

Uticaj različitih karakteristika treninga na oporavak srčane frekvencije kod vrhunskih sportista

Influence of different characteristics of sport on heart rate recovery in elite athletes

Radovan Anđić¹, Biljana Đurić^{1,2}, Slavica Suzić^{1,2}

¹ Medicinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

² Institut za medicinsku fiziologiju "Rihard Burijan"

Kontakt: andjic.radovan@gmail.com

Sažetak

Uvod: Kao jedna od prednosti redovne fizičke aktivnosti navodi se niža srčana frekvencija u miru i njen brži oporavak nakon testa maksimalnog opterećenja, kao posledica jačeg parasimpatičkog (vagusnog) tonusa. Oporavak srčane frekvencije se koristi kao pouzdan parametar fizičke utreniranosti, ali i u prognostičke svrhe kao parametar rizika za oboljevanje od kardiovaskularnih bolesti.

Cilj: Cilj ove studije je da pokaže postojanje statistički značajnih razlika u oporavku srčanih frekvencija nakon maksimalnog opterećenja i razlike frekvencija u mirovanju između različitih grupa vrhunskih sportista.

Materijal i metode: Ovom studijom je obuhvaćeno 575 odraslih (23,1 ± 4,3 godina) sportista muškog pola, podeljenih u četiri grupe sportova: sportove veštine, snage, mešovitih disciplina i izdržljivosti. Svi ispitanici su izveli maksimalni, progresivni kardiopulmonalni test fizičkim opterećenjem na traci za trčanje. Oporavak srčane frekvencije u prvom ($\Delta HRR1$) i trećem minutu ($\Delta HRR3$) definisan je razlikom maksimalne srčane frekvencije i frekvencije u prvom, odnosno trećem minutu po okončanju vežbanja.

Rezultati: Statistički značajno niže vrednosti srčane frekvencije u mirovanju zabeležene su u grupi izdržljivosti (56,2 ± 10,6 min⁻¹) u odnosu na grupe sportova veština, snage i mešovitih disciplina (62,9 ± 11,4; 61,5 ± 10,0; 59,9 ± 10,4 min⁻¹) (p = 0,05). I $\Delta HRR1$ je bio značajno viši u grupi izdržljivosti (33,5 ± 14,3 min⁻¹) u odnosu na grupe sportova veštine, snage i mešovitih disciplina (24,3 ± 10,9; 25,5 ± 11,2; 27,8 ± 15,6 min⁻¹) (p = 0,05). Vrednosti $\Delta HRR3$ su bile značajno više u grupi snage, mešovitih disciplina i izdržljivosti (74,8 ± 14,3; 79,5 ± 12,7; 79,4 ± 12,6 min⁻¹) u odnosu na grupu veština (67,3 ± 16,1 min⁻¹) (p = 0,05).

Zaključak: Treniranje sportova iz grupe izdržljivosti najviše doprinosi smanjenju srčane frekvencije u mirovanju i brzini njenog oporavka u prvom minutu nakon vežbanja zbog prevladavajućeg parasimpatičkog tonusa.

Ključne reči: srčana frekvencija, oporavak, trening, sportisti

Abstract

Introduction: One of the benefits of regular physical activity is lower resting heart rate and its faster recovery after maximal exercise test, as a result of a stronger parasympathetic (vagal) tone. Heart rate recovery is used as reliable parameter for prescription of the training program and also in prognostic purposes as a parameter of risk for developing cardiovascular diseases.

Aim: The purpose of this study is to show significant differences in heart rate recovery after maximal exercise test and resting heart rate among different groups of elite athletes.

Material and Methods: This study subjected 575 adult (23.1 ± 4.3 years), male athletes divided into four sport groups: skill, power, mixed and endurance. Every subject performed progressive, maximal cardiopulmonary exercise test on a treadmill. Heart rate recovery in first ($\Delta HRR1$) and third ($\Delta HRR3$) minute was calculated as a difference of maximal heart rate and heart rate in the first and the third minute after cessation of exercise, respectively.

