
<b>Obim rada</b>	3 puta Nedeljno.	2 puta nedeljno.	2 puta nedeljno.	3 puta nedeljno.	3 puta nedeljno.	3 puta nedeljno.	2 puta nedeljno.
<b>Efekt programa</b>	Poboljšano vreme na 5km bez povećanja potrošnje kiseonika.	Poboljšanje u maksimalnoj snazi i efikasnosti trčanja bez uticaja na potrošnju kiseonika.	Poboljšano vreme na 3km i efikasnost trčanja bez povećanja potrošnje kiseonika.	Poboljšano vreme na 3km i efikasnost trčanja bez promena u potrošnji kiseonika.	Poboljšane anaerobne i odabrane mišićne karakteristike kod mladih trkača na bez da smanjuje aerobni kapacitet.	Poboljšana efikasnost trčanja i vreme do otkaza u maksimalnoj aerobnoj brzini bez promene maksimalnog unosa kiseonika.	Poboljšanje u maksimalnoj snazi i efikasnosti trčanja bez značajnog efekta na potrošnju VO <sub>2</sub> .

Legenda: **ET**: endurance training (trening izdržljivosti); **ST** = sprint training (Kratki sprintevi sa maksimalnom brzinom trčanja); **PLY** = plyometric training (pliometrijski/eksplzivni trening);  
**RT** = resistance training (trening sa lakšim otporom/opterećenjem);  
**HWT** = heavy weight training (trening sa teškim opterećenjem/tegovima).

Na osnovu rezultata istraživanja prikazanih u Tabeli 2. o sprovedenu programa vežbanja u cilju poboljšanja preformansi trkača na srednjim i dugim deonicama, ona su generalno pokazala zadovoljavajuće rezultate. U daljem tekstu rada, prikazano je svih 7 studija sa kratkim osvrtom na njihovo istraživanje:

- (1) U studiji pod rednim brojem 1. (Tabela 2), koju su sproveli Paavolainen et al. (1999), želeli su da istraže efekte istovremenog treninga eksplozivne snage i izdržljivosti na fizičke performanse 10 eksperimentalnih (E) i 8 kontrolnih (K) atletičara na dugim deonicama, koji su bili podvrgnuti eksperimentalnom tretmanu 9 nedelja. Ukupn obim obuke ostao je isti u obe grupe, ali je 32% treninga u E i 3% u K grupi zamenjeno snagom eksplozivnog tipa. Na atletskoj stazi izmereno je trčanje na 5 km, efikasnost u trčanju, testovi maksimalne brzine na 20 metara i 5J test. Maksimalni anaerobni i aerobni prag određivani se na traci za trčanje, kao i maksimalna potrošnja kiseonika ( $VO_2max$ ). Nakon tretmana, rezultati su ukazali da vreme na 5km, efikasnost trčanja i anaerobni prag su poboljšani ( $P=0,05$ ) u E grupi, ali nisu primećene promene u K grupi. Brzina na 20 metara i pliometrijski 5J test su povećani u E ( $P=0,01$ ) a smanjeni u K grupi ( $P=0,05$ ).  $VO_2max$  povećan u K ( $P=0,05$ ), ali nisu primećene promene u E grupi. U objedinjenim podacima, promene u vremenu na 5 km tokom 9 nedelja treninga su u korelaciji ( $P=0,05$ ) sa promenama u efikasnosti trčanja i anaerobnim pragom ( $r=0,55$ ). Na kraju, autori su zaključili, da je istovremeni trening eksplozivne snage i izdržljivosti poboljšao vreme na 5 km kod dobro utreniranih atletičara trkača bez promene njihovih vrednosti u  $VO_2max$ .
- (2) U studiji Millet et al. (2002), polazna osnova za istraživanje bilo je da li trening izdržljivosti utiče na efikasnost trčanja i potrošnju kiseonika ( $VO_2$ ). Pošto je bilo malo literature sa efektima treninga sa teškim kilažama u kombinaciji sa treningom izdržljivosti, svrha ove studije bila da se ispita uticaj istovremenog treninga sa teškim kilažama i treningom izdržljivosti na efikasnost trčanja  $VO_2$  kod atletičara triatlonaca. 15 triatlonaca je podeljeno na trening izdržljivosti i snage (E grupa) ili trening samo izdržljivosti (K grupa) tokom 14 nedelja. Program obuke je bio sličan, osim što je E grupa dodatno izvodila dve sesije sa tegovima nedeljno. Nakon završenog eksperimenta, maksimalna snaga je povećana ( $P=0,01$ ) u E ali je ostala nepromenjena u K grupi. Nakon eksperimenta, efikasnost trčanja ( $P=0,05$ ) i parametri pliometrije ( $P=0,01$ ) su bile veće u E nego u K grupi. Zaključak na kraju

