



UNIVERZITET U NOVOM SADU

MEDICINSKI FAKULTET

Doktorske akademske studije

**VARIJABILNOST SRČANE FREKVENCIJE TOKOM
OPORAVKA OD TESTOVA ZA PROCENU
ENERGETSKIH KAPACITETA U AEROBNIM I
ANAEROBNIM SPORTOVIMA**

doktorska disertacija

Mentor:

Doc. dr Aleksandar Klašnja

Kandidat:

dr Lana Andrić

Novi Sad, 2019. godina

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Lana Andrić
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Doc. dr Aleksandar Klačnja
Naslov rada: NR	Varijabilnost srčane frekvencije tokom oporavka od testova za procenu energetske kapaciteta u aerobnim i anaerobnim sportovima
Jezik publikacije: JP	Srpski (latinica)
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina:	2019

GO	
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Medicinski fakultet Hajduk Veljkova 3 21000 Novi Sad
Fizički opis rada: FO	(8 poglavlja / 144 stranice / 27 slika / 5 grafikona / 244 reference / 2 priloga)
Naučna oblast: NO	Medicina
Naučna disciplina: ND	Fiziologija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	srčana frekvencija, autonomni nervni sistem, fizička izdržljivost; potrošnja kiseonika; rezistentni trening; testovi opterećenja; mišićna snaga
UDK	612.17.08:796
Čuva se: ČU	Biblioteka Medicinskog fakulteta Hajduk Veljkova 3, 21000 Novi Sad
Važna napomena: VN	
Izvod: IZ	Kardiovaskularni odgovor na različite fiziološke stimuluse moguće je pratiti putem analize razlika u trajanju srčanih ciklusa – varijabilnosti srčane frekvencije (VSF). Ona ima široku primenu u oblasti sporta budući da je monitoring putem VSF krajnje bezbedan, jeftin i jednostavan za izvođenje. Njeni indeksi se razlikuju između treniranih i netreniranih, uvećavaju se u odgovoru na trening izdržljivosti, a padaju ukoliko dođe do pojave zamora i pretreniranosti. Cilj istraživanja je bio da se utvrdi da li postoji razlika između sportista iz grupe dominantno anaerobnih sportova (AN), sportista iz grupe dominantno aerobnih sportova (AE) i nesportista (NS) u VSF u miru i u

	<p>autonomnom odgovoru nakon testova za ispitivanje aerobnog i anaerobnog energetskeg kapaciteta, kao i da li postoji povezanost između rezultata ovih testova i parametara VSF unutar grupa. Ispitivanju je pristupilo 75 sportista koji su zatim razvrstani na osnovu dominantnih metaboličkih zahteva treniranog sporta tako da ih je u AN grupi bilo 36 (20.7 ± 2.4 god., 1.83 ± 0.07 cm, 83.5 ± 12.3 kg), a u AE grupi 39 (20.5 ± 1.9 god., 1.79 ± 0.06 cm, 75.6 ± 8.1 kg). U NS grupi bilo je 39 ispitanika (21.4 ± 1.8 god., 1.82 ± 0.06 cm, 83.1 ± 11.2 kg) iste uzrasne dobi i sličnih demografskih karakteristika sa sportistima. Ispitanici su u različitim danima bili podvrgnuti anaerobnom Vingejt testu (WanT) i inkrementalnom testu za određivanje maksimalne aerobne potrošnje ($VO_2\max$). VSF je registrovana Polar pulsmetrom, a podaci su obrađeni u Polar ProTrainer 5 softveru. Sportisti iz AE grupe imali su više vrednosti parametara SDNN (standardna devijacija NN intervala (interval između R zubca jednog do R zubca narednog, normalnog QRS kompleksa)) i RMSSD (kvadratni koren srednje vrednosti sume kvadrata razlika) merene u mirovanju u odnosu na ostale grupe. Razlike u VSF između grupa tokom oporavka od WanT i $VO_2\max$ testa nije bilo. U AN grupi parametar SDNN umereno negativno je korelirao sa vrednostima prosečne snage (eng. mean power, MP) i maksimalne snage (eng. peak power, PP) u VSF u miru i tokom oporavka od WanT. Parametar lnLF (prirodni logaritam vrednosti niskofrekventnog opsega spektra) pokazivao je istovetnu korelaciju u miru sa MP i PP, a tokom oporavka od WanT umereno negativno je korelirao samo sa vrednosti PP. Parametar VSF u miru – lnHF (prirodni logaritam vrednosti visokofrekventnog opsega spektra) umereno negativno je korelirao sa MP. Odnos niskofrekventnog prema visokofrekventnom opsegu spektra (LF/HF) pokazivao je umerenu pozitivnu povezanost sa vrednosti maksimalne snage prema kilogramima telesne težine (PP/kg) i u miru i tokom oporavka od WanT. U AE i NS grupi nisu uočene povezanosti sa rezultatima WanT u miru i oporavku. Kod AE sportista u miru vrednost prosečnog NN intervala (NNRR) umereno pozitivno je korelirala sa vršnom vrednošću VO_2 (VO_2 pik), a umerena negativna povezanost ispoljena je za vrednost maksimalnog broja otkucaja na kraju $VO_2\max$ testa (HR_{\max}) sa SDNN, SD1 (kratkoročna varijabilnost Poenkareovog zapleta), RMSSD, pNN50 (procentualni udeo NN intervala dužih od 50 ms u ukupnom broju NN intervala), ukupnom snagom spektra (TP), vrednosti opsega spektra vrlo niskih frekvencija (VLF), vrednosti niskofrekventnog opsega spektra (LF), lnLF,</p>
--	--

	<p>vrednosti visokofrekventnog opsega spektra (HF) i lnHF. Umerena negativna korelacija postojala je i za vrednost srčane frekvencije na ventilatornom pragu (HRvt) sa vrednostima SDNN, SD1 i RMSSD. Tokom oporavka od VO₂max testa kod ovih sportista postojala je umerena negativna povezanost vrednosti VO₂pik sa lnHF, vrednosti visokofrekventnog opsega spektra izraženu u normalizovanim jedinicima (HFnu) i LF/HF, a VO₂pik je i umereno pozitivno korelirao sa HF. U NS grupi naglašeni parasimpatički (PNS) markeri VSF (NNRR i pNN50) u miru dovodeni su u negativnu vezu sa progresijom srčanog ritma tokom VO₂max testa, a dominacija u niskofrekventnom opsegu spektra bila je u direktnom odnosu sa ostvarenim vršnim vrednostima VO₂. U aerobnim sportovima u VSF u miru dominiraju PNS obeležja. Niska VSF u miru i u uslovima oporavka od WanT karakteristika je sportista iz anaerobne grupe sportova. Naglašenost pojedinih PNS markera u miru i uslovima oporavka od VO₂max testa moguće ukazuje na bolji aerobni kapacitet u sportovima izdržljivosti. Među nesportistima bolju aerobnu izdržljivost imaju oni kod kojih u miru postoji dominacija u niskofrekventnom opsegu spektra.</p>
<p>Datum prihvatanja teme od strane Senata:</p> <p>DP</p>	<p>12.05.2016.</p>
<p>Datum odbrane:</p> <p>DO</p>	
<p>Članovi komisije:</p> <p>(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)</p> <p>KO</p>	<p>predsednik:</p> <p>član:</p> <p>član:</p>

University of Novi Sad

Faculty

Key word documentation

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Doctoral thesis
Author: AU	Lana Andrić
Mentor: MN	Doc. dr Aleksandar Klašnja
Title: TI	Heart rate variability during recovery from tests for the assessment of energy capacity in aerobic and anaerobic sports
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication:	Vojvodina

LP	
Publication year: PY	2019
Publisher: PU	Author's repint
Publication place: PP	Faculty of Medicine Hajduk Veljkova 3, 21000 Novi Sad
Physical description: PD	8 chapters / 144 pages / 27 pictures / 5 graphs / 21 table / 244 references / 2 attachments
Scientific field SF	Medicine
Scientific discipline SD	Physiology
Subject, Key words SKW	Heart rate; Autonomic Nervous System; Physical Endurance; Oxygen Consumption; Resistance Training; Exercise Test; Muscle Strength
UC	612.17.08:796
Holding data: HD	Library of the Faculty of Medicine Novi Sad Hajduk Veljko St 3 21000 Novi Sad
Note: N	
Abstract: AB	Cardiovascular response to various physiological stimuli is possible to monitor through heart cycle length analysis – heart rate variability (HRV). HRV has a vast application in sport concerning that monitoring via HRV is absolutely safe, cheap and simple for use. HRV indexes are different among trained and untrained subjects, they are augmented in response to endurance training and lowered in the case of fatigue and overtraining. The goal of this research was to determine if there is a difference between athletes from dominantly anaerobic sports (AN), athletes from dominantly aerobic sports (AE) and non-athletes (NA) in resting HRV and in

	<p>autonomic response after tests for determination of anaerobic and aerobic capacity, and also to examine if there is a correlation of results of these tests and HRV parameters intra-group. The research included 75 athletes who were classified in two groups according to the dominant metabolic demands of the trained sport – the AN group consisted of 36 athletes (20.7±2.4 yrs, 1.83±0.07 cm, 83.5±12.3 kg), and the AE group consisted of 39 athletes (20.5±1.9 yrs, 1.79±0.06 cm, 75.6±8.1 kg). In the NA group there were 39 participants (21.4±1.8 yrs, 1.82±0.06 cm, 83.1±11.2 kg) who were of same age and similar demographic characteristics as athletes. The examinees were subjected to anaerobic Wingate test (WanT) and incremental test for maximal aerobic expenditure (VO₂max) in different days. HRV was registered with Polar heart rate monitor and the data were analyzed in Polar Pro Trainer 5 software. Athletes from AE group had higher values of resting SDNN (standard deviation of NN intervals (normal-to-normal intervals – intervals from the peak of one R wave to the peak of subsequent R wave of normal QRS complexes) and RMSSD (root mean square of the successive squared differences) in regard to other two groups. We did not find any differences in HRV between groups during the recovery from WanT and VO₂max test. SDNN parameter correlated moderately negatively with mean power (MP) and peak power (PP) in rest and during recovery from WanT in AN group. The natural logarithm of low frequency spectral band (lnLF) showed the same type of correlation in rest with MP and PP, and it correlated moderately negatively with PP in recovery from WanT. The resting HRV parameter – lnHF (natural logarithm of high frequency spectral band) moderately negatively correlated with MP. The low frequency spectral band to high frequency spectral band relation (LF/HF) showed moderately positive correlation with PP in respect to kilograms of body weight (PP/kg) in rest and during recovery from WanT. In AE and NA group no correlations were seen with the results of WanT in HRV at rest and during recovery. In AE group resting NNRR (average NN interval) moderately positively correlated with peak VO₂ value (VO₂peak), and moderate negative correlation existed for maximal heart rate at the end of VO₂max test (HRmax) with SDNN, SD1 (short time</p>
--	--

	<p>variability of Pointcare plot), RMSSD, pNN50 (the percentage of NN intervals longer than 50 ms in overall number of NN intervals), total spectral power (TP), very low frequency spectral power (VLF), low frequency spectral power (LF), lnLF, high frequency spectral power (HF) and lnHF. Moderate negative correlation existed for heart rate at ventilatory threshold (HR_{vt}) with the values of SDNN, SD1 and RMSSD. During recovery from VO₂max test athletes from AE group had moderately negative correlation of VO₂peak with lnHF, high frequency spectral power expressed in normalized units (HF_{nu}) and LF/HF, and VO₂peak did moderately positively correlate with HF. In NA group augmented resting parasympathetic HRV markers (NNRR and pNN50) were in negative relation with heart rate progression during VO₂max test, and a dominance in low frequency spectral band was in direct relation with achieved values of VO₂peak. In aerobic sports PNS tone is marked. Reduced HRV in rest and during the recovery from WanT is seen in athletes from anaerobic sports. Augmentation of some PNS parameters in rest and recovery conditions from VO₂max test possibly suggests better aerobic capacity in endurance sports. Among non-athletes better aerobic endurance was reserved for the ones who showed dominance in low frequency spectral band in resting-state HRV.</p>
<p>Accepted on Senate on: AS</p>	<p>May 12th 2016</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p>president: member: member:</p>

Veliku zahvalnost dugujem svom mentoru, Doc. dr Aleksandru Klašnji, koji je imao poverenja u mene, podržavao me i svesrdno savetovao na svakom koraku. Hvala mu na velikoj podršci i pomoći. Zahvalnost takođe dugujem celokupnom kolektivu Zavoda za fiziologiju, mojoj porodici i svima onima koji su mi pomogli tokom procesa izrade ove disertacije.

Sadržaj

UVOD.....	1
Morfologija i anatomija srca	2
Fiziološke karakteristike srčanog mišića	3
Mehanika srca	4
Provodni sistem srca i akcioni potencijali.....	5
Nervna regulacija srčanog rada	9
Refleksna kontrola srčanog rada	12
Varijabilnost srčane frekvencije.....	16
Specifičnosti primene VSF kod sportista.....	21
Podela sportova prema fiziološkim i metaboličkim zahtevima.....	25
CILJEVI:	33
HIPOTEZE:	34
MATERIJAL I METODE	35
Ispitanici	35
Eksperimentalni model	37
Ogledna faza	39
Analiza VSF.....	43
Statistička analiza	44
REZULTATI.....	45
Ispitivanje postojanja razlike u parametrima VSF u miru između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista.....	49
Ispitivanje postojanja razlike u parametrima VSF tokom oporavka od WanT između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista	50
Ispitivanje postojanja razlike u parametrima VSF tokom oporavka od VO ₂ max testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista.....	51
Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF u miru i rezultata WanT.....	52
Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u grupi dominantno anaerobnih sportista.....	52
Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u grupi dominantno aerobnih sportista.....	53
Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u grupi nesportista	54
Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF u miru i rezultata VO ₂ max testa	55
Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata VO ₂ max testa u grupi dominantno anaerobnih sportista.....	55

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na VO ₂ max testu u grupi dominantno aerobnih sportista	56
Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na VO ₂ max testu u grupi nesportista	57
Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF registrovanih odmah po terminaciji WanT i rezultata WanT.....	58
Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku WanT i rezultata WanT u grupi dominantno anaerobnih sportista	58
Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku WanT i rezultata WanT u grupi dominantno aerobnih sportista	59
Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku WanT i rezultata WanT u grupi nesportista	60
Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF registrovanih odmah po terminaciji VO ₂ max testa i rezultata VO ₂ max testa.....	61
Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku VO ₂ max testa i rezultata VO ₂ max testa u grupi dominantno anaerobnih sportista	61
Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku VO ₂ max testa i rezultata VO ₂ max testa u grupi dominantno aerobnih sportista.....	62
Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku VO ₂ max testa i rezultata VO ₂ max testa u grupi nesportista.....	63
Razlike u rezultatima WanT između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista	64
Razlike u rezultatima VO ₂ max testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista	65
Razlike u rezultatima IPAQ testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista	66
Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF u miru i vrednost MET prema IPAQ testu kod dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista	67
DISKUSIJA	68
Zastupljenost sportova	68
Sportski staž i časovi treninga na nedeljnom nivou.....	70
Antropometrija, vitalni parametri i plućni kapaciteti.....	70
Ispitivanja energetske kapaciteta.....	73
Inkrementalni test za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika.....	73
Vingejt test	76
Analiza VSF.....	80
Razlike u vrednostima VSF u miru između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista	80
Razlike u VSF tokom oporavka od inkrementalnog testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i Vingejt testa.....	84

Povezanost između vrednosti VSF u miru i oporavku sa rezultatima inkrementalnog testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i Vingejt testa	92
ZAKLJUČAK	96
LITERATURA:.....	99
PRILOG:.....	125
INTERNACIONALNI UPITNIK ZA PROCENU FIZIČKE AKTIVNOSTI (INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONARY, IPAQ)	125
SKRAĆENICE:.....	128

UVOD

U današnje vreme bavljenje takmičarskim sportom zahteva od pojedinca disciplinovan rad i fokusiranost na ostvarivanje vrhunskih rezultata. Iako svrsishodan trening ima značajan uticaj na razvoj veština i određenih segmenata fizioloških performansi (1), neće svaki pojedinac koji angažovano trenira imati vrhunske rezultate u sportu (2). Krajnji potencijal neke individue za izvršenje zadatka unutar sportske aktivnosti zavisi od prirode samog zadatka, sredinskih, psiholoških i genetskih faktora (3). Aktuelno polje interesovanja molekularnih biologa koji izučavaju biologiju sporta jeste povezanost genotipa sa specifičnim fenotipom vrhunskih sportista. Kardiovaskularna izdržljivost (maksimalna potrošnja kiseonika, laktatni prag, kinetika preuzimanja kiseonika), skeletni mišićni odgovor, fiziološka reakcija na trening (fiziološki i biohemijski procesi unutar koštano-zglobno-mišićnog, kardiovaskularnog, nervnog i disajnog sistema), sposobnost tetivno-ligamentarnog aparata da se odupre povredama i ekonomija pokreta su fenotipske karakteristike koje imaju genetsku podlogu (2–8). Elitni nivo u sportu podrazumeva postojanje poligenetskog nasleđa, međutim, šanse da postoji osoba sa vanserijskim ili skoro savršenim poligenским profilom što se tiče izdržljivosti su praktično nemoguće (8).

U domenu kardiovaskularnog nasleđa hemodinamski parametri kao što su broj srčanih otkucaja tokom fizičke aktivnosti, krvni pritisak i morfologija srca spadaju među one na koje se obraća posebna pažnja prilikom analize kardiovaskularnih sportskih sposobnosti (3).

Identifikovano je preko 20 lokusa koji kodiraju informacije za kontrolu srčanog ritma, ali još uvek se malo zna o doprinosu genetike u modulaciji srčanog ritma, posebno na inter-individualnom nivou (9,10).

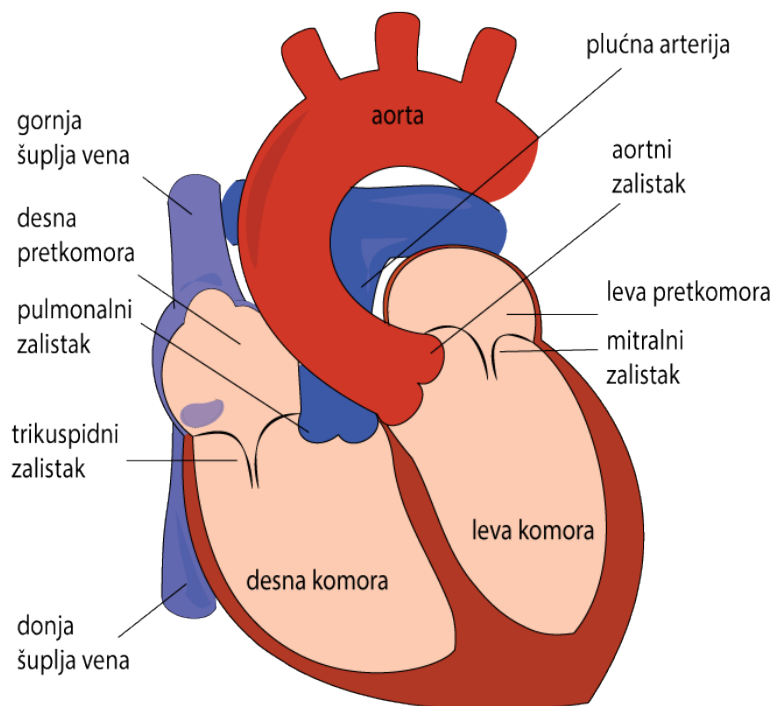
Dobitnici olimpijskih medalja u trci na 100 metara (m), 100 m plivanju, maratonu, dizanju tegova, tenisu, stonom tenisu i skoku u vis su svi besprekorno fizički pripremljeni za sport

kojim se bave, ali niko od njih nije fizički spreman da se iskaže u bilo kom od ostalih šest sportova (11). Razlog ovome je ogromnim delom u treningu. Veličina trenažnog odgovora zavisi od trajanja sesija, njihovog intenziteta i učestalosti, uporedo sa prethodnim stepenom utreniranosti, genetskim potencijalom, starošću i polom pojedinca. Osim toga, veoma je bitan tip treninga (izdržljivost, snaga, brzina), kao i vrste vežbi (12).