Results: Compared to skill, power and mixed group (62.9 ± 11.4; 61.5 ± 10.0; 59.9 ± 10.4 min⁻¹ respectively), significantly lower values of resting heart rate are recorded in the endurance group (56.2 ± 10.6 min⁻¹) (p = 0,05). Also, $\Delta HRR1$ was significantly higher in the endurance group (33.5 ± 14.3 min⁻¹) compared to skill, power and mixed group (24.3 ± 10.9; 25.5 ± 11.2; 27.8 ± 15.6 min⁻¹ respectively) (p = 0,05). Values of $\Delta HRR3$ were significantly higher in power, mixed and endurance groups (74.8 ± 14.3; 79.5 ± 12.7; 79.4 ± 12.6 min⁻¹ respectively) compared to skill group (67.3 ± 16.1 min⁻¹) (p = 0,05).

Conclusion: Training endurance group of sports has the most contribution to lower resting heart rate and faster recovery of heart rate in the first minute after exercising, due to dominant parasympathetic tone.

Key words: heart rate, recovery, sport, athletes

Uvod

Srčana frekvencija (engl. *Heart rate*, HR) u fiziološkim uslovima, definisana kao broj srčanih ciklusa u jednom minutu (min^{-1}), određena je aktivnošću sinoatrijalnog (SA) čvora, koja je modulirana od strane autonomnog nervnog sistema. Brojne studije ukazuju da je dinamika srčane frekvencije tokom vežbanja inicijalno modulirana inaktivacijom parasimpatikusa, a kasnije aktivacijom simpatikusa, dok se potpuno suprotno dešava tokom oporavka (1-4). Oporavak srčane frekvencije (engl. *Heart rate recovery*, HRR) u prvim minutima nakon fizičke aktivnosti validan je i pouzdan pokazatelj parasimpatičke aktivnosti. S druge strane, njegovo praćenje je jeftino i neinvazivno, zbog čega je u širokoj kliničkoj upotrebi (4-6). Oporavak srčane frekvencije je moćan, nezavisan prognostički marker i promenljiv faktor rizika, kako u populaciji zdravih, tako i u populaciji obolelih (6, 7). Brži oporavak srčane frekvencije ima protektivno dejstvo na srce i smanjuje rizik za obolevanje od kardiovaskularnih bolesti (8). Postoje naučne pretpostavke da se oporavak srčane frekvencije može dovesti u vezu sa glavnim komponentama sindroma insulinske rezistencije (9).

Dobro je poznato da je bolja fizička kondicija usko povezana sa bržim oporavkom srčane frekvencije. To je posledica funkcionalne adaptacije srca usled redovne fizičke aktivnosti (3, 10-14). Oporavak srčane frekvencije se koristi i za praćenje treninga i procenu kondicije (15-17). Osim fizičke utreniranosti, oporavak srčane frekvencije nakon vežbanja zavisi i od drugih faktora: zamora, pola, uzrasta, pripadnosti etničkim grupama, vrste i načina vežbanja (12, 14, 18-20). Ograničen je, međutim, broj podataka iz literature koji ilustruju razlike u dinamici srčane frekvencije u populaciji vrhunskih sportista koji se bave raznim tipovima sporta.

Cilj ove studije je da ispita u kojoj grupi sportova je oporavak srčane frekvencije u prvom i trećem minutu nakon maksimalnog opterećenja najbrži, kao i koja grupa ima najnižu srčanu frekvenciju u mirovanju. Pretpostavka je da će srčana frekvencija u mirovanju biti značajno manja, odnosno njen oporavak u prvom i trećem minutu nakon vežbanja značajno veći u grupi sportista koji se bave sportovima izdržljivosti u odnosu na grupe sportista se bave sportovima veštine, mešovitih disciplina i snage.

Materijal i metode

Protokol ove studije preseka je odobren od strane Institucionalnog nadzornog odbora za medicinsku etiku. Svi ispitanici su detaljno upoznati sa protokolom ispitivanja i svi su potpisali pismenu saglasnost.