- bio je da dodatni trening sa tegovima doveo je do poboljšanja u maksimalnoj snazi i efikasnosti trčanja bez uticaja na potrošnju  $VO_2$ .
- (3) Spurrs et al. (2003), ova studija je ispitala da li se menjaju performanse trčanja koji proizilaze iz pliometrijskog treninga. Sedamnaest muških trkača je pre i posle tretmana testirano za, maksimalnu izometrijsku silu, test od 5 jednonožnih skokova udalj (5BT), skokovi sa prethodnom pripremom (CMJ), efikasnost u trčanju,  $VO_{2max}$  i trčanje na 3 km. Ispitanici su bili nasumično podeljeni u eksperimentalnu (E) grupu koja eksperiment pliometrijskog treninga završila za 6 nedelja zajedno sa njihovim normalnim treningom trčanja, i kontrolom (K) grupom koja je trenirala po svom dosadašnjem protokolu. Nakon završenog eksperimenta, E grupa je značajno poboljšala performanse na 3 km (2,7%) i efikasnost trčanja pri svakoj od testiranih distanci, dok promene u  $VO_{2max}$  nisu zabeležene. CMJ, 5BT su takođe značajno porasli. Sa druge strane nisu uočene značajne promene u svim testovima za grupa K. Rezultati su jasno pokazali da a 6-nedeljni pliometrijski program je doveo do poboljšanja u trčanju na 3 km, kao i da je dovelo do poboljšanja u efikasnosti trčanja. Tome svedoči i, da do promena u trčanju na 3 km, nije dovela do promena u potrošnji  $VO_{2max}$ .
- (4) Saunders et al. (2006), su na 15 visoko utreniranih trkača ( $VO_{2max}$   $71,1 \pm 6,0$  ml·min.<sup>-1</sup>·kg.<sup>-1</sup>) nasumično dodeljeni pliometrijski trening (n=8) koji su bili E grupa i kontroli program (n=7) koji su bili K grupa. Pored njihovog standardnog treninga, E grupa radila 3 pliometrijske sesije od 30 minuta nedeljno narednih za 9 sedmica. Efikasnost trčanja procenjena je tokom 3 x 4 minuta trčanja na tredmilu (14, 16 i 18 km·h.<sup>-1</sup>), koje je praćeno testom za merenje  $VO_{2max}$ . U poređenju sa K grupom, E grupa je poboljšala efikasnost trčanja na 18 km·h.<sup>-1</sup> (4,1%,  $p=0,02$ ), ali ne na 14 ili 16 km·h.<sup>-1</sup>. Ovi nalazi bili su praćeni trendom u kome se povećala prosečna snaga tokom 5J pliometrijskog testa (15%). Sa druge strane, nije bilo značajnih razlika u kardiorespiratornim merama ili  $VO_{2max}$  kao rezultat eksperimenta. Autori su zaključili da je 9-nedeljni pliometrijski trening poboljšano efikasnost trčanja, verovatno zbog mehanizmima koji se nalaze u mišićnoj muskulaturi ili alternativnom poboljšanju mehanike trčanja.
- (5) Mikkola et al. (2007), su za cilj studije proučavali efekte istovremenog korišćenja pliometrijskog treninga i treninga izdržljivosti na aerobne i anaerobne performanse, na 13 eksperimentalnih (E) i 12 kontrolnih (K) mladih trkača srednjih i dugih