Varijabilnost srčane frekvencije (VSF) našla je svoju primenu u domenu sporta. Njeni indeksi se razlikuju između treniranih i netreniranih, uvećavaju se u odgovoru na trening izdržljivosti, a padaju ukoliko dođe do pojave zamora i pretreniranosti. Budući da je monitoring putem VSF krajnje bezbedan, jednostavan za izvođenje i da tržište obiluje softverima za analizu, ona postaje sve privlačnija alatka stručnjacima i istraživačima iz različitih sfera sporta.

Morfologija i anatomija srca

Ljudsko srce je šupalj fibrozno-mišićni organ veličine stisnute pesnice, čija je glavna uloga održavanje cirkulacije, odnosno, neprekidnog kretanja krvi ka plućima – mali krvotok i ka



Slika 1. Morfologija srca.

www.kardiohirurgija.rs/kardiohirurgija-o-srcu.html

periferiji – veliki krvotok. Šupljine srca čine dve zasebne pumpe – levo srce tj. leva pretkomora i komora i desno srce koje čine desna pretkomora i komora. Normalno, između pretkomora, kao ni između komora, ne postoji komunikacija. Pretkomore i komore povezane su otvorima – atrioventrikularnim zaliscima (mitralni i trikuspidni), a između komora i velikih krvnih sudova – aorte i plućne arterije – nalaze se semilunarni zalisci (aortni i pulmonalni) (Slika 1). Levo srce pumpa oksigenisanu krv prispelu u levu pretkomoru iz plućnih vena, kroz aortu i njene grane ka perifernim tkivima čineći veliki tj. sistemski krvotok. Na drugom kraju cirkulatornog sistema, iz tkivne kapilarne mreže nastaju venule i vene, koje se ulivaju u gornju i donju šuplju venu kojima se redukovana krv distribuira u desno srce. Prispela krv se zatim odvodi arterijom ka plućnoj kapilarnoj mreži, gde se odvija razmena gasova čineći tako mali tj. plućni krvotok (13).

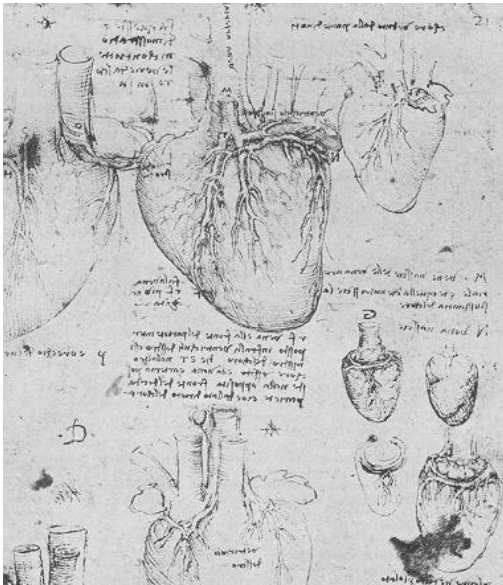
Fiziološke karakteristike srčanog mišića

Funkcionalni sloj mišićnog tkiva jeste miokard i izgrađen je od srčanih mišićnih ćelija koje imaju kontraktilna i sprovodna svojstva. Fundamentalna razlika između srčanog i skeletnih mišića je ta što srčani mišić funkcioniše kao sincicijum – u svakom srčanom ciklusu postoji kontrakcija svih kardiomiocita, dok se u skeletnim mišićima kontrahuju samo mišićna vlakna inervisana preko motorne ploče do koje je nervni impuls stigao (14). Iako je građa pojedinačnih ćelija slična skeletnim mišićnim ćelijama, tkivna struktura se značajno razlikuje. Kardiomiociti su međusobno povezani putem interkalatnih diskova, u longitudinalnom i/ili transverzalnom smeru. Na tim mestima membrane susednih kardiomiocita bivaju „stopljene” međusobno tzv. poroznim vezama (eng. *gap junctions*) omogućujući brz protok jona i širenje akcionog potencijala u kranio-kaudalnom smeru (15–17).

U svojoj tvrdoći, napetosti, opštoj snazi i otpornosti prema povredama, vlakna srca nadmašuju sva ostala, jer nijedan drugi instrument ne čini tako neprestan, težak rad kao srce

Galen

Mehanika srca



Slika 2. Crtež srca, Leonardo da Vinči.

www.web.stanford.edu/class/history13/earlysci/encelab/body/heartpages/heart.html

Prvi koji je uočio izvesne stavke o pokretljivosti srca bio je Leonardo da Vinči. On je naglasio da gornji i donji kompartman desnog srca moraju simultano raditi, odnosno, kada se donji kontrahuje, gornji se dilatira da bi primio krv (Slika 2) (18).

Događaji u srcu koji se javljaju od početka jednog do početka sledećeg otkucaja nazivaju se srčani ciklus. On se sastoji od perioda relaksacije komora – dijastola, kada se srce puni krvlju, a usleđuje mu period kontrakcije komora – sistola. Pritisak u punim komorama na kraju dijastole – end-dijastolni

pritisak, predstavlja prethodno opterećenje srca tj. opterećenje volumenom (eng. *preload*). U odnosu na količinu krvi koja pristiže u srce ovaj pritisak može da raste i opada (15,19,20).

Opterećenje volumenom je sila koja rasteže mirujući miokard i određuje dužinu istežanja kontraktilnih elemenata u mirovanju (21). Frank – Starlingov (*Frank – Starling*) mehanizam opisuje sposobnost srčanog mišića da se adaptira na pristigli volumen krvi, što je on veći sila koja se generiše je jača, jer je bolje preklapanje aktinskih i miozinskih filamenata (15). Do zatvaranja atrioventrikularnih zalistaka dolazi na samom početku sistole komora usled porasta pritiska u komorama. U narednoj fazi dolazi do izovolumetrijske, odnosno, izometrijske kontrakcije komora kada se povećava pritisak u komorama, ali bez pražnjenja volumena, jer je za otvaranje semilunarnih zalistaka potrebno da se nadvlada pritisak unutar

aorte i plućne arterije. Ovaj naknadni pritisak tj. opterećenje pritiskom (eng. *afterload*) odgovara sistolnom arterijskom krvnom pritisku (15,19,20). On zapravo predstavlja sumu sila koje se usprotivljuju skraćanju miokardnih vlakana i istiskivanju krvi tokom sistole (21). Kada pritisak u komorama dostigne i prestigne vrednosti pritisaka u velikim arterijama, dolazi do otvaranja semilunarnih zalistaka i do isticanja krvi ka sistenskoj i plućnoj cirkulaciji, što je period ejskcije. Na samom početku dijastole pritisak u komorama počinje naglo da opada, za razliku od pritisaka u velikim arterijama gde je i dalje visok. Ova razlika u gradijentima dovodi do kratkotrajnog retrogradnog toka krvi ka komorama što uzrokuje zatvaranje semilunarnih zalistaka. Usleđuje faza izovolumetrijske tj. izometrijske relaksacije, kada dolazi do opadanja pritiska u komorama, ali bez promene u njihovim volumenima. Vraćanje na najniže dijastolne vrednosti komorskih pritisaka praćeno je otvaranjem atrioventrikularnih zalistaka kada počinje nova faza punjenja komora (15,16,19,20).

Provodni sistem srca i akcioni potencijali

Pre nego što objasnimo generisanje srćanih impulsa i njihovo širenje ka kontraktilnoj mašineriji, neophodno bi bilo pomenuti jonske struje i kanale kojima se one kreću, jer se upravo na nivou kanala odvija elektrofiziološka modulacija srćanog rada. Transmembranski transport kroz voltažno zavisne jonske kanale za natrijum, kalcijum i kalijum od najveće je važnosti za nastanak akcionog potencijala unutar sinuatrijalnog (SA) ćvora (22).

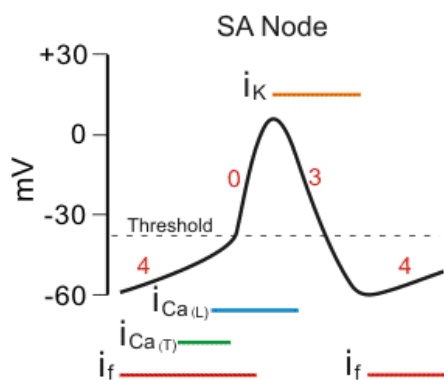
Hiperpolarizacijom – aktivirani cikličnim nukleotidom – vođeni kanali (eng. *hyperpolarisation-activated cyclic nucleotide-gated, HCN*) najzastupljeniji su na ćelijama SA ćvora, manje u Purkinjeovim vlaknima, a najmanje u kardiomiocitima komora. Kroz njih se kreću joni natrijuma i kalijuma shodno svojim gradijentima, pri ćemu dominira influks natrijumovih jona, ćineći tzv. „*funny current*“ (eng.) (If). Smatra se da je If odgovorna za

automatizam srca jer predstavlja depolarišuću struju koja nastaje tokom dijastolne hiperpolarizacije, reaguje na autonomnu modulaciju i prisutna je u pejsmejker ćelijama, o kojima će biti reči naknadno (22–24).

Kroz voltažno zavisne natrijumske kanale ($Na_v1.5$) utiče kratka natrijumska struja visokog intenziteta započinjući akcioni potencijal i smatra se da je njome determinisano njegovo trajanje. Međutim, ovi kanali su u fiziološkim uslovima inaktivirani u ćelijama SA čvora, ali imaju vodeću ulogu u stvaranju akcionog potencijala pretkomorskih i komorskih kardiomiocita (22).

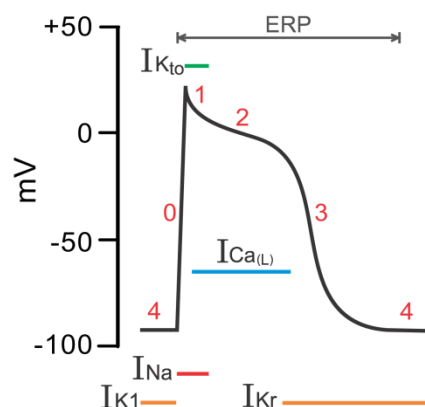
Voltažno zavisnim kalcijumskim kanalima (eng. *voltage dependent calcium channels*, *VDCC*) pripadaju kanali T i L tipa. Kanali L tipa su najzaslužniji za influks kalcijumovih jona, oni determinišu uspon u akcionom potencijalu (22,24). Beta adrenergička stimulacija dovodi do povećanja unutarćelijskog cikličnog adenzin monofosfata (cAMP) i pojačane fosforilacije kanala L tipa čime se povećava amplituda kalcijumske struje. U njihovoj neposrednoj blizini, ispoljeni na membrani sarkoplazmatskog retikuluma, nalaze se rijanodinski receptori tip 2 (RyR2), odnosno vrsta kalcijumskih kanala kroz koje on izlazi u sarkoplazmu i doprinosi aktivaciji kontraktilne mašinerije. RyR2 aktivira kalcijumsku struju koja utiče kroz kanale L tipa (22).

Postoji nekoliko vrsta kalijumskih struja koje se kreću kroz više različitih kanala i sve imaju ulogu u repolarizaciji. U nodalnim (čvornim) tkivima, među najvažnijim je acetilholinom – aktivirana kalijumska struja (IK_{ACh}) koja se kreće kroz kanale spregnute sa G proteinima (eng. *G protein coupled inward rectifier*, *GIRK*). Vagusna stimulacija muskarinskih receptora tip 2 (M2) je potencira, dovodeći pejsmejker ćelje u stanje hiperpolarizacije. Negativno hronotropno dejstvo na ove kanale, pored acetilholina, ostvaruju i adenzin trifosfat (ATP) i adenzin (22) (Slika 3 i 4).



Slika 3. Akcioni potencijal ćelije sinatrijalnog čvora

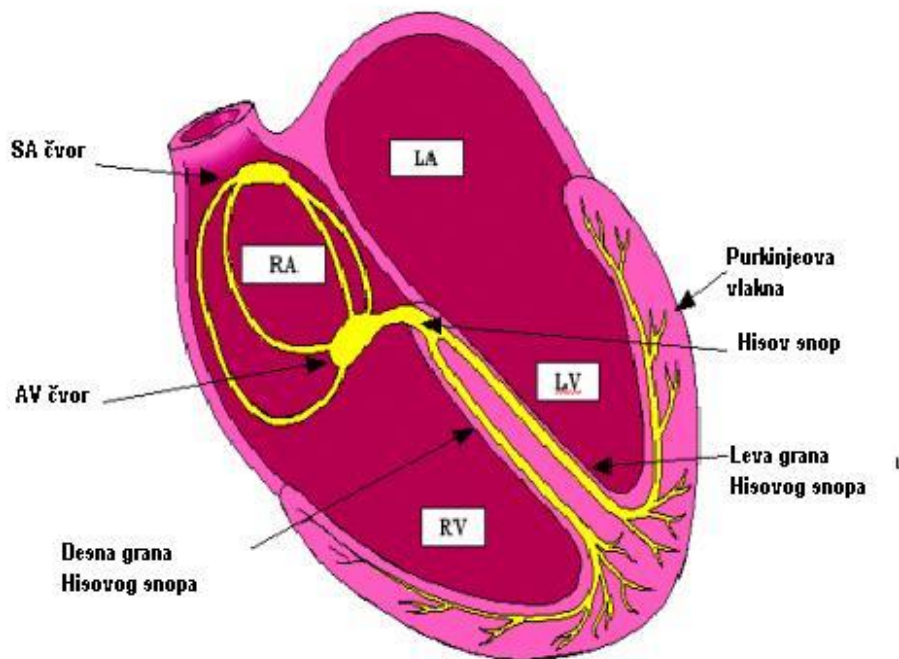
www.cvphysiology.com/Arrhythmias/A004.htm



Slika 4. Akcioni potencijal komorskog kardiomiocita.

www.cvphysiology.com/Arrhythmias/A006.htm

Srčani ritam je uslovljen ritmičnom samopodražljivošću ćelija srčanog predvodnika – SA čvora, tzv. pejsmejker ćelijama. To je agregat specifičnih, zvezdastih ćelija, smešten u zidu desne pretkomore blizu ušća gornje šuplje vene (13,25). Aranžman jonskih kanala i svojevrsan membranski potencijal čine ove ćelije sposobnim da samostalno generišu akcioni potencijal. Dalja propagacija impulsa – akcionog potencijala, zavisi od ekscitabilnosti, sprovodljivosti i refrakternosti (nepodražljivosti) ćelija (21). Iz SA čvora impuls se na tkivo pretkomora prenosi direktno, a do komora putuje provodnim sistemom, koji, pored SA čvora, čine i internodalni putevi, atriventrikularni (AV) čvor i Hisov snop sa svojim granama (Slika 5).



Slika 5. Provodni sistem srca.
www.kardiologija.in.rs/Srcane_aritmije.htm

Iako impuls nastao u SA čvoru stiže do AV čvora sa 0.03 sekunde (s) zakašnjenja, primarno zadržavanje impulsa na putu ka kontraktilnim komorskim kardiomiocitima odigrava se upravo u AV čvoru i iznosi oko 0.09 s. Razlog za ovo usporenje je u značajno manjem broju poroznih veza između ćelija AV čvora, čime je stvoren svojevrsni otpor u kretanju jonskih struja. Prostrući se u kranio-kaudalnom smeru impuls iz AV čvora prelazi u stablo Hisovog snopa, a u njegovom početnom delu odigrava se dodatno zadržavanje u sprovođenju impulsa od 0.04 s iz istih razloga kao i u AV čvoru. Idući distalnim delom snopa i duž grana do krajnjih ogranaka His – Purkinje sistema impuls stiže za petinu prethodnog vremena, a dodatnih 0.03 s prođe dok se ne podraži kompletan miokard komora (15). Ovo ubrzanje u kretanju električnog signala na krajnjim deonicama sprovodnog puta i kroz ukupnu masu srčanog mišića bitno je zarad sinhronne kontrakcije komora.

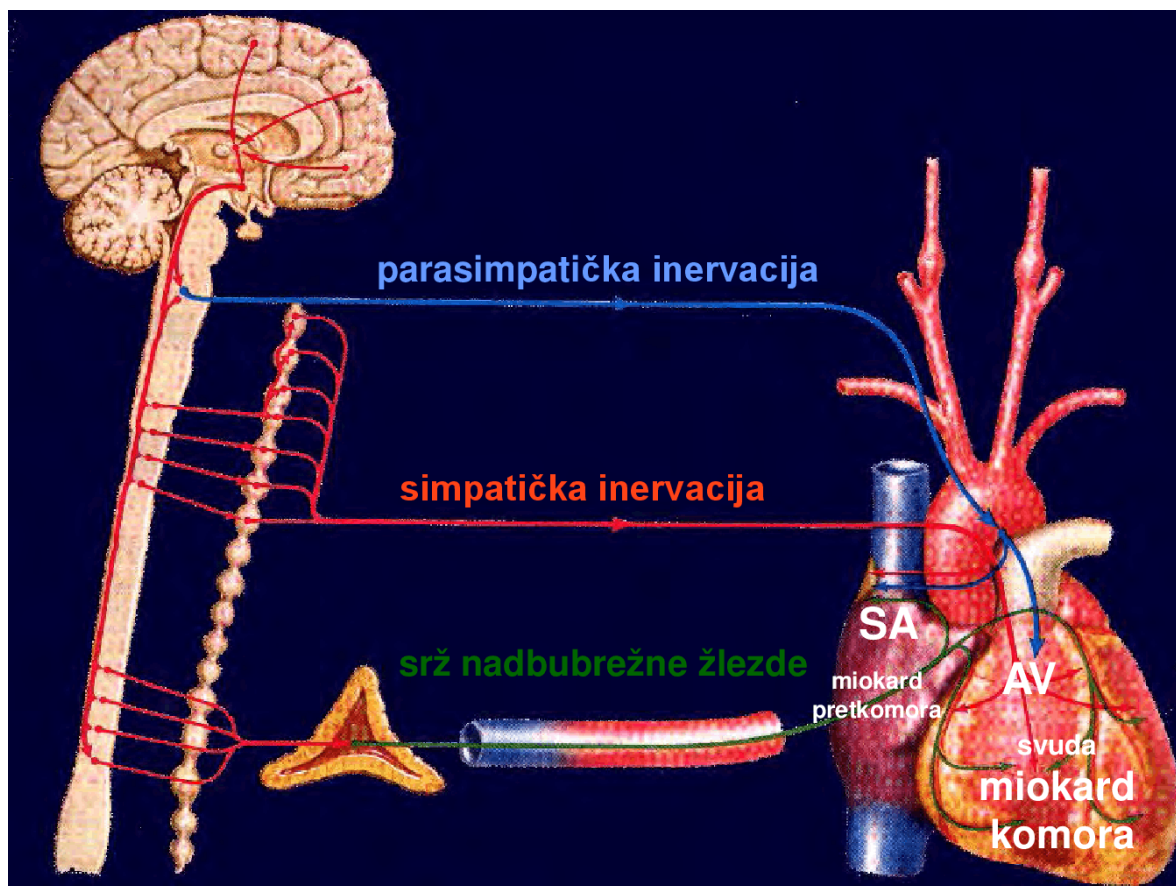
Nervna regulacija srčanog rada

Izuzevši srčanu opnu, inervacija srca, kao i kod ostalih unutrašnjih organa isključivo je pod kontrolom autonomnog nervnog sistema (ANS). Centralna autonomna mreža – integrisani sistem konekcija između struktura prednjeg i srednjeg mozga i moždanog stabla – reguliše visceromotorne, neuroendokrine i bihevioralne odgovore koji su ključni za uslovne reakcije i fiziološke mehanizme adaptacije (26,27). Ove strukture su u međusobnoj vezi, a iz različitih relejnih centara šalju se informacije ka preganglijskim simpatičkim (simpatički nervni sistem, SNS) i parasimpatičkim (parasimpatički nervni sistem, PNS) nervnim vlaknima odgovornim za inervaciju srca. Noseći informacije iz efektorskih organa aferentna vlakna takođe pokazuju arborizaciju ka mnogostrukim nivoima ovog hijerarhijskog sistema.

Centar SNS nalazi se u bočnim stubovima sive mase kičmene moždine, a preganglijska vlakna odgovorna za regulaciju srčanog rada leže u njegovom intermediolateralnom jedru duž III i IV grudnog segmenta (13,27–29). Unutar vratnih i grudnih gangliona leže tela postganglijskih vlakana čiji aksoni formiraju vratne i grudne srčane živce, koji zajedno sa granama živca vagusa čine srčani živčani splet (lat. *plexus cardiacus*) (13). SNS vlakna obilato inervišu sve strukture srca.