U ispitivanju je učestvovalo 575 vrhunskih sportista iz 30 različitih sportskih disciplina, muškog pola, prosečne

starosti od $23,1 \pm 4,3$ godine. Ispitanici su klasifikovani u 4 grupe, u skladu sa preovlađujućim karakteristikama treninga (Mičelova klasifikacija modifikovana po Kaseliju (21)):

1. grupa veština (engl. *skill*) - primarno tehničke aktivnosti ($n = 87$), npr.: umetnička gimnastika, karate, tekvondo, jedrenje, golf, stoni tenis;
2. grupa sportova snage (engl. *power*) - primarno izometrijske aktivnosti ($n = 68$), npr.: dizanje tegova, rvanje, trčanje kratkih distanci;
3. grupa mešovitih disciplina (engl. *mixed*) - kombinacija izometrijskih i izotoničnih aktivnosti ($n = 304$), npr.: fudbal, košarka, vaterpolo, tenis, odbojka;
4. grupa sportova izdržljivosti (engl. *endurance*) - primarno izotonične aktivnosti ($n = 116$), npr.: veslanje, kajak, trčanje dugih distanci i maraton, plivanje, biciklizam, triatlon i pentatlon.

Kriterijumi za uključivanje: muškarci koji se profesionalno bave sportom bar 5 godina, starosti od 18 do 35 godina, i koji treniraju najmanje 10 sati nedeljno tokom tekuće sezone i učestvovali su na takmičenju od internacionalnog ili nacionalnog značaja.

Kriterijumi za isključivanje: prisustvo kardiovaskularnih ili drugih oboljenja, navika pušenja, nemogućnost da se izvede test maksimalnog opterećenja, zloupotreba steroida ili drugih lekova.

Testiranje se sprovodilo između 9:30 i 11:00 pre podne, a započeto je popunjavanjem standardizovanog sportsko-medicinskog upitnika koji sadrži 36 pitanja, a tiče se lične, porodične i anamneze po sistemima. Upitnik je obezbedio informacije o tome kojim sportom i kojom disciplinom se ispitanik bavi, kada je počeo da vežba, koliko puta dnevno i nedeljno vežba, kao i o trajanju pojedinačnih treninga. Na kraju upitnika svaki ispitanik je svojim potpisom potvrdio validnost iznetih podataka.

Svi ispitanici su podvrgnuti antropometrijskim ispitivanjima, fizikalnom pregledu i urađen im je elektrokardiogram (EKG). Potom su svi izveli kardiopulmonalni test fizičkim opterećenjem (CPET). Sve navedeno je obavljeno istog jutra u kontrolisanim, laboratorijskim uslovima: temperatura komfora ($18-22\text{ }^{\circ}\text{C}$), pri atmosferskom pritisku od 760 mm Hg i relativnoj vlažnosti vazduha od 30 do 60%. Ovi parametri su kontinuirano praćeni tokom testiranja. Ispitanici su imali lak obrok najmanje dva sata pre testa.

Telesna visina (TV), izražena u centimetrima, merena je pomoću standardnog laboratorijskog visinometra (*Seca 214 Portable Stadiometer, Cardinal Health, USA*). Telesna masa (TM), izražena u kilogramima, kao i procenat telesnih masti (BF) izmereni su pomoću bioimpedancijskog analizatora telesnog sastava (*BC-418 Segmental Body Composition Analyzer, Tanita, USA*).

Pre izvođenja svakog testa rađena je kalibracija protočnog senzora i senzora za kiseonik i ugljen-dioksid (pomoću šprica poznate zapremine i pomoću poznate gasne mešavine). Svi ispitanici su izveli maksimalni, progresivni protokol na traci za trčanje (T200; COSMED Ltd, Rome, Italy). Protokoli su individualno prilagođeni svakom ispitaniku na osnovu prethodnog upitnika, koji obezbeđuje uvid u fizičke mogućnosti ispitanika. Test je obuhvatio 3 faze: fazu odmora (ispitanici stoje mirno u trajanju od 3 minuta), test fazu i fazu oporavka (aktivnu fazu tokom koje ispitanici hodaju brzinom od 4 km/h na ravnoj traci tokom 1 minuta, nakon čega sede mirno na stolici najmanje 2 minuta). Analiza razmene gasova rađena je metodom „dah po dah“ (COSMED Ltd Italy), uz kontinuirano praćenje dvanaestokanalnim EKG-om. Srčana frekvencija je određena na osnovu EKG zapisa. Krvni pritisak meren je ručno: neposredno pred fizičko opterećenje, na svaka tri minuta tokom opterećenja, neposredno nakon prestanka opterećenja i tokom perioda oporavka (u prvom minutu, a potom nakon svakog drugog minuta). Postizanje maksimalnog opterećenja je definisano ostvarivanjem najmanje 2 od 4 kriterijuma:

1. postizanjem platoa u VO_2 max uprkos povećanju opterećenja;
2. vrednošću respiratornog količnika (RERmax) $\geq 1,10$;
3. srčanom frekvencijom unutar 10 otkucaja manja od predviđene maksimalne frekvencije (220 – broj godina);
4. psihofizičkim zamorom.

Oporavak srčane frekvencije u prvom ($\Delta HRR1$), odnosno trećem minutu ($\Delta HRR3$) određen je razlikom maksimalne srčane frekvencije ostvarene tokom fizičkog opterećenja i srčane frekvencije u prvom, odnosno trećem minutu po okončanju fizičkog opterećenja.

Svi podaci su prikazani korišćenjem standardne deskriptivne statistike, a iskazani su kao aritmetička sredina \pm standardna devijacija. Razlike aritmetičkih sredina između grupa sportista predstavljene su korišćenjem „One-

way ANOVA“ testa sa „Bonferroni Post Hock“ analizom, tj. Kruskal-Valisovog (Kruskal-Wallis) testa u zavisnosti od normalnosti raspodele podataka. Za podatke obrađene Kruskal-Valisovim neparametarskim testom kod kojih je odbačena nulta hipoteza rađen je Man-Vitnijev (Mann-Whitney) U test, kojim je ispitivana značajnost razlike aritmetičkih sredina između grupa sportista po principu svaka sa svakom. Sve statističke analize izvršene su pomoću *Statistic package for social sciences 15 (SPSS15)* programa.

Rezultati

U **Tabeli 1** prikazane su osnovne antropometrijske i demografske karakteristike ispitanika po grupama. Grupe sportista snage ($25,5 \pm 3,8$ godina) i veštine ($24,2 \pm 4,5$ godina) statistički su značajno starije u odnosu na grupu mešovitih disciplina ($22,2 \pm 4,1$ godina), dok je grupa sportista snage značajno starija i u odnosu na grupu izdržljivosti ($23,1 \pm 4,1$ godina) ($p < 0,05$). Grupa mešovitih disciplina ($190,4 \pm 10,2$ cm) ima statistički značajno veću telesnu visinu od grupe izdržljivosti ($186,4 \pm 7,3$ cm) ($p < 0,05$). Obe grupe imaju statistički značajno veću telesnu visinu od grupe veština ($183,5 \pm 7,1$ cm), odnosno sve tri navedene grupe sportista imaju statistički značajno veću telesnu visinu u odnosu na grupu snage ($180,0 \pm 8,3$ cm) ($p < 0,05$). Grupa mešovitih disciplina ($87,0 \pm 13,4$ kg) ima statistički značajno veću telesnu masu u odnosu na grupu veština ($81,8 \pm 12,7$ kg) i grupu izdržljivosti ($81,4 \pm 9,1$ kg), dok ne postoji značajna razlika između drugih grupa ($p < 0,05$). Procenat telesnih masti najveći je u grupi veština ($13,7 \pm 7,0$ %), a najmanji u grupi izdržljivosti ($8,4 \pm 3,6$ %) ($p < 0,05$). Grupa mešovitih disciplina ($12,5 \pm 4,4$ godina) i grupa veština ($11,6 \pm 5,8$ godina) statistički značajno duže treniraju u odnosu na grupu izdržljivosti ($9,9 \pm 4,7$ godina), a grupa mešovitih disciplina pokazuje i značajno duži sportski staž u odnosu na grupu snage ($11,2 \pm 4,6$ godina) ($p < 0,05$).