distanci. Oni su 8 nedelja trenirani sa istim ukupnim obimom treninga ali kod E grupe je zamenjeno 19% treninga izdržljivosti sa pliometrijskom obukom. Maksimalna brzina na anaerobnom testu trčanja i brzina na 30 metara u E grupi poboljšane su za  $3,0 \pm 2,0\%$  ( $p < 0,01$ ). Maksimalna aerobna brzina trčanja, maksimalna potrošnja kiseonika i efikasnost trčanja ostala je nepromenjena u obe grupe. Koncentrična i izometrijska sile donjih ekstremiteta su se povećale u E ali ne i u K grupi. E grupa se takođe poboljšala u obimu kvadricepsa femorisa za  $3,9 \pm 4,7\%$  ( $p < 0,01$ ) i u K za  $1,9 \pm 2,0\%$  ( $p < 0,05$ ). Zaključak je bio da istovremeni pliometrijski trening snage i izdržljivosti poboljšava anaerobne i odabrane mišićne karakteristike kod mladih trkača na bez smanjuje aerobni kapacitet, iako je skoro 20% treninga izdržljivosti zamenjeno pliometrijskim treningom snage za 8 nedelja.

- (6) Støren et al. (2008), istraživalali su efekat treninga maksimalne snage na efikasnostu u trčanju pri 70% maksimalne potrošnje kiseonika ( $VO_2max$ ) i vreme do otkaza pri maksimalnoj aerobnoj brzini. Odgovor na jedno ponavljanje maksimalne težine (1RM) i stopa razvojne sile u polučučnju, ispitana je maksimalna potrošnja kiseonika, efikasnosti u trčanju i vreme do otkaza u maksimalnoj aerobnoj zoni. 17 dobro utreniranih trkača, oba pola je nasumično raspoređeno u E ili K grupu. E grupa (4 muškarca i 4 žene) izvodila je polučučnjeve, 4 serije od maksimalno 4 ponavljanja, 3 puta nedeljno tokom 8 nedelja, kao dopunu svom normalanom treningu izdržljivosti. K grupa je nastavila sa normalnim treningom izdržljivosti tokom istog perioda. Rezultati su ukazali da je intervencija u E grupi pokazala značajna poboljšanja u 1RM (33,2%), stopi razvojne sile u polučučnju (26,0%), efikasnosti trčanja (5,0%) i vremenu do otkazu u maksimalnoj aerobnoj zoni (21,3%). Nisu nađene promene u  $VO_2max$ . K grupa nije pokazala promene u vrednostima ni u jednom od parametrima. Zaključak je da, trening maksimalne snage za 8 nedelja poboljšao je efikasnost trčanja i povećao vreme do otkaza u maksimalnoj aerobnoj zoni među dobro utreniranim trkačima na duge deonice, bez promene maksimalnog unosa kiseonika.
- (7) Sedano et al. (2013), polazna osnova za istraživanje bila je što se mnogo pažnje posvećuje kombinovanju aerobnog i anaerobnog modaliteta treninga atletičara trkača. Glavni cilj je bio da se utvrdi koji način bi istovremeni trening snage i izdržljivosti mogao biti najefikasniji u poboljšanju performansi trčanja kod visoko utreniranih trkača. 18 muških trkača sa maksimalnom potrošnjom kiseonika