Tela preganglijskih PNS vlakana leže u jedrima kranijalnih živaca u produženoj moždini. Središnji deo jedra *nucleus ambiguus* (lat.) pripada živcu vagusu i sadrži preganglijske neurone koji regulišu frekvenciju srca. Ekskluzivno jedro X kranijalnog živca – *nucleus dorsalis nervi vagi* (lat.) – takođe, u manjoj meri, sadrži preganglijska vlakna za inervaciju srca, međutim, bitnija je njegova veza sa jedrom *nucleus solitarius* (lat.) u kome se sabiraju signali pristigli iz organa inervisanih vagusom. Aksoni iz ovih jedara putuju živcem vagusom odvajajući se kroz njegove kardijačne grane (lat. *rami cardiaci*) ka srčanom živčanom spletu. PNS ganglioni nalaze se u efektorskim tkivima, u neposrednoj blizini struktura koje

postganglijska vlakna inervišu (27,28). PNS vlakna inervišu najvećim delom SA i AV čvor, u manjoj meri proksimalni deo Hisovog snopa, a najmanje miokard komora (Slika 6).



Slika 6. Inervacija srca.

www.docsity.com/sr/regulacija-rada-kardiovaskularnog-sistema-slajdovi-uporedna-fiziologija-part1-/273310/

Termin „srčani mozak” (eng. *heart brain*) je relativno nov i opisuje kompleksan odnos između intrakardijalnih ganglija (30), njihovih interkonekcija i veza sa aferentnim i eferentnim SNS i PNS vlaknima u cilju unutrašnje kontrole srčanog rada (26,31,32).

Tokom noći srčana frekvencija i krvni pritisak ispoljavaju najniže vrednosti, a počinju da rastu neposredno pred buđenje dostižući vrhunac tokom dana. Diurnalni ritmovi poklapaju se sa ritmičnošću ANS tomusa, gde SNS dominira danju radi izvršenja fizičkih zahteva dnevnih aktivnosti, a noću PNS prevladava da bi se telu omogućili oporavak i ušteda energije.

Smatra se da su smene u ritmu nižih oscilatora, među kojima i SA čvora, pod kontrolom master pejsmejкера – suprahijazmatičkog jedra hipotalamusa (33).

Normalna frekvencija srca kreće se između 60 i 100 otkucaja u minutu. Totalnom farmakološkom blokadom PNS i SNS uticaja samopodražljive ćelije SA čvora emituju impulse na frekvenciji 100-120 u minutu, što indirektno govori u prilog vagusom vođene kontrole srčane frekvencije (26,34).

Glavni neurotransmiter postganglijskih SNS vlakana je noradrenalin koji se vezuje za beta (β) receptore (β_1 (75%), β_2 (25%)). Usleđuje serija reakcija dovodeći do ubrzanja If depolarišuće struje i bržeg nastanka akcionog potencijala, kao i do povećanog toka kalcijumske struje kroz kanale L tipa čime se produžava trajanje platoa akcionog potencijala kontraktilnih kardiomiocita – pozitivno hronotropno dejstvo, ali i pozitivno dromotropno dejstvo, jer povećanje influksa kalcijuma u AV čvoru, Hisovom snopu i Purkinjeovim vlaknima dovodi do ubrzanog sprovođenja impulsa. Zatim dolazi do povećanog otpuštanja kalcijuma iz sarkoplazmatskog retikuluma usled fosforilacije RYR2 receptora i njegovog oslobađanja u mioplazmu – pozitivno inotropno dejstvo. Najposle, fosforilacijom fosfolambana i troponina I dolazi do relaksacije miokarda – pozitivno luzotropno dejstvo (35–38). Dodatno ćelije srži nadbubrežne žlezde stimulisane preganglijskim SNS vlaknima sekretuju adrenalin koji krvlju dolazi do srca i ostvaruje slične efekte. Sve ovo, pored ubrzanja frekvencije, dovodi i do povećanog koronarnog protoka, povećanja miokardne potrošnje kiseonika, uvećanog udarnog i minutnog volumena, većeg srčanog rada, kao i porasta srednjeg arterijskog pritiska i arterijskog pulsog pritiska. Kako su krajnji efekti β adrenergičke stimulacije spregnuti sa cAMP glasničkim sistemom, potrebno je izvesno vreme da bi se reakcije odigrale (27).

Postganglijska PNS vlakna svoje dejstvo ostvaruju putem neurotransmitera acetilholina. On se vezuje za muskarinske receptore koji su direktno spregnuti sa kalijumskim kanalima, povećavajući IKACH i efluks kalijuma i dovodeći do produbljenja dijastolne hiperpolarizacije, samim tim smanjujući uspon spore dijastolne depolarizacije – negativno

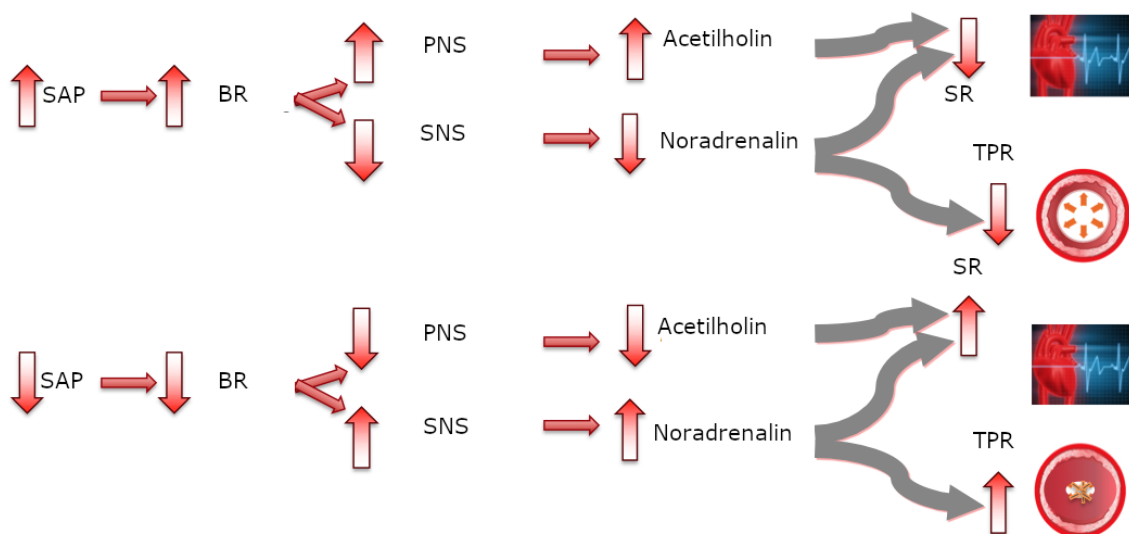
hronotropno dejstvo (35,36). Manifestni pad srčane frekvencije javlja se već nakon 150-200 milisekundi (ms). Imitirajući realne uslove Levi (*Levy*) i sar. utvrdili su da od faze srčanog ciklusa zavisi efekat vagusne stimulacije na njegovo produženje. Šta više, repetitivna vagusna stimulacija neprestano usklađuje P-P interval (period od početka jedne do početka sledeće pretkomorske kontrakcije) težeći da je uskladi sa frekvencijom sopstvene impulsne aktivnosti (27). Interesantno je da ako su istovremeno stimulisani SA i AV čvor, odgovor drugog varira u odnosu na produženje srčanog ciklusa nastalo u prvom. Ukoliko je srčani ciklus blago produžen, njegovo sprovođenje kroz AV čvor biće usporeno. Međutim, ukoliko je ciklus značajno produžen, brzina sprovođenja kroz AV čvor se neće promeniti, a moguće je i da će se skratiti. PNS aktivnost izuzetno je dominantna, jer uprkos pozadinskog pojačanja simpatičkog dejstva, vagusni efekti bivaju progresivno jači, dok u obrnutom slučaju nije tako. Prema nekim autorima, to može dovesti do izvesnog paradoksa pri izraženom PNS tonusu – vagusom dirigovane tahikardije, usled oslobađanja kateholamina iz hromafinih ćelija intrakardijalnih ganglija inervisanih vagusom (26). PNS stimulacija nema značajan efekat na miokard komora, većinom je negativan inotropni uticaj postignut supresijom SNS stimulacije.

Refleksna kontrola srčanog rada

Prilikom svakodnevnih aktivnosti, kao i u hemodinamski zahtevnim stanjima, naš organizam aktivira refleksne mehanizme u cilju očuvanja optimalnog protoka krvi i adekvatne tkivne snabdevenosti kiseonikom (O₂). Tri ključna refleksa u fiziologiji srčanog rada su arterijski baroreceptorski refleks, Bejnbridž (eng. *Bainbridge*) refleks i Bezold-Jariš (lat. *Bezold Jarisch*) refleks. Pored njih, arterijski hemoreceptorni mehanizmi takođe doprinose održavanju kardiovaskularne homeostaze.

Arterijski baroreceptori su nervne strukture koje reaguju na istezanje i mogu se naći u zidu skoro svih većih arterija grudnog i vratnog regiona, a najzastupljeniji su u predelu karotidnog sinusa i aortnog luka (15,39). Pritisak unutar arterije rasteže njen zid u transverzalnom smeru, rastežući pri tom i podražujućim baroreceptore. Smatra se da su sa nastankom nadražaja povezani svojevrsni jonski kanali koji pripadaju podfamiliji natrijumskih kanala – (eng.) *acid sensing ion channels* (ASIC) (40,41). Čelijska tela ovih preganglijskih neurona leže u petroznom i nodoznom ganglionu (42), a odatle postganglijska vlakna prenose nadražaj granom IX kranijalnog živca (Heringov živac) iz karotidnog sinusa, a iz aortnog luka aferentnim vlaknima kardijačnog spleta. Iz oba senzorna puta impulsi pristižu u jedro nucleus solitarius. Ono je u vezi sa inhibitornim neuronima kaudalne ventrolateralne produžene moždine, koji ostvaruju sinapse sa ekscitatornim neuronima rostralne ventrolateralne produžene moždine. Ovi poslednji konstantno tonično podražuju preganglijske simpatičke neurone unutar intermediolateralnog jedra kičmene moždine. Pa tako, aktivacijom arterijskih baroreceptora dolazi do inhibicije ovog toničnog SNS nadražaja (15,27,29,39). Sa druge strane, nucleus solitarius ostvaruje sinapse i sa jedrima vagusa – nucleus ambiguus i nucleus dorsalis nervi vagi (29), ali i sa brojnim strukturama centralnog nervnog sistema koje učestvuju u modulaciji barorefleksa (43,44). Efektorski deo refleksnog luka čine većinom SNS nervna vlakna ka arterijskim i venskim krvnim sudovima, a u manjoj meri i PNS vlakna usmerena na kontrolu srčanog ritma (27). Ukoliko arterijski pritisak raste, rezultat stimulacije baroreceptora je vazodilatacija vena i arteriola u perifernoj cirkulaciji, kao i umanjenje srčane frekvencije i snage njegove kontrakcije. Pri niskom pritisku dešava se suprotno (15,39). Refleksni odgovor je vrlo brz, odigrava se unutar 1 s (41). Frekvencija impulsa iz baroreceptora direktno je proporcionalna pritisku koji deluje na zid krvnog suda (27,39). Ubrzana frekvencija impulsa dovodi do smanjenja SNS, a povećanja PNS uticaja i obrnuto. Aferentna aktivnost karotidnih baroreceptora sinhrona je sa arterijskim pulsним pritiskom i

dešava se tokom sistole i rane diastole (45). Baroreceptori bivaju ekscitirani pri vrednostima pritiska preko 50-60 mmHg do ispod 180 mmHg (27). Osim same visine krvnog pritiska, baroreceptori reaguju i na smer i stopu njegove promene, a aktivnost im je veća kada se promene naglo dešavaju (42). Nakon iznenadnog skoka arterijskog krvnog pritiska podraženi baroreceptori ispaljuju veliki broj impulsa u prvi mah, ali teže da, u kratkom intervalu, aktivnost vrata na bazalni nivo. Međutim, ukoliko se povišene ili snižene vrednosti krvnog pritiska održavaju, baroreceptori će se adaptirati i, može se reći, nakon jedan do dva dana resetovati na vrednosti pritiska kojem su izložene. Resetovanje može biti perifernog tipa – na nivou baroreceptora ili centralnog tipa – kada je dirigovano iz centralnih ANS integrativnih centara. U slučaju pada krvnog pritiska, aktivnost baroreceptora biva prigušena, da bi se, nakon kraćeg vremena ponovo javila sa težnjom da se vrati na bazalni nivo (15,27,46) (Slika 7).



Slika 7. Barorefleksni mehanizam.

Legenda: SAP- srednji arterijski pritisak, BR- barorefleksni odgovor, PNS- parasimpatički nervni sistem, SNS- simpatički nervni sistem, SR- srčani ritam, TPR- totalna periferna vaskularna rezistencija

Modifikovano: www.memorangapp.com/flashcards/83811/Pharmacology%3A+ANS+Pharm+Review%2FCNS+Preview/

Barorefleksni odgovor se može izraziti kvantitativno preko barorefleksne senzitivnosti koja se definiše kao promena u interbitnom intervalu u odnosu na jediničnu promenu krvnog

pritiska (47). Zapravo je ona ogledalo PNS uticaja na srčanu aktivnost, odnosno varijabilne vrednosti krvnog pritiska imaju svoj otisak u varirajućim intervalima srčanih ciklusa (48). U poslednje vreme se za analizu koriste kompjuterizovane tehnike koje omogućuju lociranje združenih vrednosti R-R intervala (interval između R zubca prethodnog i R zubca sledećeg srčanog ciklusa) i varijacija u vrednostima krvnog pritiska, bilo u vremenskom ili frekventnom domenu (47–50).

Mehanička stimulacija srčanog tkiva pokreće mehanosenzitivne refleksne mehanizme. Povećana mehanička tenzija duž zida pretkomora stimuliše mehanoreceptivna, odnosno na istezanje reagujuća aferentna vlakna nerva vagusa koja zatim prenose nadražaj do vazomotornog centra u produženoj moždini, a povratno se živcem vagusom i SNS nervima šalje informacija za modulaciju srčane frekvencije i snage njegove kontrakcije, u zavisnosti od ANS tonusa koji u datom momentu preovlađuje. Ovaj refleksni luk čini *Bejnbridž refleks*. Smatra se da je njegova glavna uloga da pri porastu pritiska u venama, pretkomorama i plućnoj cirkulaciji preusmeri krv ka sistemskim arterijama, prevashodno štiteći od plućne vaskularne kongestije u stanjima pojačanog venskog priliva. Time je refleksni odgovor uglavnom usmeren na ubrzanje ritma i pojačanje snage srčane kontrakcije. Pored toga, renalni efekti refleksnog odgovora ogledaju se u pojačanju diureze zbog smanjenog lučenja antidiuretskog hormona i povećane ekskrecije jona natrijuma dejstvom atrijumskog natriuretskog peptida na epitel bubrežnih tubula (15,27,39,51,52).

Suprotno prethodnom, *Bezold-Jariš refleks* dovodi do inhibicije SNS uticaja i promocije PNS – krvni pritisak pada, dolazi do periferne vazodilatacije, a ritam usporava. Promene u pritisku punjenja registruju mehanoreceptori, nemijelizovana aferentna vlakna nerva vagusa smeštena subepikardno i u miokardu leve komore. Smatra se da ovi receptori bivaju podraženi u uslovima nefiziološkog povećanja end-dijastolnog pritiska leve komore. Neki mu pripisuju protektivna svojstva, jer perifernom vazodilatacijom sprečava razvoj prevelikog pritiska u

levoj komori. Uz to, utvrđeno je da u aortici i u vezivu medije proksimalnih delova leve koronarne arterije postoje mehanosenzitivni receptori kojima se nadržaj prenosi mijelinizovanim vlaknima živca vagusa do refleksnog centra. Aktivnost ovih vlakana uočljiva je u uslovima fiziološki izmenjenog krvnog pritiska (27,39,45,52).

Karotidna i aortna tela predstavljaju arterijske, *periferne hemoreceptore* koji detektuju hipoksiju, hiperkapniju i acidozu dovodeći do aktivacije kardiorespiratornih refleksa – hiperventilacije i SNS aktivacijom izazvanih efekata na srce i krvne sudove. Aortna tela odgovorna su za refleksno ubrzanje srčanog ritma, dok karotidna tela kontrolišu ventilacioni (ubzava se respiratorna frekvencija i tidalni volumen) i vaskularni odgovor (dolazi do periferne vazokonstrikcije, najviše u mišićnom tkivu). Karotidnim telom dirigovana aktivacija pulmonalnih receptora osetljivih na istežanje inhibiše vagus, a dolazi i do porasta kateholamina u krvi, pa tako i karotidna tela indirektno utiču na ubrzanje srčanog ritma. U hipoksiji stimulacija perifernih hemoreceptora, nedovoljno poznatim mehanizmom, utiče na barorefleksnu senzitivnost tako da je potreban viši arterijski pritisak za njihovo podražanje. Pri hipotenziji je usporeno dopremanje O₂, a nakupljaju se ugljen dioksid (CO₂) i joni vodonika (H⁺), što takođe dovodi do aktivacije hemoreceptora, ali tek pri arterijskom pritisku ispod 80 mmHg (15,34,39,53,54).

Varijabilnost srčane frekvencije

VSF ukazuje na varijacije u vrednostima uzastopnih, sinusnih RR, odnosno NN (eng. *normal to normal*) intervala i omogućava sagledavanje ANS kontrole srčanog rada putem matematičke metode (vremenski domen), spektralne metode (frekventni domen) i putem nelinearnih metoda analize (55,56). To je neinvazivna, jeftina i jednostavna metoda, koja ima izvesna praktična ograničenja, o čemu će biti reči dalje u tekstu (57).