Tabela 1. Osnovni demografski i antropometrijski parametri po grupama

| | Svi ispitanici n = 575 | Veštine n = 87 | Snaga n = 68 | Mešovite n = 304 | Izdržljivost n = 116 |
|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| Uzrast (godine) ^a | 23,1 \pm 4,3 | 24,2 \pm 4,5 [#] | 25,5 \pm 3,8 ^{*,§} | 22,2 \pm 4,1 ^{*,&} | 23,1 \pm 4,1 ^{&} |
| Telesna visina (cm) ^b | 187,3 \pm 9,8 | 183,5 \pm 7,1 ^{&,#,§} | 180,0 \pm 8,3 ^{*,#,§} | 190,4 \pm 10,2 ^{*,&,#,§} | 186,4 \pm 7,3 ^{*,&,#} |
| Telesna masa (kg) ^b | 84,8 \pm 13,4 | 81,8 \pm 12,7 [#] | 84,9 \pm 17,9 | 87,0 \pm 13,4 ^{*,§} | 81,4 \pm 9,1 [#] |
| Procenat masti (%) ^b | 9,8 \pm 3,6 | 13,7 \pm 7,0 ^{&,#,§} | 10,0 \pm 4,8 ^{*,§} | 9,2 \pm 4,6 [^] | 8,4 \pm 3,6 ^{*,&} |
| Godine treniranja ^b | 11,7 \pm 4,8 | 11,6 \pm 5,8 [§] | 11,2 \pm 4,6 [^] | 12,5 \pm 4,4 ^{&,#,§} | 9,9 \pm 4,7 ^{*,#} |

^a Testirano pomoću One-Way Anova testa, ^b Testirano pomoću Man-Vitni U testa;

^{*} $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi veština, [#] $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi sportova snage, [^] $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi mešovitih disciplina, [§] $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi sportova izdržljivosti;

Vrednosti srčane frekvencije u mirovanju (neposredno pre testa opterećenja), maksimalne srčane frekvencije (neposredno nakon vežbanja), kao i oporavak srčanih frekvencija nakon prvog i trećeg minuta oporavka, prikazani su po grupama u **Tabeli 2**. Srčana frekvencija u miru u grupi izdržljivosti ($56,2 \pm 10,6 \text{ min}^{-1}$) statistički je značajno niža u odnosu na grupe sportova veštine ($62,9 \pm 11,4 \text{ min}^{-1}$), snage ($61,5 \pm 10,0 \text{ min}^{-1}$) i mešovitih disciplina ($59,9 \pm 10,4 \text{ min}^{-1}$), među kojima nema značajnih razlika ($p = 0,05$). Analizom maksimalne srčane frekvencije utvrđeno je da grupa izdržljivosti ($184,9 \pm 11,0 \text{ min}^{-1}$) ne pokazuje značajne razlike u odnosu na ostale grupe, ali da grupa mešovitih disciplina ($187,4 \pm 9,9 \text{ min}^{-1}$) pokazuje statistički značajne razlike (veća je) u odnosu na grupu snage ($180,8 \pm 12,9 \text{ min}^{-1}$) i grupu veština ($182,9 \pm 13,0 \text{ min}^{-1}$) ($p < 0,05$). Oporavak srčane frekvencije u prvom minutu nakon maksimalnog opterećenja statistički je značajno brži u grupi izdržljivosti ($33,5 \pm 14,3 \text{ min}^{-1}$) u odnosu na ostale tri grupe, među kojima nema značajnijeg statističkog odstupanja ($p < 0,05$). U grupama snage ($74,8 \pm 14,3 \text{ min}^{-1}$), mešovitih disciplina ($79,5 \pm 12,7 \text{ min}^{-1}$) i izdržljivosti ($79,4 \pm 12,6 \text{ min}^{-1}$) međusobno nema značajne razlike u oporavku srčane frekvencije u trećem minutu nakon maksimalnog opterećenja, ali sve tri grupe imaju značajno brži oporavak u odnosu na grupu veština ($67,3 \pm 16,1 \text{ min}^{-1}$) ($p < 0,05$).