( $\text{VO}_2\text{max}$   $65 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) je nasumično raspoređeno u jednu od tri grupe: 1 grupa koja je trenirala samo izdržljivost, tj. koja je nastavila svoj standardni trening koji je uključivao opšti treninge snage sa trakama za vežbanje i trening izdržljivosti; 2 grupa koja je trenirala trening snage koja je izvodila kombinovane vežbe sa otporom, pliometrijske vežbe i trening izdržljivosti; i 3 grupa koja je trenirala sa otporom od 40% i izdržljivost. Studija je obuhvatala 12 nedelja treninga u kojima su trkači trenirali 8 puta nedeljno (6 treninga izdržljivosti i 2 sesije snage). Ispitanici su testirani u različitim testovima: visina skoka sa prethodnom pripremom, 1RM, efikasnost trčanja,  $\text{VO}_2\text{max}$ , maksimalni broj otkucaja srca i trčanje na 3 km. Otkrivena je značajna interakcija grupa u efektima za skoro sve testove. To je ukazalo da je trening izdržljivosti sa kojim je istovremeno rađeno i na na snazi (2 grupa) i snazi i izdržljivosti (3 grupa) dovelo do poboljšana u maksimalnoj snazi i efikasnosti trčanja bez značajnog efekta na potrošnju  $\text{VO}_2$ .

## **5. DISKUSIJA**

Na osnovu pregleda dobijenih rezultata izdvojenih istraživanja o efektima različitih trenažnih programa u cilju povećanja izdržljivosti kod atletičara trkača, studije su pokazale benefite treninga snage na efikasnost trčanja trkača srednjih i dugih deonica u poređenju sa kontrolnim grupama. U svih sedam studija efekti su imali značajan efekat na fizičke performanse ispitanika i ispitanica, najveći efekat primatan je u studiji Paavolainen et al. (1999) koja je sadržala kombinaciju vežbi sa otporom/opterećenjem, pliometrijom i sprintom, koja je predstavljala potencijalni trenažni problem jer kada postoji opasnost ako se razvija jedan motorički prostor paralelno sa drugim, onda postoji mogućnost da jedan utiče negativno na drugi (Fyfe, Bishop, & Stepto, 2014), ali s obzirom da je ovde došlo da značajnih pozitivnih efekata to znači da su vežbe, doziranja i celi trenažni eksperiment bili dobro izbalansirani (García-Pallarés, & Izquierdo, 2011; Francesca-Piacentini, De Ioannon, Comotto, Spedicato, Vernillo, & La Torre, 2013; Baar, 2014).

U nekim prethodnim studijama objavljeno je da samo 1 trening sa opterećenjem nedeljno nije dovoljno za povećanje mišićne snage ili snage kod elitnih trkača na srednje i duge deonice, verovatno zbog visokog odnosa između treninga izdržljivosti i snage (Balsalobre-Fernandez, Tejero-Gonzalez, & Del Campo-Vecino, 2015). U vezi sa ovim, iako je svaka studija u ovoj meta-analizi koristila drugačiju konfiguraciju vežbi i intenziteta treninga, sve studije najmanje imale su 2 treninga snage nedeljno tokom eksperimenta, pri čemu je većina studija imala 3 sesije nedeljno (tabela 2). Uzimajući u obzir da su trkači sprovedli takođe 6–9 treninga izdržljivosti nedeljno, to rezultira odnosom od 6:2 do 9:3 između treninga izdržljivosti sa treningom snage na nedeljnom nivou. Sve analizirane studije su pokazale značajna poboljšanja u mišićnoj snazi, visini skoka i efikasnosti trčanja (Paavolainen et al., 1999; Millet et al., 2002; Spurrs et al., 2003; Saunders et al., 2006; Mikkola et al., 2007; Støren et al., 2008; Sedano et al., 2013); što upućuje, da trening snage sa otprilike 30% od ukupnog broja sesija u trenažnom procesu može biti pouzdana strategija za istovremeno poboljšanje efikasnosti trčanja i mišićne snage kod dobro utreniranih trkača po analizi u ovom radu.