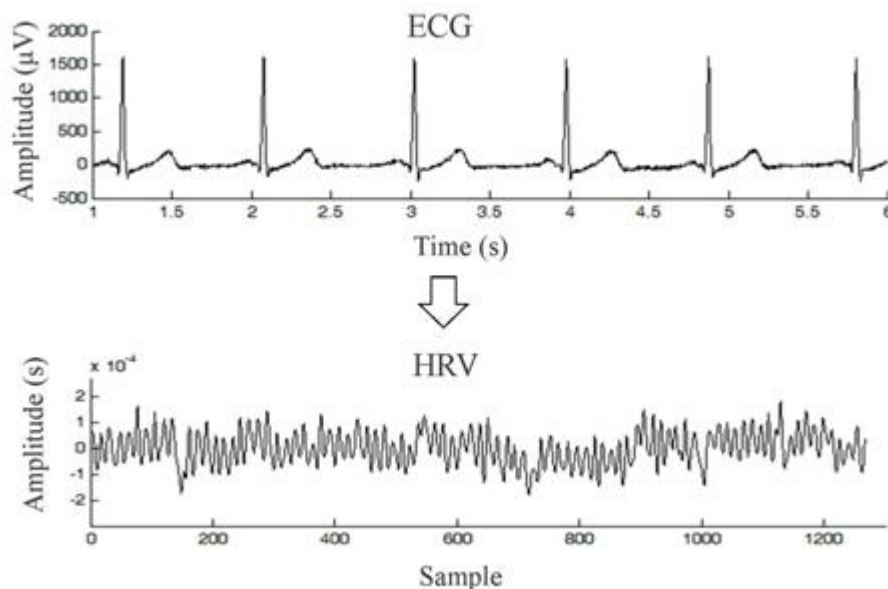
Metode analize VSF utemeljene su u preporukama radne grupe Evropskog udruženja kardiologa i Severnoameričkog udruženja za pejsing i elektrofiziologiju (58). Metodom vremenskog domena se analiziraju razlike u dužini sukcesivnih srčanih ciklusa (55), pri čemu jedan ciklus predstavlja razdaljinu između vrhova R zubaca normalnih, sinusnih otkucaja. Ovaj jednostavan, analitički metod nudi nekolicinu najčešće korišćenih varijabli: srednja vrednost NN intervala (RRNN), standardna devijacija svih NN intervala – SDNN, kvadratni koren srednje vrednosti sume kvadrata razlika između uzastopnih NN intervala – RMSSD (eng. *the square root of the mean of the sum of the squares of differences between adjacent NN intervals*) i procentualni udeo sukcesivnih NN intervala koji se razlikuju za više od 50 ms u ukupnom broju NN intervala – pNN50 (55,58–60). Metod frekventnog domena je nešto kompleksniji. On se bavi analizom spektra tako što, služeći se algoritmom izabrane matematičke operacije, dekonstruiše varijacije u srčanim ciklusima na njihove osnovne oscilatorne komponente, definišući ih prema amplitudi i frekvenciji (61). Ovim se postiže rangiranje VSF prema biološkim ritmovima: a) spektar visokih frekvencija (eng. *high frequency spectral band, HF*) kreće se u opsegu 0.15-0.5 Hz i smatra se da je dominantno modulisan od strane PNS – respiratorna sinusna aritmija i centralni respiratorni impulsi u interakciji sa plućnim aferentnim odgovorom; b) spektar niskih frekvencija (eng. *low frequency spectral band, LF*) kreće se u opsegu 0.05-0.15 Hz i modulisan je od strane oba ogranka ANS, mada neki i dalje smatraju da dominira SNS – ritam okidanja neurona iz vazomotornog centra produžene moždine i njegova modulacija baroreceptorskom povratnom spregom i c) spektar vrlo niskih frekvencija (eng. *very low frequency spectral band, VLF*) – odražava uticaj renin-angiotenzin sistema, termoregulatornih i metaboličkih procesa na oba ogranka ANS (<0.05 Hz) (61,62). Spektar ultra niskih frekvencija (eng. *ultra low frequency band, ULF*) može se registrovati na dugim zapisima, ali njegov značaj za sada još nije jasno definisan. Za analizu frekventnog domena najčešće se koriste brza Furijeova transformacija

(eng. *fast Fourier transform, FFT*) ili autoregresivni metod (AR), o kojima će biti reči naknadno. Vrednosti spektralnih jačina izražavaju se u milisekundama na kvadrat (SI:ms²), s obzirom da se gleda površina zahvaćena sinusoidom i računaju se kvadrati amplituda. Neretko se vrednosti LF i HF spektralnih jačina izražavaju preko normalizovanih jedinica (eng. *normalized units, nu*), čime se svaka sagledava u odnosu na ukupnu snagu spektra (eng. *total power, TP*): $HFnu = HF/(TP-VLF)$, $LFnu = LF/(TP-VLF)$. Međutim, sve češće je praksa da se ovi parametri prevedu u prirodan logaritam (SI:ln), jer je Gausova raspodela često upitna zbog velikih varijacija u vrednostima unutar posmatrane grupe (58,61). Za odnos LF i HF – LF/HF ranije se smatralo da odražava simpato-vagalni balans, mada danas većina smatra da ne postoji fiziološko opravdanje za to, jer se njime ne može precizno kvantifikovati simpato-vagalna interakcija (63).

Nelinearne metode analize možda najbolje opisuju žive biološke sisteme. Kompleksne interakcije između hemodinamskih, elektrofizioloških i humoralnih stimulusa, kao i upliv kortikalne i autonomne stimulacije mogu se opisati ovim operacijama. Među najčešće korišćenim je Poenkareov (*Pointcare*) zaplet gde se zabeleženi RR intervali ucrtavaju duž vremenske ose. Za opisivanje njihovog odnosa koriste se standardni deskriptori: SD1 – reflektuje instantnu varijabilnost uzastopnih RR intervala i odražava uticaj PNS stimulacije i SD2 – opisuje dugoročnu varijabilnost kojoj doprinose zajedno PNS i SNS (64,65).

Za registrovanje VSF koriste se standardni elektrokardiografski uređaji, kao i aparati koji rade na bazi fotopletizmografije i aparati sa digitalnim telemetrijskim sistemom, a nalaz se prikazuje u vidu tahograma (Slika 8). Iako se klasična elektrokardiografija (EKG) i EKG holter monitoring smatraju zlatnim standardom u registrovanju i analizi RR intervala, oni takođe imaju nedostataka. Prvenstveno, kao i kod druge dve tehnike, tu je problem zaprljanosti signala, odnosno prisustva artefakata u zapisu. Zatim, kako se ovim uređajima beleže sve komponente elektrofiziološke aktivnosti srca, moguće je da usled morfoloških

varijacija talasnih obeležja i/ili heterogenosti QRS kompleksa bude otežana identifikacija RR intervala. Treće, korišćenje ove tehnike zahteva prisustvo obučenog kadra čime se povećavaju ukupni troškovi. Ostale dve tehnike su jeftinije, njihova upotreba je jednostavna i ne zahteva posebnu obuku, ovi uređaji spadaju u domen nosivih tehnologija i za proces registrovanja signala ne zahtevaju specijalne uslove. Sa druge strane, kako se njima registruju samo komorske kontrakcije, nemoguće je razlikovati aritmičnu od normalne, sinusne aktivnosti (66).



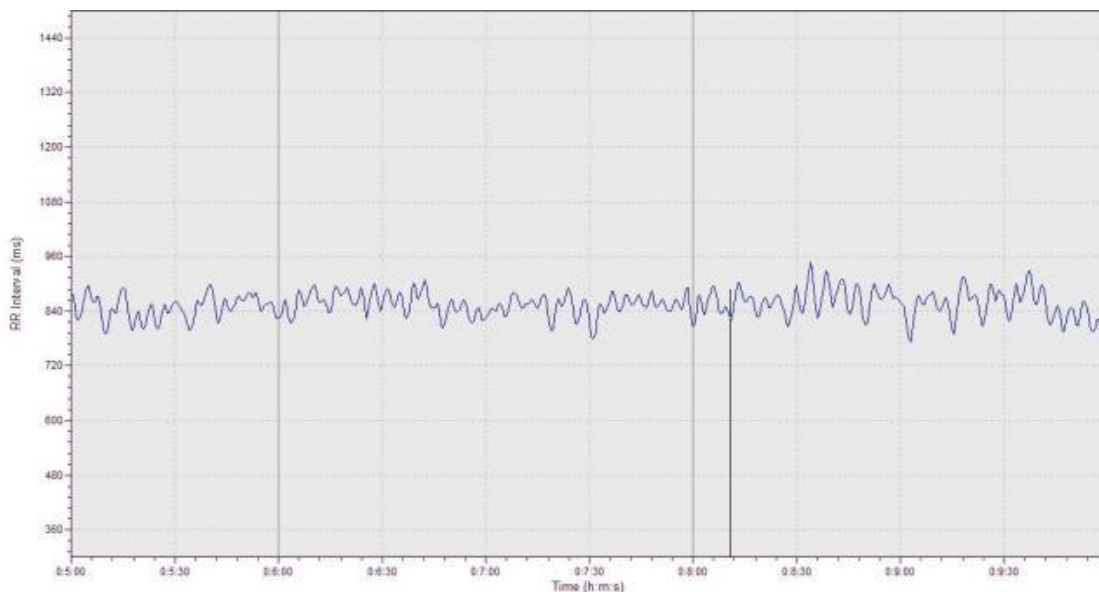
Slika 8. Elektrokardiogram i uporedni tahogram.

Aimie-Salleh N, Malarvili M, Phillip AC. Quantitative comparison of time frequency distribution for heart rate variability using performance measure. *J Wirel Net Com.* 2015; 5(2A):1-5. Figure 1, The resultant HRV quantified from the ECG signal; p.2.

Prema preporukama, registrovanje VSF u miru može trajati od 2 min do 24 h (58). Problem je u tome što vrednosti koje se analizom dobijaju predstavljaju prosek za posmatran vremenski period. Celodnevni zapisi daju podatke o prosečnoj dvadesetčetvoročasovnoj VSF za tu osobu, ali iz njih se neće moći naslutiti dinamika tokom dnevnih aktivnosti, niti dinamika ciklusa budnosti i spavanja. Kratkotrajni zapisi, opet, daju informacije o aktuelnoj situaciji i

ne mogu se poistovetiti sa ukupnim dnevnim ANS kapacitetom. Najčešće se preporučuje registrovanje VSF u prozorima od 3-5 min, uz obuhvat od 256 ili 300 srčanih otkucaja (67). Ektopičnim otkucajima ili artefaktima se smatraju dva sukcesivna RR intervala kod kojih postoji razlika u trajanju za više od 20%, a da uklanjanje intervala različitih za do 30% ili 500 ms ne utiče na rezultat analize (56).

Kako se VSF primenjuje u brojnim naučnim oblastima i u više grana medicine, ispitivane populacije se razlikuju prema individualnim karakteristikama (starost, pol, rasa, prisustvo bolesti, upotreba medikamenata itd.) i u kontekstualnom smislu (uslovi mirovanja, tokom fizičke aktivnosti ili oporavka od iste, zatim ležeći, sedeći, stojeći položaj i sl.) (57) (Slika 9). Sve ovo otežava upoređivanje studija i usaglašavanje stavova po pitanju fizioloških proseka, fizioloških ekstrema i patoloških markera VSF.



Slika 9. Tahogram nesportiste u mirujućim uslovima.
www.hrvtraining.com/2013/11/22/hrv-in-a-bit-more-detail-part-2/

Specifičnosti primene VSF kod sportista

Promene u VSF indeksima ukazuju na sposobnost ANS da odgovori na višestruke fiziološke i/ili sredinske stimuluse kao što su disanje, fizička aktivnost, mentalni stres, hemodinamske i metaboličke promene, ciklus budnosti i spavanja, izmene telesnog položaja, kao i da kompenzuje poremećaje rezultovane bolešću. Faktori kao što su utreniranost, iskustvo, intenzitet i raspored treninga, kao i dnevna rutina sportiste mogu da utiču na fiziološke i emocionalne aspekte u vezi sa promenom u autonomnom odgovoru, a konsekventno i na VSF indekse. U sportu se VSF koristi kao metod praćenja odgovora na trening, za dijagnozu i prevenciju pojave zamora ili nefunkcionalne pretreniranosti (68).

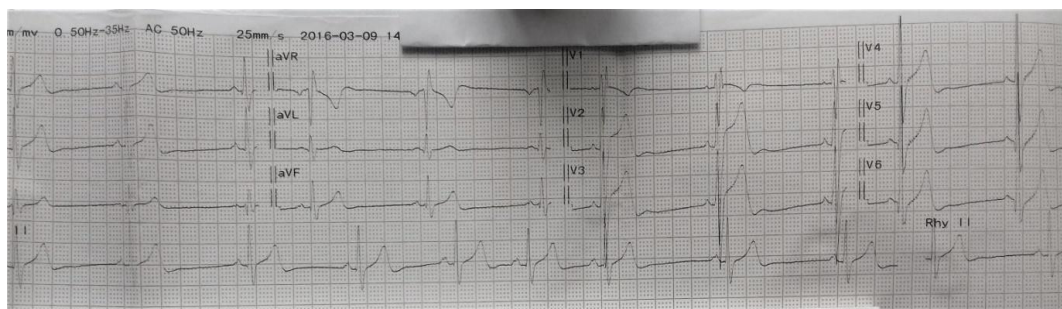
Dinamika autonomne modulacije srčane frekvencije se kod sportista može analizirati iz VSF u miru, oporavka srčane frekvencije nakon fizičke aktivnosti (OSF) i VSF nakon vežbanja, a novijim metodama i praćenjem VSF tokom vežbanja (69–71). Smatra se da VSF u oporavku reflektuje fazne promene u vagusnoj stimulaciji, dok OSF pre oslikava dejstvo perifernih mehanizama, odnosno, ukupne holinergičke signalizacije na SA čvor (72,73).

Kada se radi o registrovanju VSF u miru kod sportista kao i u drugim populacijama, ono može biti u ležećem, sedećem i stojećem položaju. Različiti su stavovi po pitanju položaja. Naime, u ležećem položaju izraženije je dejstvo PNS, koji i tako dominira u VSF zapisima sportista, te neki autori smatraju da je za praćenje odgovora na trening bolji sedeći, ili čak stojeći položaj. Ovo se opravdava time da elitni sportisti mogu ispoljiti elemente PNS zasićenja u registrovanim zapisima i da kod njih VSF u miru nije relevantan model za praćenje kardiovaskularnog fiziološkog napretka (74). U sedećem i stojećem stavu postoji izvestan upliv SNS dejstva, kao i refleksnih uticaja, te ovi zapisi imaju veću heterogenost. Mnogi autori su ubeđenja da su PNS markeri koji u ovakvim zapisima „štrče” realniji u oslikavanju efekata treninga (72). Međutim, sportisti koji nisu na elitnom nivou treninga i

takmičenja generalno imaju nižu VSF, te se može desiti da u sedećem, odnosno stojećem stavu, VSF markeri utreniranosti ne budu toliko istaknuti. U mirovanju registrovanje VSF traje od 2 min do 24 h (58). Celodnevno registrovanje je teže izvesti, jer zahteva opremu, kadar i oduzima vreme sportisti, odnosno, remeti mu dnevne aktivnosti. Nekada se izvodi snimanje tokom noćnog sna koje je komfornije za ispitanika. Ipak, najčešće zapisi traju 10-30 min, pri čemu se analizira poslednjih nekoliko minuta, odnosno desetina minuta, kada se pretpostavlja da je signal stabilizovan. U oporavku registrovanje VSF može započeti odmah po prestanku vežbanja, a može biti i odloženo 30-60 min. U zavisnosti od vrste, jačine i trajanja fizičke aktivnosti, ali i od analitičkog metoda koji se koristi, istraživač određuje kada će se započeti registrovanje u oporavku i koliko će ono trajati. FFT zahteva izvesnu ujednačenost signala, te nije pogodna za analizu u prvih par minuta oporavka, za razliku od kratkotrajne Furijeove transformacije (eng. *short-time Fourier transform, STFT*) i analize preko lnRMSSD.

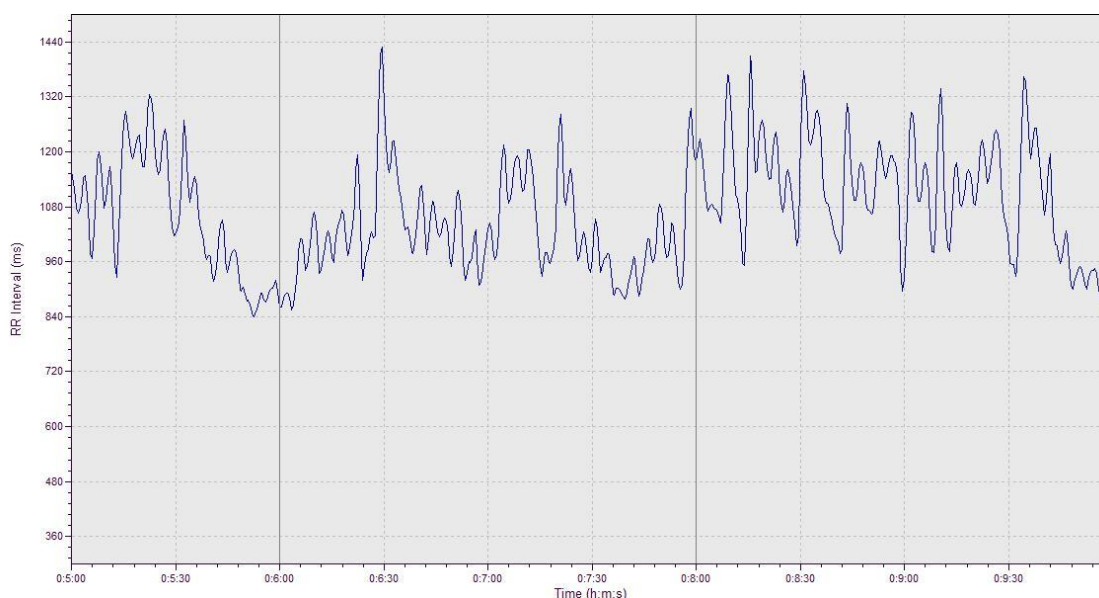
Varijabile vremenskog i frekventnog domena povećavaju se tokom detinjstva i adolescencije ostvarujući maksimum oko tridesete godine života. RRNN se tokom adolescencije produžava što se vidi iz SDNN i ULF, dok LF i VLF rastu do predpubertetskog uzrasta (75). Odnos LF/HF koji po nekim autorima reflektuje balans SNS i PNS uvećava se sa starenjem skrećući u korist dominacije SNS (76). Kapacitet modulacije ANS progresivno opada tokom života (77), a izraženija PNS aktivnost povezana je sa dugovečnošću među starijom populacijom (78).

Sada je već opšte poznato da kod sportista postoji porast VSF i dominacija PNS uticaja na srce, koji su u slučaju višegodišnjih treninga visokog intenziteta najverovatnije ireverzibilnog tipa (64,79). Ne retko se kod njih sreću EKG znaci naglašenog PNS tonusa: sinusna bradikardija, respiratorna sinusna aritmija, kao i AV blok I i II stepena – Mobic (*Mobitz*) tip I (80–83) (Slika 10).



Slika 10. Sinusna bradikardija i respiratorna sinusna aritmija kod sportiste

Aerobni trening izdržljivosti uvećava VSF i ubrzava OSF kod zdravih osoba (78,84–87) i najviše je odgovoran za pojačan PNS naboj (68,73) (Slika 11).



Slika 11. Tahogram sportiste iz sportova izdržljivosti u mirujućim uslovima

www.hrvtraining.com/2013/11/22/hrv-in-a-bit-more-detail-part-2/

HF odražava stepen respiratorne sinusne aritmije za koju se smatra da ima ulogu u usklađivanju protoka krvi kroz pluća sa alveolarnom ventilacijom (88). U radovima koji porede sportiste iz grupe sportova izdržljivosti sa sportistima iz sportova snage često je zaključak da ovi prvi imaju povoljniji profil VSF uz objašnjenje da je u sportovima snage manje zastupljen aerobni trening (68). Sa druge strane, nekada su razlike među njima nejasne,

te se pretpostavlja da strukturne izmene u srcu provocirane različitim tipom treninga (89), ili pak, pojava pretreniranosti mogu ponuditi objašnjenje (74).

Izvestan broj studija ukazao je na to da se povećanje PNS tonusa po prestanku fizičke aktivnosti sporije odvija nakon intenzivnog intervalnog treninga (eng. *high intensity interval training, HIIT*) u poređenju sa treningom konstantnog intenziteta (69,87). Pojedinci kod kojih postoji brz OSF nakon kratkotrajnih, intenzivnih sesija imaju predispoziciju da budu uspešni u intermitentnim sportovima kao što su npr. fudbal i košarka (90). OSF je brži nakon anaerobnog testa (Vingejt test – eng. *Wingate test, WanT*) dok je za oporavak od inkrementalnog testa za određivanje maksimalne potrošnje O₂ (VO₂max test) ponekad potrebno i nekoliko dana (91,92). Međutim, kraće sesije visokog intenziteta kao što su višestruki WanT ili HIIT, pokazuju dozno zavisian odnos u oporavku vagusne srčane modulacije (93,94), pri čemu se smatra da anaerobna komponenta vežbanja učestvuje u odlaganju PNS reaktivacije.

PNS uticaj sagledavan kroz VSF u miru pozitivno korelira sa brzinom OSF (95). Smatra se da se treningom podstaknute promene u ANS regulaciji aktivnosti kardiovaskularnog sistema dešavaju tokom odmora kada je izraženo dejstvo vagusa (96–98). Da bi se, recipročno, efekti vegetativne modulacije ispoljili kroz poboljšanje kardiovaskularnog odgovora tokom i nakon fizičkog opterećenja, mora da postoji ravnoteža između perioda treniranja i oporavka.

Parametri ANS aktivnosti zavise od intenziteta vežbanja (99) – sportisti koji intenzivno treniraju pred takmičenja svetskog ranga imaju povišen SNS tonus (97,100). Ponekad je potrebno i više sati za povratak na bazalne vrednosti (84,92–94) i smatra se da zamor produžava vreme oporavka i negativno utiče na performanse (87,97,101,102).