Diskusija

Uprkos razlikama u godinama, sve ispitanike možemo svrstati u populaciju mladih vrhunskih sportista (uzrasta od 18 do 35) (22, 23).

Poznato je da postoji značajna razlika u oporavku srčane frekvencije između sportista i fizički neaktivnih osoba (kontrole) (3, 12), a ovom studijom su pokazane razlike u oporavku srčanih frekvencija, ali i razlike frekvencija u mirovanju i maksimalnih frekvencija između različitih

grupa (podela na osnovu preovlađujućih karakteristika treninga) vrhunskih sportista. Pokazano je da grupa izdržljivosti ima značajno niže vrednosti srčane frekvencije u miru u odnosu na preostale tri grupe. S obzirom na niže vrednosti srčane frekvencije u miru, a bez značajne razlike u maksimalnoj srčanoj frekvenciji, sportisti koji vežbaju izdržljivost imaju veći raspon za povećanje u toku fizičke aktivnosti, označen kao rezerva srčane frekvencije (24). Osim toga, oporavak srčane frekvencije u prvom minutu nakon maksimalnog fizičkog opterećenja značajno je brži u grupi izdržljivosti u odnosu na preostale tri grupe. Za razliku od srčane frekvencije u mirovanju i oporavka srčane frekvencije u prvom minutu nakon maksimalnog fizičkog opterećenja, koje su potvrdile hipotezu da se grupa izdržljivosti statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale, opovrgnuta je hipoteza da grupa izdržljivosti ima značajno veći oporavak srčane frekvencije u trećem minutu nakon testa opterećenja. Naime, u grupama snage, mešovitih disciplina i izdržljivosti međusobno nema značajne razlike u oporavku srčane frekvencije u trećem minutu nakon maksimalnog opterećenja, ali sve tri grupe imaju značajno veći oporavak u odnosu na grupu veština. Dobijeni podaci mogu se objasniti činjenicom da je na početku vežbanja srčana frekvencija u porastu zbog smanjenja parasimpatičkog tonusa, a kasnije, sa porastom intenziteta vežbanja zbog pojačane aktivacije simpatikusa (25). S druge strane, po prestanku vežbanja nagli pad srčane frekvencije u prvom minutu uslovljen je brzom aktivacijom parasimpatikusa, a kasnije i inaktivacijom simpatikusa (1, 26).

Slično ovoj, studija Vinsent-Kamposa (*Vincente-Campos*) i sar. ispitala je vrednosti srčane frekvencije i njen oporavak nakon maksimalnog opterećenja kod sportista (27). Podaci ove studije, međutim, imaju značajno veće vrednosti ΔHRR1 i ΔHRR3 ($28,1 \pm 14,5$ za ΔHRR1 i $77,1 \pm 14,1$ za ΔHRR3 u odnosu na $15,2 \pm 8,4$ za ΔHRR1 i $64,6 \pm 2,1$ za ΔHRR3). I brojne druge studije su analizirale dinamiku

Tabela 2. Dinamika srčanih frekvencija po grupama

| | Svi ispitanici n = 575 | Veštine n = 87 | Snaga n = 68 | Mešovite n = 304 | Izdržljivost n = 116 |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| HR u miru ^b | $59,8 \pm 10,7$ | $62,9 \pm 11,4^{\$}$ | $61,5 \pm 10,0^{\$}$ | $59,9 \pm 10,4^{\$}$ | $56,2 \pm 10,6^{*,\&,\#}$ |
| Maksimalna HR ^a | $185,4 \pm 11,2$ | $182,9 \pm 13,0^{\#}$ | $180,8 \pm 12,9^{\#}$ | $187,4 \pm 9,9^{*,\&}$ | $184,9 \pm 11,0$ |
| ΔHRR1^a | $28,1 \pm 14,5$ | $24,3 \pm 10,9^{\$}$ | $25,5 \pm 11,2^{\$}$ | $27,8 \pm 15,6^{\$}$ | $33,5 \pm 14,3^{*,\&,\#}$ |
| ΔHRR3^b | $77,1 \pm 14,1$ | $67,3 \pm 16,1^{\&,\#,\$}$ | $74,8 \pm 14,3^*$ | $79,5 \pm 12,7^*$ | $79,4 \pm 12,6^*$ |