Treba napomenuti da većina programa u odabranim studijama, trening snage je koristila od niskog do umerenog intenziteta treninga sa opterećenjem 40–70% 1RM, obim treninga 2-4 vežbe za donji deo tela sa otporom plus do 200 skokova i 5–10 kratkih sprinteva, sa ukupnim trajanjem sesije od 30–60 minuta. Samo dve studije koristile su

trening sa teškim opterećenjem, Millet et al. (2002) (sa preko 90% 1RM), ali svaki trening snage sastojao se od 3-5 serija od po 3-5 ponavljanja nožnog pregiba, nožni potisak, ručni potisak, paralelni čučanj, nožna ekstenzija, propinjanje na prste u stojećem stavu; a u drugoj studiji, Støren et al. (2008) (do 85% 1RM), ali svaki trening snage sastojao se samo od 4 serije po 4 ponavljanja polu čučnja po 15 minuta na nedeljnom nivou. Štaviše, nijedna od studija nije sprovodila ponavljanja do otkaza, koja je uobičajena praksa u bodibildingu jer maksimizira hipertrofiju mišića (Folland, & Williams, 2007; Sampson, & Groeller, 2016), ali to može uticati na performanse mišića i izazvati prekomeran stepen umora (Gorostiaga, Navarro-Amézqueta, Calbet, Hellsten, Cussó, Guerrero, Granados, González-Izal, Ibáñez, & Izquierdo, 2012). Stoga je, iz prethodno navedenog, bitno spomenuti da su varijable vezane za mišićnu snagu jedne od ključnih za performanse trčanja na na srednje i duge deonice, jer su eksplozivna ili pliometrijska obuka najčešće proučavani tip trening izdržljivosti kod trkača. Konzistentno dodavanje pliometrijskih vežbi u trening izdržljivosti poboljšava performanse trčanja na duže deonice (Paavolainen et al., 1999; Spurrs et al., 2003) i efikasnost trčanja (Saunders et al., 2006; Mikkola et al., 2007).

Kada su u pitanju ograničenja ove studije, jedno od ograničenja bio je mali broj članaka koji su ispunjavali kriterijume za uključivanje u meta analizu. Pored toga, mnoge studije u ovom pregledu sastojao se od relativno kratke obuke (prosečno = 9,4 nedelje). Zatim, iako je uloga treninga snage u poboljšanju performansi trčanja tokom poslednjih decenija dobila veliku pažnju (Beattie, Kenny, Lyons, & Carson, 2014; Ronnestad, Mujika, & Mujika, 2014; Yamamoto, Lopez, Klau, Casa, Kraemer, & Maresh, 2008), neke od posmatranih studija su za ispitanike odabrale neelitne trkače umesto, dok su neke druge su za ispitanike imale visoko utrenirane tj. elitne atletičare (Pellegrino, Ruby, & Dumke, 2014). S obzirom da visoko utrenirani trkači imaju različite biomehaničke i fiziološke profile od neelitnih sportista (Sano, Nicol, Akiyama, Kunimasa, Oda, Ito, Locatelli, Komi, & Ishikawa, 2014; Santos-Concejero, Billaut, Grobler, Olivan, Noakes, & Tucker, 2015), buduća istraživanja bi trebala više da se fokusiraju na analize vrhunskih trkača, ukoliko to uslovi i sredstva dozvoljavaju.

## **6. ZAKLJUČAK**

Prema dosadašnjim saznanjima, navedene studije su ukazale na pozitivne efekte pliometrijskog treninga, treninga sa otporom i treninga sa tegovima u kombinaciji sa standardnim treningom izdržljivosti koji sprovode trkači na srednje i duge distance. Benefiti koji su dobijeni od proučavanih tretmana su:

- Generalno je poboljšana efikasnost (racionalizacija) trčanja u E grupama u odnosu na K grupe;
- Trening izdržljivosti u kombinaciji sa jednim ili više pomenutih programa je povećao pređenu distancu za isto vreme u odnosu na period pre eksperimentalnog tretmana;
- Povećanje pređene distance za isto vreme nije uticalo na potrošnju kiseonika.
- Da bi program treninga bio efikasan, mora da traje najmanje 8 nedelja;
- Trening snage pored toga što je uticao na mišićnu snagu, poboljšao je i mehaniku trčanja.