Podela sportova prema fiziološkim i metaboličkim zahtevima

Tip i intenzitet sportskog treninga utiču na vrstu hemodinamskog opterećenja i sledstvenu adaptaciju kardiovaskularnog sistema na fizičku aktivnost (34). Prema Morganrotovoj (*Morganroth*) hipotezi statičko vežbanje (trening snage) dovodi do koncentrične hipertrofije miokarda usled dominantnog opterećenja pritiskom (rastu periferni vaskularni otpor, srčani otkucaji i krvni pritisak, dok potrošnja O₂ i minutni volumen srca nisu značajno izmenjeni), a dinamičko vežbanje (trening izdržljivosti) dovodi do ekscentrične hipertrofije – uvećanje srčanih šupljina i hipertrofija miokarda usled dominantnog opterećenja volumenom (raste potrošnja O₂, krvni pritisak, udarni i minutni volumen, a periferni vaskularni otpor je smanjen) (103). Ovo tumačenje se prihvata i danas, mada postoje dokazi da u treningu izdržljivosti dolazi kako do opterećenja volumenom, tako i do opterećenja pritiskom, a da se u treningu snage ekscentrična hipertrofija sreće u ne malom procentu (104). Trening snage podrazumeva aktivnosti kratkog trajanja na visokim i maksimalnim intenzitetima, povećavajući sposobnost da se vrše visokointenzitetne aktivnosti naspram velikog opterećenja uz kratkotrajno ponavljanje. Ovde su ubrajaju dizanje tegova, power-lifting (eng.) i bacačke atletske discipline. Fiziološki mehanizmi uključuju neuromišićnu adaptaciju kroz bolju sinhronizovanost regrutovanih mišićnih vlakana, hipertrofiju i hiperplaziju mišićnih vlakana, uz posledično smanjenje u gustini mitohondrija i kapilara. Nasuprot tome, trening izdržljivosti povećava koncentraciju mitohondrijalnih proteina i aktivnost respiratornih enzima, dovodeći do povećanja maksimalne potrošnje kiseonika (VO₂max) i do porasta u procentu mišićnih vlakana tip I (105–108). Od ekstremne važnosti u sportovima izdržljivosti su optimalne vrednosti minutnog volumena, volumena krvi, hematokrita i mišićna kapilarizacija. Sa druge strane, u sportovima snage ove fiziološke karakteristike nemaju tolikog značaja. Ključna stvar u adaptaciji na trening snage je hipertrofija mišićnih vlakana tip II (11). Trening izdržljivosti prouzrokuje adaptacije na nivou plućnog,

kardiovaskularnog i neuromišićnog sistema u cilju poboljšanog dopremanja O₂ ka ciljnim tkivima i pospešivanja kontrole metabolizma mišićnih ćelija. Hronična adaptacija kardiovaskularnog sistema na ponavljane nalete dinamičkog vežbanja povećava VO₂max usled povećanja maksimalnog udarnog volumena i arteriovenske razlike u O₂. Takođe, skeletni mišići angažovani ovim tipom vežbanja prelaze dominantno na oksidativni metabolizam usled povećanja u broju i veličini mitohondrija i broju kapilara. Hronična adaptacija na statički trening ili ne dovodi ili dovodi u maloj meri do povećanja VO₂max. Skeletna muskulatura uključena u ovaj tip vežbanja prelazi na dominantno glikolitički sistem, a dolazi do uvećanja mišićne mase prvenstveno na račun hipertrofije (105). Na osnovu dinamičkih i statičkih zahteva sporta, kao i u odnosu na intenzitet (niski, srednji, visoki) nastala je podela po Mičelu (*Mitchell*) (109) (Slika 12).

RASTUĆA DINAMIČKA KOMPONENTA →

		A. NIZAK ($< 40\% \text{ Max O}_2$)	B. UMEREN ($40-70\% \text{ Max O}_2$)	C. VISOK ($> 70\% \text{ Max O}_2$)
↑ RASTUĆA STATIČKA KOMPONENTA	III. VISOK ($> 50\% \text{ MVC}$)	IIIA (Umeren) Bob Bacačke discipline Gimnastika Borilačke veštine Jedrenje Sportsko penjanje Skijanje na vodi Dizanje tegova Surf na vetru	IIIB (Visok umeren) Bodi bilding Slalom u skijanju Skejtbording Snoubording Rvanje	IIIC (Visok) Boks Kanu/Kajak Biciklizam Dekatlon Veslanje Brzo klizanje Triatlon
	II. UMEREN ($20-50\% \text{ MVC}$)	IIA (Nizak umeren) Streličarstvo Auto trke Ronjenje Konjički sport Motociklizam	IIIB (Umeren) Američki fudbal Skakačke discipline Umetničko klizanje Rodeo Ragbi Sprint Surf Sinhrono plivanje	IIIC (Visok umeren) Košarka Hokej na ledu Kros-kantri skijanje (tehnika klizanja) Lakros Trčanje na srednje pruge Plivanje Odbojka
	I. NIZAK ($< 20\% \text{ MVC}$)	IA (Nizak) Bilijar Kuglanje Kriket Karling Golf Streljaštvo	IB (Nizak umeren) Bejzbol/Softbol Mačevanje Stoni tenis Odbojka	IC (Umeren) Badminton Kros-kantri skijanje (klasično) Hokej na travi Orijehtiring Brzo hodanje Rukomet/Skvoš Trčanje na duge pruge Fudbal Tenis

Slika 12. Podela sportova prema Mičelu.

MVC: maksimalna voljna kontrakcija (maximum voluntary contraction, MVC), Max O₂: maksimalna potrošnja kiseonika; https://www.researchgate.net/figure/Mitchells-classification-of-sports-based-on-peak-static-and-dynamic-components-achieved_fig3_320617390

Sportovi se mogu deliti i u odnosu na dominantne energetske zahteve. Trenutni izvor energije za mišićnu kontrakciju dolazi od hidrolize molekula ATP, čije se rezerve iscrpe za manje od 10 s od početka kontrakcije (110). Kidanjem visokoenergetskih fosfatnih veza dolazi do oslobađanja velike količine energije potrebne u inicijalnom stadijumu intenzivnih, eksplozivnih aktivnosti. Kreatin fosfat (PCr) služi kao depo atoma fosfora, neophodnog za momentalnu resintezu ATP i ovim se rad može održati još samo nekoliko sekundi. Razgradni produkti ATP hidrolize i nakupljanje jona kalcijuma su stimulatori započinjanja glikogenolize i glikolize. Enzimi fosfofruktokinaza i fosforilaza razgrađuju molekul glukoze do piruvata pri čemu se dobijaju dva molekula ATP, a kao nusprodukt metabolizma u hipooksigenoj sredini nastaje mlečna kiselina. Ona u *in vivo* (lat.) uslovima veoma brzo disocira na H^+ jon i konjugovanu bazu – laktat. Smatra se da je porast intracelularne kiselosti nastao nakupljanjem H^+ jedan od glavnih faktora za pad u efikasnosti mišićne kontrakcije u anaerobnim uslovima (111). Ovaj porast u koncentraciji H^+ biva puferovan slabim unutarćelijskim puferima, a u uslovima produženog mišićnog rada joni H^+ transportuju se van ćelije, snižavajući ekstracelularni pH, što predstavlja okidač za pojačano dopremanje O_2 . Pobjronani procesi spadaju u aspekt anaerobnog metabolizma, onog koji se odvija nezavisno od prisustva O_2 . Ovi resursi omogućavaju generisanje ogromne sile i snage, ali se brzo iscrpljuju (110,111). Aktivnosti blagog do umerenog intenziteta dominantno zavise od aerobne (u prisustvu O_2) glikolize. U prisustvu O_2 piruvat ulazi u mitohondrije, gde dekarboksilacijom od njega nastaje acetil koenzim A koji učestvuje u Krebsovom (*Crebs*) ciklusu limunske kiseline. Iz ovog ciklusa nastaje elektron donor – nikotinamid adenin dinukleotid (NADH). Oksidacijom NADH oslobađaju se protoni koji ulaze u mitohondrijalni elektron transportni lanac stvarajući elektrohemijski gradijent neophodan za generisanje energije za sintezu ATP iz adenzin difosfata (ADP). U slučaju neometanog dopremanja O_2 ova aktivnost može trajati beskonačno (12,110). Međutim, limitirajući faktori, a to su

kapacitet alveolo-kapilarne razmene i distribucija O₂ krvotokom na makro nivou (112), odnosno parcijalni pritisak O₂ u mitohondrijama, ćelijski fosforilacioni kapaciteti i metabolički zahtevi za ADP fosforilacijom na mikro nivou (110), diktiraju ritam aerobnog metabolizma.

U ljudskim mišićima postoji tri tipa vlakana: sporo kontrahujuća tip I (oksidativna), brzo kontrahujuća tip IIa (oksidativna, glikolitička) i brzo kontrahujuća tip IIx (glikolitička). U opštoj populaciji odnos sporo i brzo kontrahujućih vlakana je 50:50. U dominantno aerobnim sportovima zastupljenost sporo kontrahujućih vlakana se kreće od oko 60-70% npr, kod



Slika 13. Građa maratonca (levo) i sprintera (desno).

www.fitmole.org/sprinters-vs-marathon-runners/

trčanja na srednje i duge pruge, do oko 90-95% u aktivnostima koje karakteriše izuzetna aerobna izdržljivost. Nasuprot ovom, u sportovima u kojima je izražen doprinos anaerobnog metabolizma, koji zahtevaju značajnu silu i snagu, zastupljenost brzo kontrahujućih vlakana kreće se od 60% u pavr-liftingu (eng. *power-lifting*) do 80% u sprintu (Slika 13).

Vlakna tip I imaju veći broj i ukupan volumen mitohondrija, a u mišićnom segmentu u kom dominiraju ova vlakna gustina kapilarne mreže i dužina kapilarne membrane su veći. Vlakna tip II imaju značajan kapacitet za hipertrofiju izazvanu treningom, hidrolizuju ATP 2-3 puta brže, a brzina kontrahovanja i maksimalna snaga su nekoliko puta veći u odnosu na tip I. Postoje eksperimentalni dokazi za prelazak vlakana tip IIx u tip IIa, kao i iz tipa IIa u tip I, kao rezultat specifičnog treninga. Mišićna vlakna jedne motorne jedinice su homogena. Vlakna tip I imaju nizak prag ekscitacije i prva će se kontrahovati sa pristiglim stimulusom. Kako se uvećava talas

ekscitacije i raste potreba za silom i snagom kontrahovaće se sve veći broj motornih jedinica sa tip I vlaknima dok sledstveno ne budu sve angažovane, a to je referentno nivou na kom je utilizacija O₂ najveća, odnosno kada se dostigne VO₂max. Međutim, ove uključene motorne jedinice doprinose samo 20% od maksimalno moguće sile kontrakcije. Stimulusi koji prevazilaze to dovode do angažovanja motornih jedinica sa tip IIa vlaknima, a kasnije i tip IIx vlakana, sve dok sva tri tipa motornih jedinica ne budu u potpunosti uključena i ne dostigne se maksimalna sila kontrakcije (113).

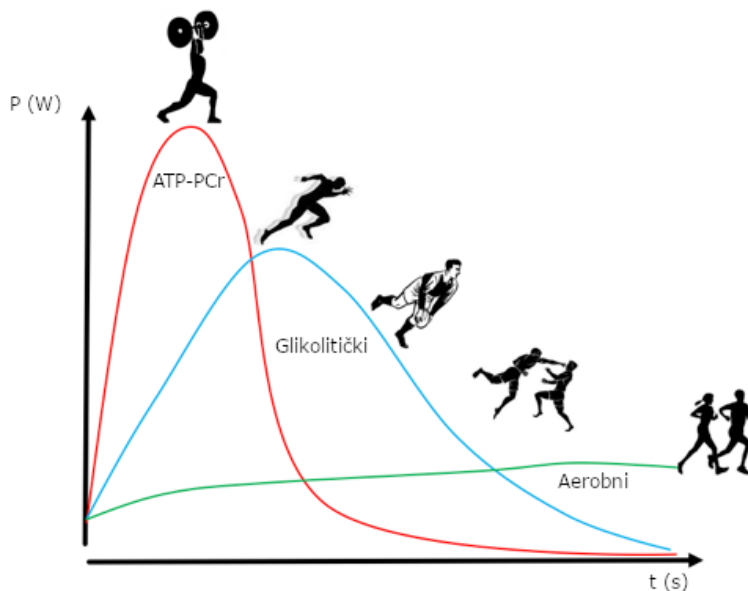
Najveći intenziteti mišićnih kontrakcija sreću se kod olimpijaca dizača tegova, skakača u vis, bacača diska i bacača u bejzbolu. Ove aktivnosti generišu energiju iz ATP-PCr sistema koji se restituišu aerobnim procesima. U aktivnostima visokog intenziteta nešto dužeg trajanja (10-60 s) energija se dobija većinom putem anaerobne glikolize (11).

Sportski događaji koje karakteriše izdržljivost mogu biti trajanja 5-240 min, a odigravaju se na nivou 65-100% VO₂max (12). Aktivnosti koje se odigravaju na oko 75-85% VO₂max npr. maraton, angažuju manje od 25% maksimalne snage. Veslanje, biciklizam, kros-kantri (eng. *cross-country*) skijanje vrše se na intenzitetu od 30-50% maksimalne snage pri 100% VO₂max (11). Cilj treninga izdržljivosti je da se aktivnost visokog intenziteta, a uz nisku rezistenciju, kao što je slučaj u biciklizmu, trčanju ili plivanju, održava što duže (106). Za zapažene rezultate na polju sportova izdržljivosti odgovoran je visok intenzitet treninga, na 80-100% VO₂max. Vrednost VO₂max se može uvećavati treningom do izvesnog nivoa, a za dalje poboljšanje performansi zaslužne su manipulacije na nivou laktatnog praga i poboljšanje ekonomije vežbanja (12).

U intenzivnim, kratkotrajnim, supramaksimalnim aktivnostima apsolutni anaerobni doprinos je ključan. U srednje pružnim i dugo pružnim događajima anaerobni doprinos je značajan na početku i u završnici, ali je bez mnogo ušesča u centralnom delu takmičenja. U *ultra-endurance* (eng.) događajuma kao što su maraton i multietapno biciklističko takmičenje kao

što je Tur d Frans (*Tour de France*) u naletima tokom trke i u završnici sportisti se dominantno oslanjaju na anaerobni metabolizam (114). Sportovi kao što su fudbal, košarka i biciklizam zahtevaju doprinos oba – anaerobnog i aerobnog metabolizma, a brzina i izdržljivost su ključni u treningu (115).

U dominantno anaerobne sportove spadaju dizanje tegova, skakačke i bacačke discipline, skokovi u vodu, odbojka, gimnastika na spravama, trkačke discipline od 100 do 400 m, plivačke discipline od 50 do 100 m, mačevanje, boks. U dominantno aerobne sportove spadaju brzo hodanje, trčanje od 1500 m do 42 km, plivanje na duge staze, veslanje,



Slika 14. Energetski zahtevi u različitim sportovima.

Modifikovano: www.rugbyscientists.com/2016/05/09/conditioning-for-team-sports-part-1/

biciklizam, kros-kantri skijanje

(15,116). Međutim, u većini

sportova snaga i izdržljivost

stoje rame uz rame, te se i ovi

metabolički putevi prepliću

jedan s drugim (Slika 14).

Najbolji primer mešoviti

sportova je fudbal. Tokom

utakmice ovi sportisti imaju

mногоstruke eksplozivne

aktivnosti, što u vidu

kratkotrajnih sprinteva, a što

usled naglih pokreta i promena pravca. Sa druge strane, za vreme utakmice pređu između 8 i

12 km, na intenzitetu od 80-90% od maksimalnog srčane frekvencije. U proseku, 90-98%

aktivnosti u fudbalu otpada na aerobni metabolizam, a 1-11% na anaerobni (108,117,118)

(Tabela 1).

Tabela 1. Energetski sistemi u različitim sportovima.

modifikovano: Hall E. Guyton and Hall textbook of medical physiology, 12th ed.

Fosfageni sistem

- 100 m sprint
- skokovi
- dizanje tegova
- skokovi u vodu
- sprint u američkom fudbalu
- tripl u bejzbolu

Fosfageni sistem i laktična glikoliza

- 200 m sprint
- košarka
- sprint u hokeju na ledu

Laktična glikoliza

- 400 m sprint
- 100 m plivanje
- tenis
- fudbal

Laktična i aerobna glikoliza

- 800 m sprint
- 200 m plivanje
- 1500 m klizanje
- boks
- 2000 m veslanje
- 1500 m trčanje
- trka od 1 milje
- 400 m plivanje

Aerobna glikoliza

- 10.000 m klizanje
 - kros kantri skijanje
 - maraton
 - džoging
-

CILJEVI:

1. Određivanje karakteristika varijabilnosti srčane frekvencije u miru u grupi sportista koji

treniraju pretežno anaerobne sportove, grupi sportista koji treniraju pretežno aerobne sportove i grupi nesportista.

2. Analiza karakteristika varijabilnosti srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje anaerobnih kapaciteta u grupi sportista koji treniraju pretežno anaerobne sportove, grupi sportista koji treniraju pretežno aerobne sportove i grupi nesportista.

3. Analiza karakteristika varijabilnosti srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje aerobnih kapaciteta u grupi sportista koji treniraju pretežno anaerobne sportove, grupi sportista koji treniraju pretežno aerobne sportove i grupi nesportista.

4. Utvrditi da li postoji povezanost između karakteristika varijabilnosti srčane frekvencije i rezultata ostvarenih tokom funkcionalnih testova za određivanje aerobnih i anaerobnih kapaciteta.

HIPOTEZE:

1. Očekuje se značajno veća varijabilnost, odnosno, veće vrednosti vagusnih parametara varijabilnosti srčane frekvencije u obe grupe sportista, a prevashodno kod onih koji se bave dominantno aerobnim sportovima, u odnosu na grupu nesportista.
2. Očekuje se značajno veća varijabilnosti srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje anaerobnih kapaciteta među sportistima angažovanim u pretežno aerobnim sportovima u odnosu na sportiste angažovane u pretežno anaerobnim sportovima i nesportiste.
3. Očekuje se značajno veća varijabilnost srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje aerobnih kapaciteta među sportistima angažovanim u pretežno aerobnim sportovima u odnosu na sportiste angažovane u pretežno anaerobnim sportovima i nesportiste.
4. Očekuje se postojanje značajne povezanosti između karakteristika varijabilnosti srčane frekvencije i rezultata ostvarenih tokom funkcionalnih testova za određivanje aerobnih i anaerobnih kapaciteta.

MATERIJAL I METODE

Ovo istraživanje sprovedeno je u periodu od februara do jula 2016. godine. Sva merenja izvršena su u Laboratoriji za funkcionalnu dijagnostiku Zavoda za fiziologiju Medicinskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu. Ispitanici su testirani pod jednakim sredinskim uslovima (temperatura prostorije između 22 i 24 stepena Celzijusa, u nekom od termina između 8 i 15 h.

Svi ispitanici su prijavili dobro opšte stanje i odsustvo bolesti. Zamoljeni su da uoči dolaska na testiranje imaju poslednji obrok najmanje tri sata ranije, kao i da ne konzumiraju kofeinske i energetske napitke minimum 24 h pre testa. Takođe, zamoljeni su da ukoliko prethodnog dana treba da imaju trening, on bude lakšeg intenziteta. Ispitanicima je, neposredno pre dobrovoljnog pristanka za učešće u studiji i potpisivanja informisanog pristanka, detaljno objašnjena svrha istraživanja, kao i merenja i testovi kojima će biti podvgnuti. Na dan prvog dolaska ponovo su im objašnjeni redosled i procedure merenja, odnosno, testova koji su sledili. Istraživanje je odobreno od strane Etičke komisije Medicinskog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu.

Ispitanici

Istraživanju je dobrovoljno pristupilo 87 ispitanika muškog pola, starosti između 18 i 26 godina, koji su u tom periodu aktivno trenirali i takmičili se pri sportskim klubovima na teritoriji Vojvodine minimum godinu dana unazad. Razvrstani su prema dominantnim metaboličkim zahtevima sporta (15,109,116) u dve grupe: pretežno anaerobni sportovi (AN) i pretežno aerobni sportovi (AE).