HR u miru – srčana frekvencija u miru, maksimalna HR – maksimalna srčana frekvencija, ΔHRR1 – oporavak srčane frekvencije u prvom minutu nakon sesije fizičke aktivnosti, ΔHRR3 – oporavak srčane frekvencije u trećem minutu nakon sesije fizičke aktivnosti;

^a Testirano pomoću One-Way Anova testa, ^b Testirano pomoću Man-Vitni U testa;

* $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi veština, [&] $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi sportova snage, [#] $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi mešovitih disciplina, ^{\$} $p < 0,05$ u odnosu na ispitanike koji pripadaju grupi sportova izdržljivosti

oporavka srčane frekvencije, ali zbog razlika u protokolima studija rezultati nisu pogodni za upoređivanje (13, 16, 26).

S obzirom na to da je oporavak srčane frekvencije uslovljen aktivnošću parasimpatikusa, može se reći da grupa izdržljivosti ima značajno veći parasimpatički tonus u odnosu na ostale grupe sportista [3, 28]. Dominantan parasimpatički tonus može se objasniti povećanom sintezom azot-monoksida, koji facilitira vagalnu holinergičku transmisiju, uz istovremenu inhibiciju simpatičkog uticaja na srce, što je pokazano na zamorcu kome je trenirana izdržljivost (29). Tokom treninga, posebno treninga izdržljivosti, drastično se povećava protok i posleđično dolazi do trenja (engl. *shear-stress*) ćelija krvi i plazme o endotel krvnih sudova, što rezultira oslobađanjem velike količine azot-monoksida koji facilitira parasimpatičku transmisiju (30).

Brži oporavak srčane frekvencije u prvom i trećem minutu nakon maksimalnog fizičkog opterećenja, koji ukazuje na jači parasimpatički tonus, ima protektivno dejstvo na kardiovaskularni sistem, iako tačan mehanizam ovog dejstva nije poznat (8). Oporavak srčane frekvencije je pokazatelj stepena utreniranosti i mogao bi da ukaže

na nepravilno vežbanje, poput previše treniranja (engl. *overtraining*) i dehidracije (17). Istraživanja Heffernana (*Heffernan*) i sar. pokazuju da se treniranjem izdržljivosti ubrzava oporavak srčane frekvencije, ali i da 4 nedelje po prestanku treniranja ove promene iščezavaju (31). Sve navedeno, zajedno sa činjenicom da su srčana frekvencija i njen oporavak nakon fizičke aktivnosti pouzdani parametri, čije pribavljanje je jeftino i neinvazivno, iziskuje potrebu da se oporavak srčane frekvencije definiše kao pokazatelj fizičke utreniranosti.

Zaključak

Koristeći srčanu frekvenciju i njen oporavak kao parametre parasimpatičke holinergičke aktivnosti, ova studija je pokazala da postoje male, ali statistički značajne razlike između različitih grupa sportova. Manje vrednosti srčane frekvencije u mirovanju i njen brži oporavak u prvom minutu nakon testa maksimalnog opterećenja u grupi sportova izdržljivosti u odnosu na preostale tri grupe sportova jasno ukazuje na dominantniji parasimpatički tonus.