Na kraju, zaključak je da program različitih treninga, uključujući vežbe otpora niskog do visokog intenziteta i pliometrijske vežbe koje se izvode 2-3 puta nedeljno po 8-12 nedelja je odgovarajuća strategija za poboljšanje efikasnosti trčanja kod utreniranih trkača na srednje i duge deonice. Može se potvrditi da trening sa opterećenjem verovatno ima pozitivan efekat na performanse izdržljivosti u trčanju. S druge strane, kratko vremensko trajanje programa i širok spektar realizovanih vežbi nisu poželjni, ali treneri ne bi trebalo da oklevaju da implementirati dobro planiran eksperimentalni program za svoje trkače.

## 7. LITERATURA

- 1) Baar, K. (2014). Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Medicine*, 44(2), 117–125.
- 2) Balsalobre-Fernandez, C., Tejero-Gonzalez, C.M., and del Campo-Vecino, J. (2015). Seasonal strength performance and its relationship with training load on elite runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(1), 9-15.
- 3) Barnes, K.R., and Kilding, A.E. (2015). Running economy: Measurement, norms, and determining factors. *Sport Medicine - Open*, 1(8), 1-15.
- 4) Beattie, K., Kenny, I.C., Lyons, M., and Carson, B.P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine*, 44(6), 845–865.
- 5) Bell, G.J., Syrotuik, D., Martin, T.P., Burnham, R., and Quinney, H.A. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 81(5), 418–427.
- 6) Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G., and Amri, M. (2005). Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 555–560.
- 7) Francesca-Piacentini, M., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., and La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2295–2303.
- 8) Folland, J.P., and Williams, A.G. (2007). The adaptations to strength training. *Sport Medicine* 37(2), 145–168.

- 9) Foster, C., and Lucia, A. (2007). Running economy: The forgotten factor in elite performance. *Sports Medicine*, 37(4-5), 316–319.
- 10) Fyfe, J.J., Bishop, D.J., and Stepto, N.K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: Molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 44(6), 743–762.
- 11) García-Pallarés, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine*, 41(4), 329–343.
- 12) Gorostiaga, E.M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J.A., Hellsten, Y., Cussó, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2012). Energy metabolism during repeated sets of leg press exercise leading to failure or not. *PLoS ONE*, 7(7), 1-9.
- 13) Gotshalk, L., Berger, R., and Kraemer, W. (2004). Cardiovascular responses to a high-volume continuous circuit resistance training protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 760–764.
- 14) Hakkinen, K., Alen, M., Kraemer, W.J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Hakkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J., and Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 42–52.
- 15) Hoff, J., Gran, A., and Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(5), 288–295.