Razlozi za neuključivanje, odnosno isključivanje iz studije bili su sledeći:

- 1) prekid u bavljenju sportom duži od 30 dana, odnosno, dva ili više prekida duža od 20 dana, kao i četiri ili više prekida dužih od 15 dana za poslednjih godinu dana, koji nisu bili zdravstveno opravdani;
- 2) manje od 10 h nedeljno provedenih u treningu i na takmičenjima;
- 3) podatak o upotrebi suplemenata u to vreme svrstanih u C ili D grupu ABCD klasifikacije suplemenata prema Australijskom institutu za sport (119) ili upotreba zabranjenih, doping supstanci prema tada aktuelnoj listi Svetske anti-doping agencije (120);
- 4) svojevoljan izlazak iz studije;
- 5) neuspeh u pridržavanju kontinuiteta istraživanja;
- 6) pojava ozbiljnih neželjenih reakcija prilikom izvođenja testiranja;
- 7) prisustvo bolesti koje bi mogle ugroziti ispitanikovo zdravlje prilikom obavljanja ispitivanja ili zbog kojih ispitanici ne bi bili u mogućnosti da adekvatno izvrše testove (kardiovaskularna oboljenja (poremećaj u stvaranju i/ili sprovođenju srčanih impulsa (izuzev sinusne bradikardije i respiratorne sinus aritmije, AV bloka I stepena i inkompletnog bloka desne grane Hisovog snopa), zatim, miokarditisi, kardiomiopatije, urođene srčane mane, stečena oboljenja valvula – simptomatska sa ili bez hemodinamskog uticaja, povišen arterijski krvni pritisak); Marfanov sindrom; opstruktivne bolesti pluća (bronhijalna astma, hronični bronhitis i emfizem pluća); povrede zglobova/mišića i/ili prelomi kostiju sa nepotpunim oporavkom; oboljenja kičmenog stuba (lumboishialgija, diskus hernija); anomalije skeleta (uvučene ili levkaste grudi); akutne infekcije disajnog, urinarnog ili gastrointestinalnog trakta sa ili bez pojave febrilnosti).

Jedan ispitanik je momentalno isključen iz studije zbog sumnje na postojanje patološkog EKG obrasca. Tri ispitanika se nisu odazvala na drugi test, dok su dva isključena zbog

novonastale povrede. Naknadno rezultati još šest ispitanika nisu uzeti u razmatranje zbog nerealnih rezultata ostvarenih na funkcionalnim testovima, odnosno, nedostajućih podataka. Time smo finalno dobili 36 ispitanika u AN grupi i 39 ispitanika u AE grupi.

Kontrolnu grupu nesportista (NS) sačinjavalo je 39 osoba muškog pola, studenata medicine na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Novom Sadu, iste uzrasne dobi i sličnih demografskih karakteristika kao i ispitanici, koji su takođe dobrovoljno pristupili istraživanju dajući pismeni pristanak. Uslov za ulazak u studiju podrazumevao je da ispitanici iz NS grupe, ukoliko su rekreativno trenirali, sportske aktivnosti nisu imali više od 5 h u ukupnom trajanju na nedeljnom nivou.

Eksperimentalni model

Osnovni cilj istraživanja bio je da se odrede karakteristike varijabilnosti srčane frekvencije u miru i nakon testova za određivanje energetske kapaciteta kod sportista svrstanih u dve grupe prema dominantnim metaboličkim zahtevima sporta i u odnosu na kontrolnu grupu NS. Kako su oba testa izuzetno zahtevna ispitanici su ih morali raditi u različitim danima. Pri tom se gledalo da testiranja ne budu u razmaku većem od nedelju dana.

Prilikom prvog dolaska, u fazi pre ogleda ispitanici su anketirani o opštim podacima, zdravstvenoj istoriji, zdravstvenim navikama i učešću u sportu. Izvođena su antropometrijska merenja, beležene su vrednosti vitalnih parametara (sistolni i dijastolni arterijski krvni pritisak, broj respiracija u minuti), vršeno je indirektno određivanje udela telesnih masti putem bioelektrične impedancne analize i rađeni su spirometrija i elektrokardiografija. Svi podaci su unošeni u protokol istraživanja.

Za merenje telesne visine korišćen je antropometar po Martinu sa preciznošću od 0.1 cm, pazeći da se glava tokom merenja nalazi u položaju frankfurtske horizontalne ravni. Za merenje telesne mase korišćena je medicinska decimalna vaga sa pokretnim tegom, sa preciznošću od 0.1 kg. Pri merenju arterijskog krvnog pritiska korišćena je auskultaciona metoda uz upotrebu živinog manometra. Bilo je potrebno da se ispitanik udobno smesti u sedećem stavu i nakon 10 min mirovanja postavljana je manžetna aparata na središnji deo leve nadlaktice i započinjano je merenje stiskanjem ručne pumpe, a zatim je otpuštan ventil i praćen je položaj na skali sa živinim stubom uporedo sa auskultovanjem Korotkovljevih tonova. Vrednost pri kojoj su se tonovi prvi put čuli označavala je sistolni krvni pritisak, a vrednost pri kojoj su tonovi počinjali da se gube označavala je dijastolni krvni pritisak. Disajna frekvencija određivana je brojanjem respiracija u intervalu od 60 s, pri čemu je ispitanik bio u sedećem stavu. Indirektno određivanje masne mase tela izraženo u kg i u procentima (%) vršeno je merenjem telesnog otpora putem bioelektrične impedancne analize uz korišćenje aparata Omron BF 300. U protokol istraživanja unošene su srednje vrednosti dobijene izračunavanjem iz tri uzastopna merenja.

Za određivanje plućnih funkcija korišćen je aparat MIR Spirolab Enraf Nonius, Holand. Ispitanicima je naloženo da zauzmu stojeći stav i da dišu normalno držeći turbinu aparata u jednoj ruci. Pri tom su disali kroz usta, jer im je bila plasirana štipaljka za nos. Nakon normalnog potpunog izdisaja trebalo je da zadrže dah, prinesu turbinu aparata ustima čime bi nastavak za usta prihvatili zubima i usnama tako da ne postoji mogućnost strujanja vazduha izvan turbine merača protoka. Zatim je usleđivao dubok, maksimalan udah, tempom koji su ispitanici sami odredili, ali uz instrukciju istraživača da ne udišu forsirano. Pratio ga je forsiran, najdublji mogući, maksimalan izdah uz bodrenje da početak izdisaja izvedu najbrže moguće, a zatim nastave do potpunog izdisaja, po potrebi savijajući trup ka napred i na dole. Ne vadeći nastavak za usta, ispitanici su ponavljali dubok udisaj i forsirani izdisaj tri puta, a

srednje vrednosti traženih parametara – forsirani vitalni kapacitet (FVC) i forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV_1) unošene su u protokol.

EKG zapisi registrovani su u ležećem stavu nakon mirovanja od 5 min, postavljanjem elektroda dvanaesto-kanalnog aparata E30G, Farum S.A., Poland na mesta preporučena od strane Britanskog kardiološkog društva (121). Aparat je prethodno kalibrisan tako da je brzina registrovanja iznosila 25 mm/s, a voltaži od 1 mV odgovaralo je 10 mm. Pribavljeni su zapisi standardnog trajanja od 10 s. U interpretaciji EKG-a među sportistima korišćeni su referentni kriterijumi (122–124).

Potom su ispitanici dobijali da ispune upitnik (u prilogu). Radilo se o kraćoj formi upitnika za procenu fizičke aktivnosti (eng. *International Physical Activity Questionary, IPAQ*), koji se širom sveta koristi za nadzor nivoa fizičke aktivnosti, a odnosi se na poslednjih sedam dana. Upitnik je lako razumljiv i popunjava se samostalno, ali ispitanici su bili slobodni da se konsultuju sa istraživačem u vezi sa eventualnim nejasnoćama.

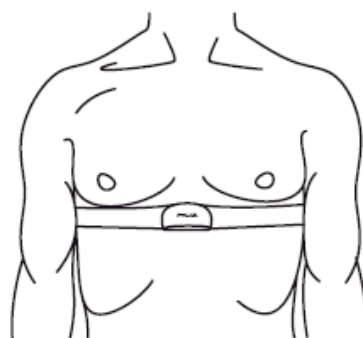
Ogledna faza

Ispitanicima su rađeni WanT – test za određivanje maksimalnog anaerobnog kapaciteta i VO_2 max test – test za određivanje maksimalnog aerobnog kapaciteta, oba na bicikl ergometru. Metodom slučajnog izbora određeno je koji će test ispitanik raditi pri prvom dolasku.

U danu kada je rađen WanT ispitanicima je neposredno pre testiranja registrovana VSF u mirovanju, nakon što su se udobno smestili na bicikl ergometru Wattbike Ltd., UK. Pazilo se da visina sedla bude ispravno podešena, da bi noga bila pasivno opružena u kolenu kad je pedala u najnižem položaju, a prema potrebi su prilagođavani visina i položaj kormana. Radi veće prijatnosti, tokom registrovanja VSF ispitanicima je rečeno da noge polože na oslonce koji su se nalazili sa obe strane bicikla. Traka sa elektrodom pulsmetra Polar RS 200sd, Polar



Slika 15. Polar RS 200sd



Electro Oy, Finland
(Slika 15), postavljena je oko grudnog koša tako da elektroda naleže na kožu iznad

Slika 16. Položaj trake sa transponderom pulsmetra.

www.support.polar.com/en/support/tips/How-to-wear-a-heart-rate-sensor-with-textile-strap

ksifoidnog nastavka i dotegnuta je tako da ispitaniku bude komforno, a da registrovanje signala može nesmetano da se odvija (Slika 16). Registrovanju je prethodio period od 2 min zarad stabilizacije otkucaja, a njihovo beleženje trajalo je 3 min. Ispitanicima je objašnjeno da tokom registrovanja ne smeju da pričaju, trebaju da se trude da spontano i mirno dišu i budu opušteni. Pulsmetar je ostajao fiksiran na grudnom košu ispitanika i tokom trajanja WanT da bi se VSF mogla registrovati u oporavku.

Protokol WanT, kojeg smo se pridržavali, opisan je sedamdesetih godina prošlog veka (125,126). Visina opterećenja iznosila je 8% od telesne mase ispitanika (127). To je bilo ciljno opterećenje pri kojem su ispitanici izvodili test. Neki su, pak, osetili da im treba nešto manje opterećenje, ili su bili komforni da ga rade na nešto jačem opterećenju. Tokom zagrevanja u trajanju od 3 min (Slika 17),



Slika 17. Položaj na bicikl ergometru tokom zagrevanja pred Vingejt test

pri umerenom opterećenju, ispitanici su imali dva do tri pokušaja kratkotrajnog sprintsa da bi stekli utisak o položaju za vreme testa i samom principu njegovog izvođenja. Nakon zagrevanja su ostajali da sede mirno u sedlu narednih 2 min, do stabilizacije otkucaja. Za to vreme je istraživač podesio opterećenje postavljanjem ručice zamajca i vijka u odgovarajući položaj. Zatim je ispitaniku naloženo da pedale namesti u položaj za start i bude spreman da se na istraživačev poklik „tri, dva, jedan – sad”, na reč “sad” izdigne iz sedla i nagnuvši se napred započne sprint maksimalnom snagom pedaliranja koji je trajao 30 s. Nakon toga se vraćao u sedeći položaj na biciklu i započinjao aktivni oporavak pedaliranjem uz potpuno otklonjeno opterećenje u trajanju od 30 s, a potom je prestajao da pedalira i ostajao mirno da sedi naredna 4 min noge položivši na primaknute oslonce. Registrovanje VSF započinjano je sa početkom testa i trajalo je do isteka 4:30 min oporavka. Vrednosti WanT testa prikazane na displeju (pik snage – eng. *peak power*, *PP*, prosečna snaga – eng. *mean power*, *MP*, energija, brzina i kadenca) beležene su u protokol. Za vrednost PP uzima se najveća srednja vrednost bilo kojeg intervala od 5 s, najčešće prvog. Vrednost MP predstavlja srednju vrednost svih šest intervala od 5 s.

VO₂max test izvođen je na bicikl ergometru Ergoselect 100 Cosmed, Ergoline GmbH, Germany, prema preporukama Američkog grudnog udruženja i Američkog koledža grudnih lekara (128), što je ujedno i preporuka proizvođača opreme korišćene za kardiopulmonalno testiranje – FitmatePro Cosmed, Italy. Nakon udobnog smeštaja na biciklu, prilagodivši visinu sedla i položaj kormana, ispitanicima je stavljena silikonska maska za lice u odgovarajućoj veličini, koja je elastičnim kaiševima fiksirana uz lice, pazeći da ne dođe do curenja vazduha (Slika 18). Na masku je zatim montiran merač (čitač) protoka O₂ koji je povezan sa uređajem za kardiorespiratorno testiranje preko kabela čitača i cevčice za uzorkovanje. Zatim su ispitanicima oko grudnog koša stavljeni pusmetri proizvođača Cosmed i ranije pomenuti Polar RS 200sd, tako da elektrode naležu na kožu u predelu ksifoidnog procesusa, pazeći da signal može nesmetano da se registruje, a da se ispitanik oseća komforno. Elektroda Cosmed pulsmetra je sa strane koja prijanja na kožu takođe kvašena Ringerovim rastvorom, što je bilo u skladu sa preporukama proizvođača. Sledeći korak podrazumevao je da istraživač unese u uređaj podatke o ispitaniku, tipu testa i protokolu. Rađen je maksimalan test protokolom po Brusu (*Bruce*), gde je prva 2 min ispitanik pedalirao bez opterećenja, a zatim je sa istekom drugog minuta opterećenje postavljeno na 25 W i sa svakim narednim minutom raslo je za 25 W. Tokom testa ispitanik je morao da održava zadati broj od 60 revolucija u minuti. Test idealno traje 8-12 min, odnosno, dok ne dođe do pojave zamora i ispitanik ne može više da održava zadate vrednosti. Niko od ispitanika nije ispoljio neželjene reakcije, te nije bilo potrebe za prevremenim prekidanjem testa. Odmah po završetku testa započinjalo se sa registrovanjem VSF u oporavku koje je trajalo ukupno 5 min. Odštampani izveštaj o rezultatima VO₂max testa pribavljan je za svakog ispitanika i prilagan uz njegovu dokumentaciju.



Slika 18. Položaj na bicikl ergometru tokom izvođenja testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika.

Analiza VSF

Za uzorkovanje VSF zapisa korišćena je stopa semplovanja od 1000 Hz i frekvencija semplovanja od 256 ciklusa u minuti. Podaci su putem blutut tehnologije preneti na fleš memoriju sa integrisanim USB (eng. *universal serial bus* – univerzalna serijska magistrala) interfejsom, putem kojeg su preneti na personalni računar, gde su kasnije analizirani u Polar ProTrainer 5 programu. U njemu se podaci prezentuju u vidu tahograma. Za detekciju ektopičnih RR intervala korišćen je metod vizuelne inspekcije. Filtriranje artefakata i ektopičnih otkucaja izvedeno je digitalno i manuelno. Sporni intervali su zamenjeni interpoliranim vrednostima na osnovu susednih RR intervala. Za analizu VSF u miru koristili smo ceo segment trajanja 3 min, za analizu VSF tokom oporavka od WanT i VO₂max testa korišćena su poslednja tri minuta oporavka.

Od parametara vremenskog domena u analizi su korišćeni RRNN, SDNN, RMSSD i pNN50. Uz njih je analizirana i SD1 vrednost, budući da uz RMSSD, pNN50 i HF predstavlja marker PNS uticaja. Parametri frekventnog domena izračunavani su putem autoregresivnog modela: niskofrekventni opseg spektra (LF; 0.04-0.15 Hz), visokofrekventni opseg spektra (HF; 0.15-0.40 Hz), opseg vrlo niskih frekvencija spektra (VLF; ispod 0.04 Hz) i ukupna snaga spektra (TP). Iako je raspodela pokazivala normalnu distribuciju za sve vrednosti, LF i HF prevođene su i u prirodni logaritam ($\ln LF$, $\ln HF$). Takođe su analizirane i vrednosti LF i HF nakon normalizacije u odnosu na ukupnu snagu spektra (LFnu, HFnu).

Statistička analiza

Normalnost raspodale ispitana je i potvrđena Lilliefors (*Lilliefors*) testom, a Levinovim (*Levene*) testom je utvrđena homogenost varijanse. Podaci su numerički prikazani i predstavljaju aritmetičke sredine \pm standardne devijacije.

Za utvrđivanje statistički značajnih razlika u parametrima VSF između grupa korišćen je ANOVA test gde je za nivo značajnosti uzeta p vrednost <0.05 . Post hoc Tukijevim (*Tukey*) testom ispitvane su razlike između parova ako su za to bili ispunjeni uslovi.

Pirsonovim (*Pearson*) Hi kvadrat (χ^2) testom ispitivane su razlike u kateogorijalnim obeležjima između grupa uz nivo značajnosti od $\alpha=0.05$.

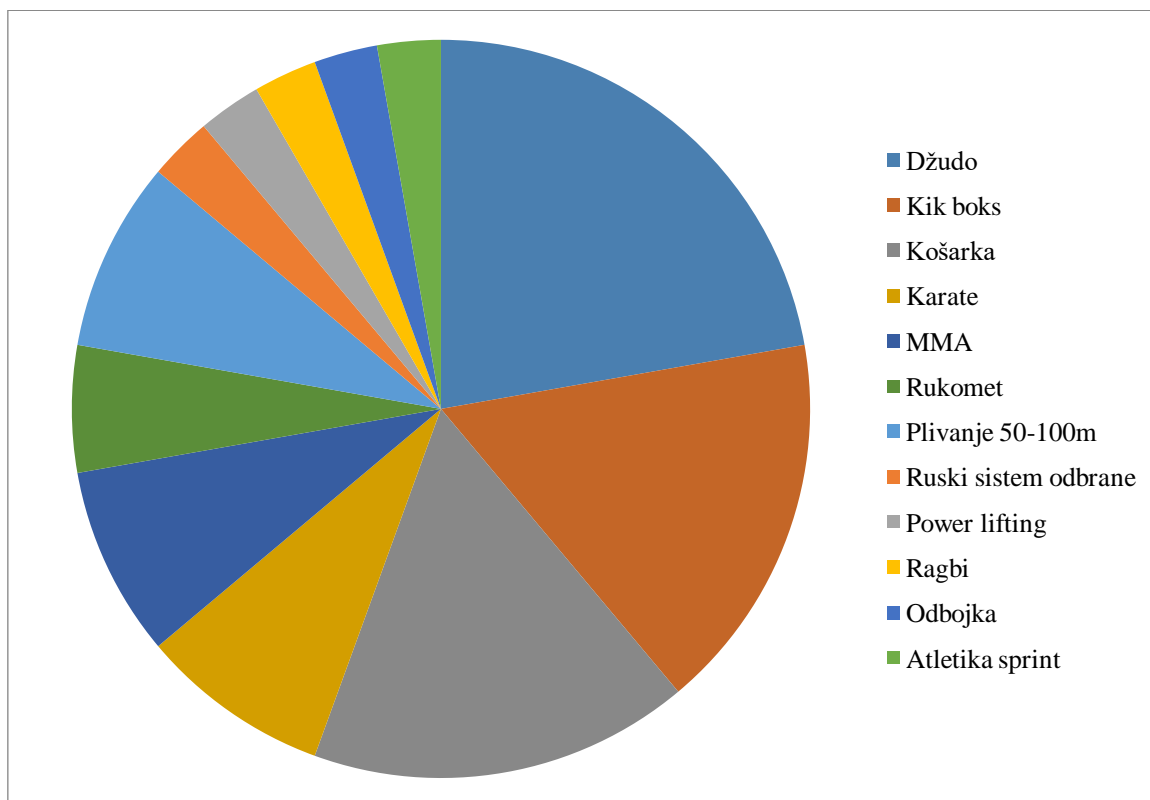
Odnos između VSF indeksa i rezultata ostvarenih na WanT i VO₂max testu ispitan je Pirsonovom linearnom korelacijom, sa statističkim pragom na $p<0.05$ i $p<0.01$.

Podaci su analizirani u MATLAB softveru.