Literatura

- Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol.* 1989; 256: H132–H141.
- Perini R1, Orizio C, Comandè A, Castellano M, Beschi M, Veicsteinas A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989; 58: 879–883.
- Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1994; 24: 1529–1535.
- Pierpont GL, Stolpman DR, Gornick CC. Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *J Auton Nerv Syst.* 2000; 80: 169–174.
- Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999; 341: 1351–1357.
- Lahiri MK, Kannankeril PJ, Goldberger JJ. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implications. *J Am Coll Cardiol.* 2008; 51: 1725–1733.
- Billman GE. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological anti-arrhythmic intervention. *J Appl Physiol.* 2002; 92: 446–454.
- Saxena A, Minton D, Lee DC, Sui X, Fayad R, Lavie CJ, et al. Protective role of resting heart rate on all-cause and cardiovascular disease mortality. *Mayo Clinic Proceedings.* 2013; 12: 1420–1426.
- Lind L, Andren BC. Heart rate recovery after exercise is related to the insulin resistance syndrome and heart rate variability in elderly men. *Am Heart J.* 2002; 144:666–672.
- Hagberg JM, Hickson RC, Ehsani AA, Holloszy JO. Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1980; 48: 218–224.
- Darr KC1, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am J Physiol.* 1988; 254: H340–H343.
- Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Sugawara J, et al. Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39: 365–370.
- Boullosa DA, Tuimil JL, Leicht AS, Crespo-Salgado JJ. Parasympathetic modulation and running performance in distance runners. *J Strength Cond Res.* 2009; 23: 626–31.
- Daanen HA, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NL. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012; 7: 251–260.
- Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006; 291: H451–H458.
- Borresen J, Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med.* 2008; 38: 633–646.
- Lamberts RP, Swart J, Capostagno B, Noakes TD, Lambert MI. Heart rate recovery as a guide to monitor fatigue and predict changes in performance parameters. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20: 449–457.
- Maeder MT, Ammann P, Rickli H, Brunner-La Rocca HP. Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 105: 247–255.
- Antelmi I, Chuang EY, Grupi CJ, Latorre Mdo R, Mansur AJ. Heart rate recovery after treadmill electrocardiographic exercise stress test and 24-hour heart rate variability in healthy individuals. *Arq Bras Cardiol.* 2008; 90: 380–385.
- Ostojic SM, Markovic G, Calleja-Gonzalez J, Jakovljevic DG, Vucetic V, Stojanovic MD. Ultra short-term heart rate recovery after maximal exercise in continuous versus intermittent endurance athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2010; 108: 1055–1059.
- Caselli S, Di Paolo FM, Pisciocchio C, Di Pietro R, Quattrini FM, Di Giacinto B, et al. Threedimensional echocardiographic characterization of left ventricular remodeling in Olympic athletes. *Am J Cardiol.* 2011; 108(1): 141–7.
- Corrado D, Basso C, Schiavon M, Pelliccia A, Thiene G. Pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden cardiac death. *J Am Coll Cardiol.* 2008;9;52(24):1981–9.
- Corrado D, Pelliccia A, Bjørnstad HH, Vanhees L, Biffi A, Borjesson M, et al. Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology.

- Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study Group of Sport Cardiology of the Working Group of Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology and the Working Group of Myocardial and Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2005;26(5):516-24
24. Al-Ani M, Robins K, al-Khalidi AH, Vaile J, Townend J, Coote JH. Isometric contraction of arm flexor muscles as a method of evaluating cardiac vagal tone in man. *Clin Sci (Lond)*. 1997;92(2):175-80.
 25. Robinson B, Epstein S, Beiser G, Braunwald E. Control of heart rate by the autonomic nervous system: studies in man on the interrelation between baroreceptor mechanisms and exercise. *Circ Res*. 1966;19:400-11.
 26. Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med*. 2008 r;29(3):238-43.
 27. Vicente-Campos D, Martin Lopez A, Nunez MJ, Lopez Chicharro J. Heart rate recovery normality data recorded in response to a maximal exercise test in physically active men. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(6):1123-8.
 28. Coote JH. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. *Exp Physiol*. 2010;95(3):431-40.
 29. Mohan RM, Choate JK, Golding S, Herring N, Casadei B, Paterson DJ. Peripheral pre-synaptic pathway reduces the heart rate response to sympathetic activation following exercise training: role of NO. *Cardiovasc Res*. 2000;47(1):90-8.
 30. Busch R, Strohbach A, Pennewitz M, Lorenz F, Bahls M, Busch MC, et al. Regulation of the endothelial apelin/APJ system by hemodynamic fluid flow. *Cell Signal*. 2015 24;27(7):1286-1296.
 31. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B.. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007;293(5):H3180-6.