- 16) Hunter, G., Demment, R., and Miller, D. (2007). Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 269–275.
- 17) Jakovljević, V., Bošnjak, G., Tešanović, G. (2017). Trenažni proces trkača na 400m. *Petnaesti godišnji međunarodni stručni skup "Kondicijska priprema sportaša"* (str. 165-172). Zagreb: Udruga kondicionih trenera Hrvatske i Kineziološki fakultet.
- 18) Johnston, R., Quinn, T., Kertzer, R., and Vroman, N. (1997). Strength training in female distance runners: impact on their running economy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 224–229.
- 19) Joyner, M.J. (1991). Modeling: Optimal marathon performance on the basis of physiological factors. *Journal of Applied Physiology*, 70(2), 683–687.
- 20) Kraemer, W., Vescovi, J., Volek, J., Nindl, B., Newton, R., Patton, J., Dziados, J., French, D., and Hakkinen, K. (2004). Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the army physical fitness test. *Military Medicine*, 169(12), 994–999.
- 21) Kyrolainen, H., Belli, A., and Komi, P.V. (2001). Biomechanical factors affecting running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1330–1337.
- 22) Lucia, A., Esteve-Lanao, J., Oliván, J., Gomez-Gallego, F., San Juan, A.F., Santiago, C., Perez, M., Chamorro-Vina, C., and Foster, C. (2006). Physiological characteristics of the best Eritrean runners - Exceptional running economy. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 31(5), 530–540.
- 23) Mihajlović, I., & Šolaja, M. (2009). Relacije sistema kardiovaskularnih i metaboličkih varijabli kod vrhunskih sportista. *Glasnik Antropološkog društva Srbije*, 44, 395-400.
- 24) Mihajlović, I. (2023). *Atletika*. Novi Sad: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja.

- 25) Millet, G., Jaouen, B., Borrani, F., and Candau, R. (2002). Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and  $\text{Vo}_2$  kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1351–1359.
- 26) Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., and Hakkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 602–611.
- 27) Morgan, D.W., Baldini, F.D., Martin, P.E., and Kohrt, W.M. (1989). Ten kilometer performance and predicted velocity at  $\text{Vo}_2\text{max}$  among well-trained male runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(1), 78–83.
- 28) Paavolainen, L., Hakkinen, K., Hamalainen, I., Nummela, A., and 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.
- 29) Pellegrino, J, Ruby, B.C., and Dumke, C.L. (2016). Effect of plyometrics on the energy cost of running and mhc and titin isoforms. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(1), 49–56.
- 30) Ronnestad, B.R., & Mujika, I. (2014). Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24 (4), 603-612.
- 31) Sale, D.G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 135–145.
- 32) Santos-Concejero, J., Tam, N., Granados, C., Irazusta, J., Bidaurrezaga - Letona, I., Zabala-Lili, J., and Gil, S.M. (2014). Interaction effects of stride angle and strike pattern on running economy. *International Journal of Sports Medicine*, 35(13), 1118–1123.

- 33) Santos-Concejero, J., Billaut, F., Grobler, L., Oliván, J., Noakes, T.D., and Tucker, R. (2015). Maintained cerebral oxygenation during maximal self-paced exercise in elite Kenyan runners. *Journal of Applied Physiology*, 118(2), 156-162.
- 34) Sano, K., Nicol, C., Akiyama, M., Kunimasa, Y., Oda, T., Ito, A., Locatelli, E., Komi, P.V., & Ishikawa, M. (2014). Can measures of muscle–tendon interaction improve our understanding of the superiority of Kenyan endurance runners? *European Journal of Applied Physiology*, 115(4), 849-859.
- 35) Sampson, J.A., & Groeller, H. (2016). Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(4), 375-383.
- 36) Saunders, P., Pyne, D., Telford, R., and Hawley, J. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34(7), 465– 485.
- 37) Saunders, P.U., Telford, R.D., Pyne, D.B., Peltola, E.M., Cunningham, R.B., Gore, C.J., and Hawley, J.A. (2006). Short term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 947–954.
- 38) Sedano, S., Marin, P.J., Cuadrado, G., and Redondo, J.C. (2013). Concurrent training in elite male runners: The influence of strength versus muscular endurance training on performance outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2433–2443.
- 39) Spurrs, R.W., Murphy, A.J., and Watsford, M.L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 1–7.
- 40) Støren, Ø., Helgerud, J., Støa, E.M., and Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1087–1092.

- 41) Turner, A.M., Owings, M., and Schwane, J.A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 60–67.
- 42) Yamamoto, L.M., Lopez, R.M., Klau, J.F., Casa, D.J., Kraemer, W.J., and Maresh, C.M. (2008). The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 2036–2044.