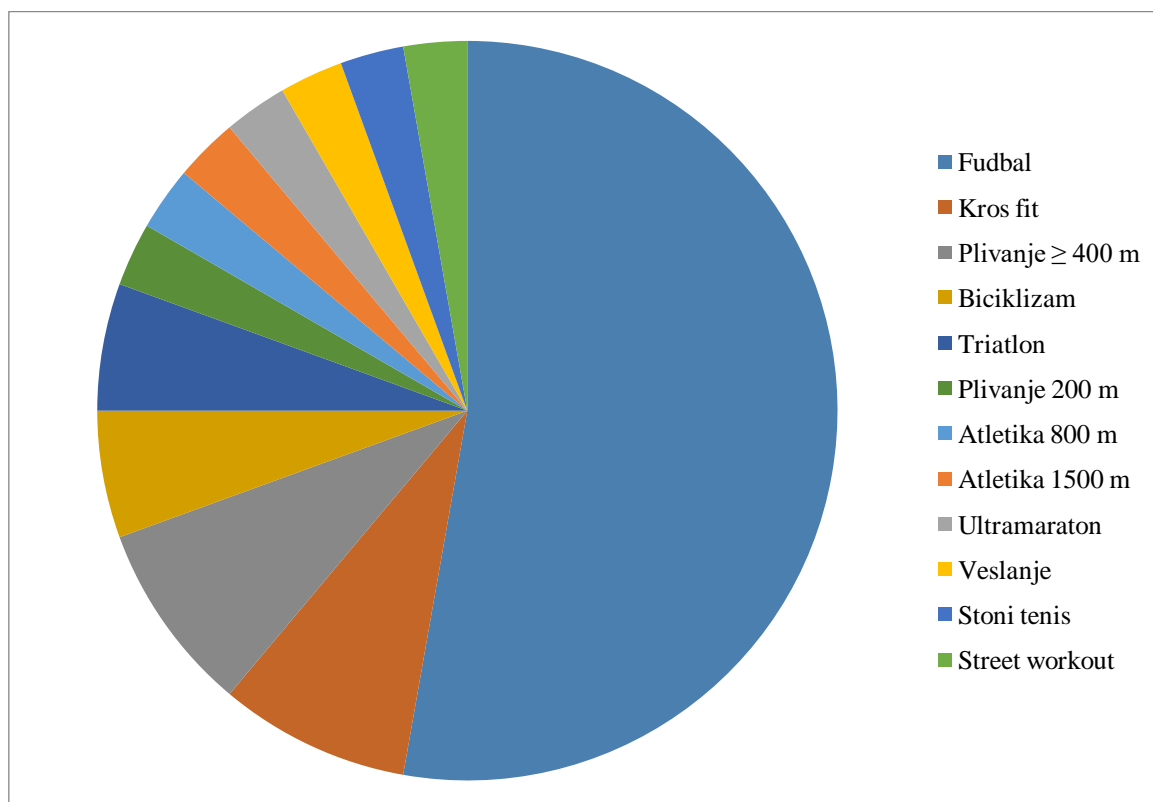
REZULTATI

Kao što je prethodno pomenuto, u AN grupi nalazilo se 36 ispitanika, a u AE grupi bilo ih je 39, dok je u kontrolnoj grupi nesportista bilo takođe njih 39. Svi ispitanici su bili približnog uzrasta. Među sportistima iz AN grupe najviše ispitanika bavilo se džudoom, kik boksom i košarkom, a u AE grupi najviše njih se bavilo fudbalom, kros fitom i plivanjem na 200 m i više (Grafikon 1 i 2).

Grafikon 1. Prikaz distribucije sportova u kojima dominira anaerobna komponenta.



Grafikon 2. Prikaz distribucije sportova u kojima dominira aerobna komponenta.



U Tabeli 2 nalaze se podaci vezani za učešće u sportu, antropometrijske, vitalne i funkcionalne parametre za obe grupe sportista i nespportiste.

Tabela 2. Učešće u sportu, antropometrijski, vitalni i funkcionalni parametri.

	AN	AE	NS	
Aktuelni sportski staž (god)	7.9±4.3	8.4±4.6	/	
Časovi treninga/nedeljno	13.4±5.6 *	12.7±4.3 †	2.2±2.7	* AN:NS $p<0.01$, † AE:NS $p<0.01$
Starost (god)	20.7±2.4	20.5±1.9	21.4±1.8	
Telesna visina (m)	1.83±0.07	1.79±0.06 *	1.82±0.06	* AE:AN,NS $p<0.05$
Telesna masa (kg)	83.5±12.3	75.6±8.1 *	83.1±11.2	* AE:AN,NS $p<0.01$
Indeks telesne mase (kg/m²)	25.01±3.1	23.7±2.4	25.1±2.9	
Telesne masti (%)	12.0±4.9 *	11.4±4.3 †	15.6±5.3	* AN:NS $p<0.05$, † AE:NS $p<0.01$
Telesne masti (kg)	10.5±6.5	8.9±3.9 *	13.5±5.8	* AE:NS $p<0.01$
Respiracije (1/min)	15±3	16±3	16±3	
SKP (mmHg)	126.3±9.6	126.8±10.2	125.5±11.7	
DKP (mmHg)	80.8±7.3	78.5±6.3	81.4±8.0	
FVC (l/min)	5.3±0.8	5.1±0.6	5.4±0.7	
FEV1 (l/min)	4.9±0.6	4.7±0.5	5.0±0.7	

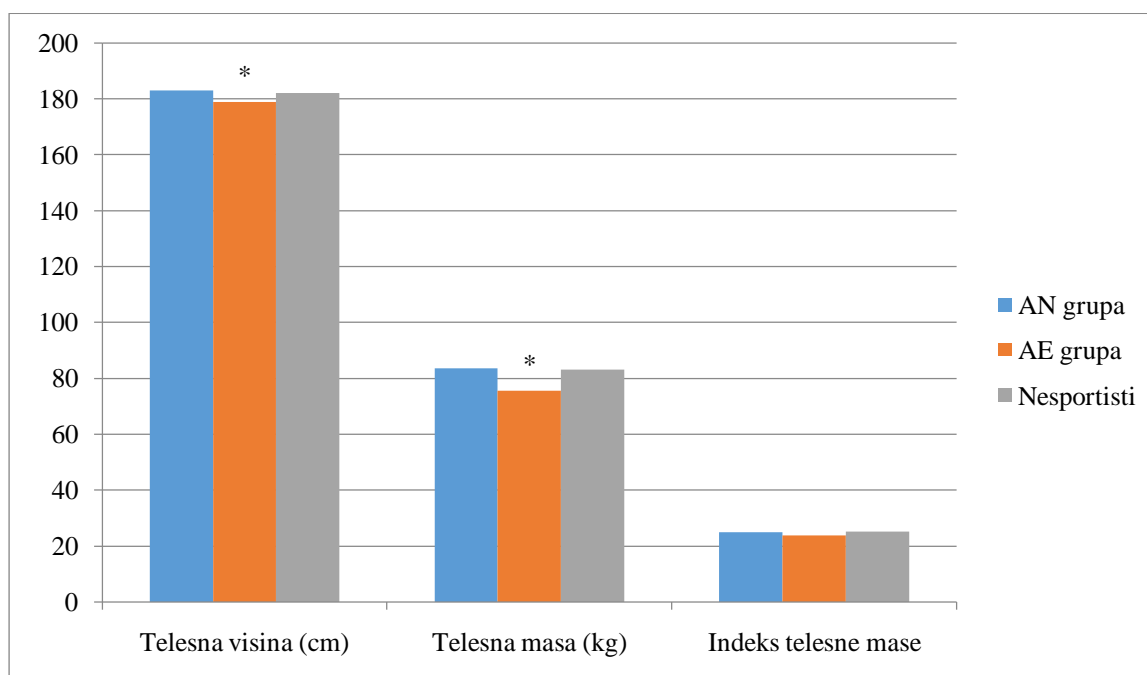
SKP: sistolni krvni pritisak, DKP: dijastolni krvni pritisak, FVC: forsirani vitalni kapacitet, FEV1: forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi

U obe grupe sportista postojao je po jedan ispitanik čiji je sportski staž iznosio godinu dana, što je ujedno bio i minimum kriterijuma za učešće u studiji. Najduži aktuelni sportski staž imao je ispitanik iz AE grupe i on je iznosio 18 godina, dok su u AN grupi trojica sportista imala jednak aktuelni sportski staž u trajanju od 14 godina (džudo, karate, košarka).

Na nedeljnom nivou sportisti su značajno više trenirali u odnosu na nesportiste.

Sportisti iz AE grupe imali su nižu telesnu visinu i manju telesnu masu u odnosu na AN sportiste i NS, dok u slučaju indeksa telesne mase nije bilo razlike između poređenih grupa (Grafikon 3).

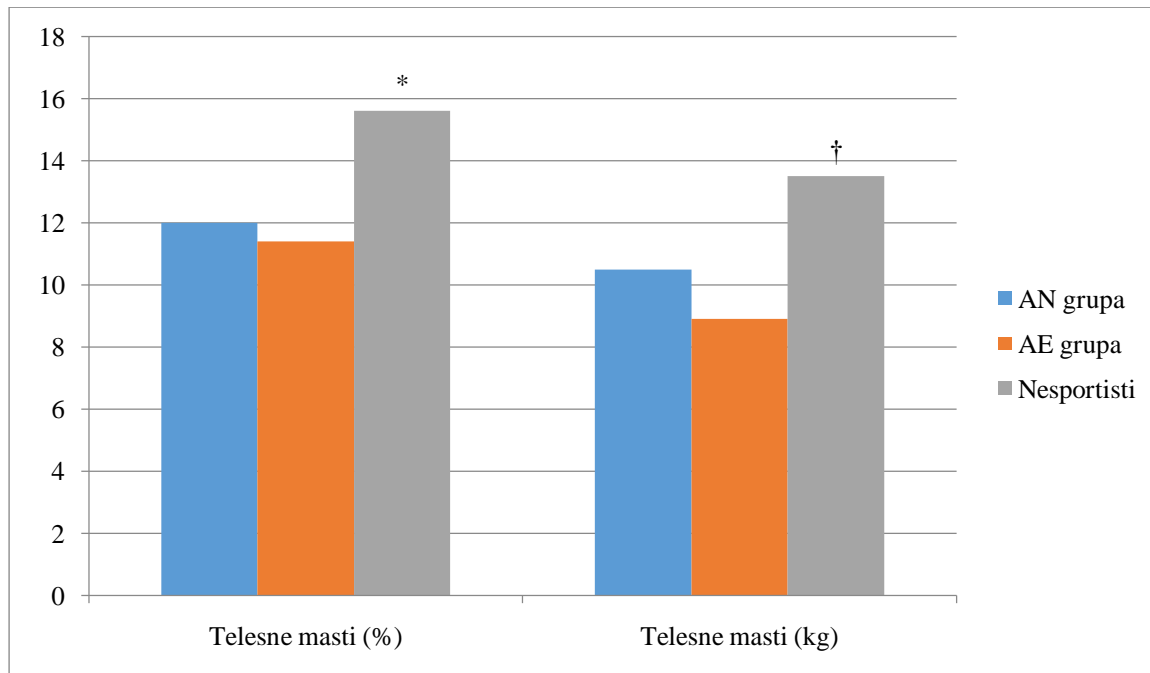
Grafikon 3. Antropometrijske karakteristike sportista iz grupe dominantno anaerobnih sportova, sportista iz grupe dominantno aerobnih sportova i nesportista.



* $p < 0.01$ za AE:AN,NS

Međutim, procenom učešća telesnih masti utvrđeno je da NS imaju znatno veći procentualni udeo masnoća u odnosu na sportiste, a izraženo u kg razlika između AN grupe i NS se izgubila (Grafikon 4).

Grafikon 4. Razlike u količini telesnih masti izraženih u % i kg između sportista iz grupe dominantno anaerobnih sportova, sportista iz grupe dominantno aerobnih sportova i nesportista



* $p < 0.01$ za NS:AN,AE; † $p < 0.01$ za NS:AE

U odnosu na vitalne parametre – broj respiracija u minuti, vrednost sistolnog krvnog pritiska i vrednost dijastolnog krvnog pritiska, nije bilo razlike među upoređivanim grupama. Takođe, mereni funkcionalni respiratorni parametri – FVC i FEV₁, nisu se značajno razlikovali između grupa, iako su AE sportisti imali niže vrednosti u odnosu na ostale.

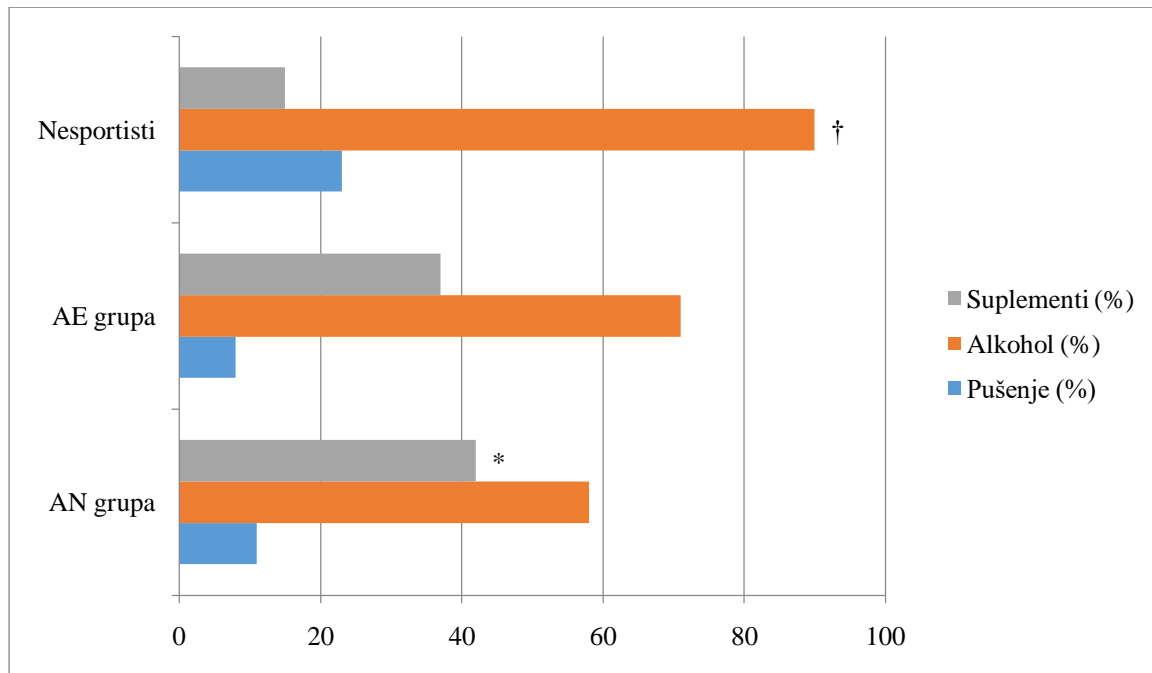
Od životnih navika koje bi mogle imati efekat na postignute rezultate funkcionalnih testova i na nalaz VSF, ispitivani su pušenje cigareta, upotreba alkohola, korišćenje suplemenata i dopinga i režim ishrane.

Iako u odnosu na sportiste NS više konzumiraju cigarete, nije dokazana razlika među grupama (Grafikon 5).

Sa druge strane, većina ispitanika iz svih ispitivanih grupa konzumira alkohol, a NS značajno više u odnosu na AN sportiste (Grafikon 5).

Obrnuta je situacija sa upotrebom suplemenata – AN sportisti ih značajno više koriste u odnosu na nesportiste (Grafikon 5). Najčešće korišćeni suplementi bili su multivitamini, proteini surutke i kreatin.

Grafikon 5. Zastupljenost životnih navika od mogućeg uticaja na performanse među sportistima iz grupe pretežno anaerobnih sportova, sportistima iz grupe pretežno aerobnih sportova i nespportista.



* p<0.05 za AN:NS, † p<0.05 za AN:NS

Najviše sportista koji se pridržavaju posebnog režima ishrane bilo je iz AN grupe (14%): dvojica su bila na postu, jedan je bio na ishrani bez glutena, jedan je bio na režimu ishrane sa smanjenim unosom mesnih proteina, dok je jedan bio na režimu sa povećanim unosom proteina. U AE grupi jedan ispitanik je unosi manje mesnih proteina ishranom (3%), a u grupi nespportista dvojica (5%) su bila na režimskoj ishrani – jedan je postio, a drugi je bio na ishrani sa povećanim unosom proteina.

Nijedan ispitanik nije prijavio da koristi nedozvoljena doping sredstva.

Ispitivanje postojanja razlike u parametrima VSF u miru između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Utvrđeno je postojanje značajne razlike između AE sportista i NS u SD1 i RMSSD (Tabela 3).

Tabela 3. Razlike u bazalnim parametrima VSF između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista.

	AN	AE	NS	p
RRNN	738.03±100.45	756.79±172.41	711.46±101.75	p>0.05
SDNN	63.57±26.65	71.91±28.20	57.88±27.06	p>0.05
SD1	23.92±14.21	31.03±18.04	22.15±11.92	p=0.02 AE:NS
RMSSD	33.87±20.11	43.93±25.53	31.38±16.87	p=0.02 AE:NS
PNN50	5.93±5.10	9.18±7.90	5.85±5.31	p>0.05
TP	3750.33±5832.44	6789.50±5665.51	4849.44±4831.80	p>0.05
VLF	3344.06±4135.55	3531.98±3625.23	2623.41±3026.43	p>0.05
LF	1791.67±1275.52	2279.22±1720.76	1670.30±1658.18	p>0.05
InLF	7.2±0.85	7.45±0.79	7.02±0.91	p>0.05
LFnu	0.77±0.11	0.74±0.14	0.75±0.10	p>0.05
HF	614.6±812.72	932.14±1042.19	555.73±550.36	p>0.05
InHF	5.85±1.05	6.27±1.15	5.85±1.03	p>0.05
HFnu	0.22±0.11	0.25±0.13	0.25±0.10	p>0.05
LF/HF	475.59±322.44	417.47±338.31	387.24±263.93	p>0.05

Ispitivanje postojanja razlike u parametrima VSF tokom oporavka od WanT između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Nije uočeno postojanje razlike u VSF parametrima zabeleženim tokom oporavka od WanT između ispitivanih grupa (Tabela 4).

Tabela 4. Razlike u parametrima VSF u oporavku od Vingejt testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista.

	AN	AE	NS	p
NNRR	487.94±86.07	506.26±63.46	470.79±54.86	p>0.05
SDNN	33.87±13.10	41.24±24.08	33.49±12.42	p>0.05
SD1	5.61±7.29	6.39±5.25	4.29±3.32	p>0.05
RMSSD	7.93±10.33	9.04±7.44	6.05±4.73	p>0.05
PNN50	0.59±2.37	0.48±1.26	0.16±0.52	p>0.05
TP	515.45±1182.16	553.21±871.81	292.67±313.26	p>0.05
VLF	324.81±728.55	390.37±687.48	184.04±165.07	p>0.05
LF	105.11±249.70	106.26±146.97	69.02±89.97	p>0.05
InLF	3.59±1.29	3.97±1.23	3.62±1.15	p>0.05
LFnu	0.77±0.14	0.74±0.17	0.74±0.17	p>0.05
HF	85.53±295.06	56.61±141.37	39.61±91.15	p>0.05
InHF	2.27±1.75	2.77±1.58	2.36±1.61	p>0.05
HFnu	0.23±0.14	0.26±0.16	0.25±0.17	p>0.05
LF/HF	472.94±291.32	450.36±334.87	524.65±515.53	p>0.05

Ispitivanje postojanja razlike u parametrima VSF tokom oporavka od VO₂max testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Nije zabeleženo postojanje razlike u parametrima VSF zabeleženim tokom oporavka od VO₂max testa između poređenih grupa (Tabela 5).

Tabela 5. Razlike u parametrima VSF u oporavku od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nesportista.

	AN	AE	NS	p
NNRR	500.69±48.29	488.5±70.57	471.61±51.08	p>0.05
SDNN	27.62±8.93	28.69±9.68	28.49±14.18	p>0.05
SD1	3.34±1.91	4.21±4.46	3.90±4.90	p>0.05
RMSSD	4.71±2.72	5.94±6.31	5.50±6.96	p>0.05
PNN50	0.01±0	0.31±1.61	0.26±1.11	p>0.05
TP	217.34±280.32	257.65±212.83	193.61±200.30	p>0.05
VLF	157.85±206.07	185.34±137.29	129.26±115.33	p>0.05
LF	49.34±74.69	55.81±67.83	43.35±49.57	p>0.05
lnLF	3.33±0.98	3.51±0.99	3.18±1.16	p>0.05
LFnu	0.83±0.07	0.80±0.14	0.79±0.14	p>0.05
HF	10.16±9.69	16.51±26.03	20.98±56.83	p>0.05
lnHF	1.53±1.02	1.95±1.27	1.62±1.48	p>0.05
HFnu	0.16±0.07	0.20±0.14	0.20±0.14	p>0.05
LF/HF	760.24±563.25	633.09±465.80	650.20±471.67	p>0.05

Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF u miru i rezultata WanT

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u grupi dominantno anaerobnih sportista

Utvrđeno je postojanje značajne umerene negativne korelacije za parametar SDNN sa MP i PP.

Značajna umerena negativna korelacija postojala je između lnLF i lnHF i MP, zatim između lnLF i PP, dok je značajna umerena pozitivna korelacija utvrđena za parametar LF/HF sa pikom snage izraženim u odnosu na kilograme telesne mase (PP/kg). Visoko značajna umerena negativna korelacija postojala je za parametar lnHF sa PP (Tabela 6).

Tabela 6. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata ostvarenih na Vingejt testu kod dominantno anaerobnih sportista.

	MP	PP	PP/kg
NNRR	-0.081	-0.084	-0.083
SDNN	-0.357	-0.374	-0.188
SD1	-0.246	-0.274	-0.167
RMSSD	-0.246	-0.274	-0.167
PNN50	-0.302	-0.311	-0.153
TP	-0.224	-0.235	-0.116
VLF	-0.180	-0.180	-0.084
LF	-0.304	-0.323	-0.160
InLF	-0.369	-0.354	-0.091
LFnu	0.099	0.195	0.182
HF	-0.214	-0.263	-0.153
InHF	-0.358	-0.419	-0.224
HFnu	-0.099	-0.195	-0.182
LF/HF	0.076	0.220	0.333

PP/kg – pik snage u odnosu na kilograma telesne mase.
Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.320, a za .01 stepen slobode je 0.413.

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u grupi dominantno aerobnih sportista

Nije utvrđeno postojanje povezanosti ni za jedan od parametara VSF u miru sa rezultatima ostvarenim na WanT u grupi AE sportista (Tabela 7).

Tabela 7. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata ostvarenih na Vingejt testu kod dominantno aerobnih sportista.

	MP	PP	PP/kg
NNRR	-0.001	-0.161	-0.188
SDNN	0.222	0.022	-0.099
SD1	0.153	-0.024	-0.137
RMSSD	0.153	-0.024	-0.137
PNN50	0.168	-0.012	-0.093
TP	0.210	0.044	-0.150
VLF	0.213	0.054	-0.159
LF	0.225	0.091	-0.040
InLF	0.230	0.082	-0.006
LFnu	-0.052	0.066	0.168
HF	0.056	-0.080	-0.194
InHF	0.253	0.062	-0.101
HFnu	0.098	-0.030	-0.162
LF/HF	-0.246	-0.096	0.099

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u grupi nesportista

Nije utvrđeno postojanje korelacije ni za jedan od parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na WanT u NS grupi (Tabela 8).

Tabela 8. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata ostvarenih na Vingejt testu kod nesportista.

	MP	PP	PP/kg
NNRR	-0.106	-0.128	-0.117
SDNN	-0.101	-0.255	-0.035
SD1	-0.157	-0.282	0.026
RMSSD	-0.156	-0.282	0.026
PNN50	-0.164	-0.304	-0.001
TP	-0.122	-0.270	-0.097
VLF	-0.121	-0.276	-0.165
LF	-0.090	-0.213	0.016
InLF	-0.098	-0.229	0.030
LFnu	0.216	0.141	0.105
HF	-0.134	-0.208	0.009
InHF	-0.202	-0.284	-0.047
HFnu	-0.216	-0.141	-0.105
LF/HF	0.127	0.113	0.127

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF u miru i rezultata VO₂max testa

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata VO₂max testa u grupi dominantno anaerobnih sportista

Dokazano je postojanje značajne umerene negativne povezanosti između vrednosti srčane frekvencije na ventilatornom pragu (eng. *heart rate – ventilatory treshold, HRvt*) i vrednosti NNRR (Tabela 9).

Tabela 9. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata ostvarenih na testu za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod dominantno anaerobnih sportista.

	VO ₂ pik	VO ₂ vt	HRmax	HRvt
NNRR	0.039	0.118	-0.221	-0.359
SDNN	-0.007	-0.016	-0.055	-0.110
SD1	0.054	-0.038	-0.014	-0.218
RMSSD	0.054	-0.037	-0.014	-0.218
PNN50	0.053	-0.027	-0.004	-0.250
TP	0.015	-0.100	-0.006	-0.056
VLF	0.012	-0.100	-0.001	-0.040
LF	-0.022	-0.118	-0.071	-0.092
lnLF	0.005	0.008	-0.110	-0.088
LFnu	-0.127	-0.092	-0.004	0.070
HF	0.077	-0.026	0.070	-0.056
lnHF	0.062	0.063	-0.115	-0.110
HFnu	0.127	0.092	0.004	-0.070
LF/HF	0.007	-0.074	0.164	0.032

VO₂pik: najviša vrednost potrošnje O₂ ostvarena na VO₂max testu, VO₂vt: vrednost potrošnje O₂ na ventilatornom pragu, HRmax: maksimalan broj otkucaja na kraju VO₂max testa, HRvt: broj otkucaja na ventilatornom pragu. Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.320, a za .01 stepen slobode je 0.413.

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na VO₂max testu u grupi dominantno aerobnih sportista

Postojanje umerene pozitivne korelacije dokazano je za vrednost VO₂ pika (maksimalna vrednost VO₂ na kraju VO₂max testa) i NNRR.

Umerena negativna povezanost dokazana je za vrednost maksimalnog broja otkucaja na kraju VO₂max testa (eng. *maximal heart rate*, *HRmax*) i vrednosti SDNN, SD1, RMSSD, pNN50, TP, VLF, LF, lnLF, HF i lnHF. Umerena negativna povezanost je takođe postojala za vrednost HRvt sa vrednostima SDNN, SD1 i RMSSD (Tabela 10).

Tabela 10. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata ostvarenih na testu za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod dominantno aerobnih sportista.

	VO ₂ pik	VO ₂ vt	HRmax	HRvt
NNRR	0.355	0.222	-0.121	-0.079
SDNN	-0.030	0.066	-0.460	-0.312
SD1	0.012	-0.016	-0.434	-0.331
RMSSD	0.013	-0.015	-0.434	-0.331
PNN50	0.123	0.0358	-0.385	-0.249
TP	-0.096	0.100	-0.448	-0.202
VLF	-0.095	0.166	-0.365	-0.134
LF	-0.048	0.022	-0.442	-0.226
lnLF	0.026	0.053	-0.364	-0.230
LFnu	0.093	0.187	0.125	0.154
HF	-0.09	-0.051	-0.432	-0.264
lnHF	-0.042	-0.092	-0.342	-0.286
HFnu	-0.058	-0.163	-0.132	-0.184
LF/HF	0.113	0.225	0.153	0.186

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Povezanost između parametara VSF u miru i rezultata ostvarenih na VO₂max testu u grupi nespportista

Umerena pozitivna korelacija postojala je za vrednost VO₂ pika sa SDNN, TP, LF, lnLF i LFnu, dok je umerena negativna korelacija učena sa HFnu.

Umerena pozitivna povezanost registrovana je za vrednost VO₂ na ventilatornom pragu (eng *ventilatory treshold* VO₂ – VO₂vt) i lnLF.

Postojanje umerene negativne povezanosti utvrđeno je za vrednost HRvt i pNN50, dok je ovaj parametar u velikoj meri negativno korelirao sa NNRR (Tabela 11).

Tabela 11. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata ostvarenih na testu za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod nesportista.

	VO ₂ pik	VO ₂ vt	HRmax	HRvt
NNRR	0.163	0.130	-0.274	-0.514
SDNN	0.315	0.289	-0.069	-0.194
SD1	0.278	0.278	-0.088	-0.304
RMSSD	0.278	0.279	-0.088	-0.302
PNN50	0.257	0.238	-0.077	-0.313
TP	0.312	0.247	-0.020	-0.177
VLF	0.275	0.211	-0.015	-0.120
LF	0.337	0.283	-0.024	-0.161
InLF	0.366	0.328	-0.089	-0.236
LFnu	0.310	0.120	0.075	0.015
HF	0.212	0.153	-0.023	-0.282
InHF	0.167	0.240	-0.102	-0.241
HFnu	-0.310	-0.120	-0.075	-0.015
LF/HF	0.157	-0.008	-0.011	0.076

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF registrovanih odmah po terminaciji WanT i rezultata WanT

Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku WanT i rezultata WanT u grupi dominantno anaerobnih sportista

Utvrđeno je postojanje umerene negativne korelacije između vrednosti MP i PP i SDNN.

Umerena negativna povezanost postojala je i između vrednosti PP i LF, dok je umerena pozitivna povezanost postojala za vrednost PP/kg sa LF/HF (Tabela 12).

Tabela 12. Korelacije između parametara VSF registrovanih tokom oporavka od Vingejt testa i rezultata ostvarenih na Vingejt testu kod dominantno anaerobnih sportista.

	MP	PP	PP/kg
NNRR	-0.160	-0.246	-0.269
SDNN	-0.374	-0.357	-0.188
SD1	-0.274	-0.246	-0.167
RMSSD	-0.274	-0.246	-0.167
PNN50	-0.311	-0.302	-0.153
TP	-0.224	-0.235	-0.116
VLf	-0.180	-0.180	-0.084
LF	-0.304	-0.323	-0.160
InLF	-0.172	-0.205	-0.086
LFnu	0.133	0.172	0.035
HF	-0.214	-0.263	-0.153
InHF	-0.196	-0.239	-0.095
HFnu	-0.133	-0.172	-0.035
LF/HF	0.076	0.220	0.333

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.320, a za .01 je 0.413.

Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku WanT i rezultata WanT u grupi dominantno aerobnih sportista

Nije dokazano postojanje povezanosti ni između jednog parametra VSF i rezultata WanT

(Tabela 13).

Tabela 13. Korelacije između VSF parametara registrovanih tokom oporavka od Vingejt testa i rezultata ostvarenih na Vingejt testu kod dominantno aerobnih sportista.

	MP	PP	PP/kg
NNRR	0.176	0.021	-0.094
SDNN	0.222	0.022	-0.099
SD1	0.153	-0.024	-0.137
RMSSD	0.153	-0.024	-0.137
PNN50	0.168	-0.012	-0.093
TP	0.210	0.044	-0.150
VLf	0.213	0.054	-0.159
LF	0.225	0.091	-0.040
InLF	0.039	0.027	-0.060
LFnu	-0.136	-0.210	0.006
HF	0.056	-0.080	-0.194
InHF	0.088	0.120	-0.068
HFnu	0.087	0.154	-0.081
LF/HF	-0.246	-0.096	0.099

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku WanT i rezultata WanT u grupi nespportista

Nije dokazano postojanje povezanosti ni za jedan od parametara VSF sa rezultatima WanT

(Tabela 14).

Tabela 14. Korelacije između parametara VSF registrovanih tokom oporavka od Vingejt testa i rezultata Vingejt testa kod nesportista.

	MP	PP	PP/kg
NNRR	-0.197	-0.246	-0.160
SDNN	-0.101	-0.255	-0.128
SD1	-0.157	-0.282	0.026
RMSSD	-0.156	-0.282	0.026
PNN50	-0.164	-0.304	-0.001
TP	-0.122	-0.270	-0.097
VLF	-0.121	-0.276	-0.165
LF	-0.090	-0.213	0.016
InLF	-0.155	-0.145	-0.111
LFnu	0.204	0.239	0.162
HF	-0.134	-0.208	0.009
InHF	-0.253	-0.260	-0.202
HFnu	-0.203	-0.239	-0.163
LF/HF	0.127	0.113	0.127

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF registrovanih odmah po terminaciji VO₂max testa i rezultata VO₂max testa

Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku VO₂max testa i rezultata VO₂max testa u grupi dominantno anaerobnih sportista

Utvrđeno je postojanje umerene negativne korelacije između vrednosti HRvt i VLF (Tabela 15).

Tabela 15. Korelacije između parametara VSF registrovanih tokom oporavka od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i rezultata testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod dominantno anaerobnih sportista.

	VO ₂ pik	VO ₂ vt	HRmax	HRvt
NNRR	0.001	-0.067	-0.070	0.071
SDNN	0.080	0.056	0.068	0.130
SD1	-0.062	-0.222	-0.187	-0.128
RMSSD	-0.062	-0.222	-0.184	-0.125
PNN50	-0.150	-0.168	-0.285	-0.193
TP	0.055	0.067	-0.181	0.003
VLF	-0.000	-0.220	-0.116	-0.413
LF	0.143	-0.034	0.078	-0.044
lnLF	-0.087	-0.023	0.032	-0.034
LFnu	-0.106	-0.147	-0.095	-0.269
HF	0.074	-0.078	0.178	-0.235
lnHF	-0.178	0.128	-0.252	0.177
HFnu	-0.056	-0.081	-0.169	-0.098
LF/HF	-0.074	0.078	-0.178	0.236

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.320, a za .01 je 0.413.

Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku VO₂max testa i rezultata VO₂max testa u grupi dominantno aerobnih sportista

Dokazano je postojanje umerene negativne korelacije između vrednosti VO₂pik i lnHF, HFnu i LF/HF, dok je umerena pozitivna korelacija uočena između VO₂pik i HF (Tabela 16).

Tabela 16. Korelacije između parametara VSF registrovanih tokom oporavka od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i rezultata testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod dominantno aerobnih sportista.

	VO ₂ pik	VO ₂ vt	HRmax	HRvt
NNRR	-0.048	-0.269	-0.060	-0.230
SDNN	0.140	-0.214	-0.030	-0.234
SD1	-0.205	0.123	0.056	0.247
RMSSD	-0.206	0.097	0.063	0.254
PNN50	-0.112	0.207	0.006	0.049
TP	0.037	0.222	-0.099	-0.083
VLF	-0.150	0.110	0.148	0.134
LF	0.288	0.100	-0.025	0.055
InLF	-0.090	0.105	-0.133	-0.058
LFnu	-0.202	0.075	0.001	0.147
HF	0.433	0.134	-0.114	0.151
InHF	-0.332	-0.081	0.078	-0.135
HFnu	-0.477	-0.088	0.096	-0.011
LF/HF	-0.433	-0.134	0.113	-0.151

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Povezanost između parametara VSF registrovanih po završetku VO₂max testa i rezultata VO₂max testa u grupi nesportista

Nije utvrđeno postojanje povezanosti parametara VSF u oporavku od VO₂max testa ni sa jednim od rezultata VO₂max testa u grupi nesportista (Tabela 17).

Tabela 17. Korelacije između parametara VSF registrovanih tokom oporavka od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i rezultata testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod nespportista.

	VO ₂ pik	VO ₂ vt	HRmax	HRvt
NNRR	-0.018	0.086	0.201	0.250
SDNN	0.096	0.087	0.220	0.141
SD1	-0.137	-0.041	-0.159	0.021
RMSSD	-0.141	-0.039	-0.159	0.021
PNN50	0.011	-0.071	-0.130	0.011
TP	0.029	-0.033	-0.217	0.015
VLF	-0.027	-0.115	-0.121	-0.084
LF	-0.057	-0.039	-0.262	-0.059
InLF	0.024	0.105	0.226	0.120
LFnu	-0.086	-0.100	-0.055	-0.153
HF	0.005	0.078	-0.014	0.069
InHF	0.058	-0.055	0.148	-0.035
HFnu	-0.083	-0.152	-0.049	-0.159
LF/HF	-0.005	-0.078	0.010	-0.075

Vrednost r za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

Razlike u rezultatima WanT između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Obe grupe sportista su se značajno razlikovale od NS u odnosu na vrednosti MP, PP/kg i energetske potrošnje. Razlika u vrednosti PP i prosečne brzine postojala je samo između NS i AN, dok za vrednost kadence nije bilo razlike među ispitivanim grupama (Tabela 18).

Tabela 18. Razlike u rezultatima Vingejt testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista.

	AN:AE	AN:NS	AE:NS	p		AN	AE	NS
MP	NE	DA	DA	p=1.16E-05	MP (W)	796.61±126.51	727.03±106.35	645.33±100.91
PP	NE	DA	NE	p=0.01	PP (W)	1070.81±179.85	977.13±163.87	944.74±146.83
PP/kg	NE	DA	DA	p=0.001	PP/kg (W/kg)	12.86±1.47	12.94±1.41	11.47±1.65
energija	NE	DA	DA	p=1.32E-05	energija (J)	23.73±3.71	21.74±3.18	19.29±2.94
brzina	NE	DA	NE	p=0.005	brzina (km/h)	61.47±3.79	59.16±3.25	56.46±3.35
kadenca	NE	NE	NE	p>0.05	kadenca (1/min)	99.92±4.12	100.37±4.69	99.10±5.32

Razlike u rezultatima VO₂max testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Značajna razlika između svih ispitivanih grupa postojala je za vrednost VO₂pik i ostvaren MET VO₂max (MET- metabolički ekvivalent aktivnosti, objektivna mera utrošene energije za vršenje neke aktivnosti po pojedincu). Sportisti se međusobno nisu razlikovali u odnosu na vrednost VO₂vt, međutim razlika je postojala između AE sportista i NS. Razlika između obe grupe sportista i NS utvrđena je za vrednost respiratorne frekvencije (RF), iznos opterećenja i potrošnju energije tokom testa. Za vrednost procentualnog udela VO₂ na ventilatornom pragu u odnosu na VO₂pik vrednost (VO₂vt %VO₂pik), HRmax, HRvt i procentualnog udela srčane frekvencije na ventilatornom pragu u odnosu na maksimalnu srčanu frekvenciju na kraju VO₂max testa (HRvt %HRmax) razlike nije bilo između grupa (Tabela 19).

Tabela 19. Razlike u rezultatima testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista.

	AN:AE	AN:NS	AE:NS	p		AN	AE	NS
VO₂pik	DA	DA	DA	4.68E-13	VO₂pik (ml/kg/min)	46.58±6.65	53.28±6.84	39.93±7.02
VO₂vt	NE	NE	DA	0.0001	VO₂vt (ml/kg/min)	16.98±4.96	19.14±4.49	14.87±3.53
VO₂vt %VO₂pik	NE	NE	NE	p>0.05	VO₂vt %VO₂pik	36.56±9.28	36±6.57	37.90±9.01
RF	NE	DA	DA	1.92E-06	RF (1/min)	46.18±8.65	49.84±7.39	38.99±10.48
HRmax	NE	NE	NE	p>0.05	HRmax (1/min)	180.64±10.22	184.44±10.36	183.97±12.89
HRvt	NE	NE	NE	p>0.05	HRvt (1/min)	112.14±13.06	117.16±12.49	117.9±16.04
HRvt %HRmax	NE	NE	NE	p>0.05	HRvt %HRmax	62.19±7.92	63.68±6.36	65.07±8.82
opterećenje	NE	DA	DA	8.19E-09	opterećenje (W)	297.78±39.07	306.90±38.91	253.64±35.07
energija	NE	DA	DA	1.25E-06	energija (J)	1156.78±173.15	1200.69±155.84	989.33±199.09
MET VO₂max	DA	DA	DA	3.47E-14	MET VO₂max	13.22±2.00	15.33±1.90	11.33±1.92

Razlike u rezultatima IPAQ testa između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Obe grupe sportista su se značajno razlikovale u odnosu na nespportiste u vrednosti MET/min na nedeljnom nivou prema IPAQ testu, kao i izraženo u odnosu na klasifikovanu tešku i umerenu fizičku aktivnost i inaktivnost. Razlike između grupa nije bilo za aktivnost provedenu u šetnji (Tabela 20).

Tabela 20. Razlike u rezultatima testa za samoprocenu fizičke aktivnosti (IPAQ) između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista.

	AN:AE	AN:NS	AE:NS	p		AN	AE	NS
IPAQ MET/min	NE	DA	DA	1.67E-08	IPAQ MET/min/ned	7659±3646	7068±4688	2720±1599
teška FA	NE	DA	DA	1.85E-07	teška FA MET/min/ned	4100±3041	3556±3029	851±1016
umerena FA	NE	NE	DA	0.0185	umerena FA MET/min/ned	1400±1356	1681±2000	671±733
šetnja	NE	NE	NE	0.05	šetnja MET/min/ned	2159±1922	1832±2090	1198±754
inaktivnost	NE	DA	DA	5.21E-09	inaktivnost (h)	3±2	3±2	7±3

FA – fizička aktivnost

Ispitivanje postojanja povezanosti između parametara VSF u miru i vrednost MET prema IPAQ testu kod dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Nije utvrđeno postojanje povezanosti ni između jednog parametra VSF u miru sa MET vrednostima na IPAQ testu izraženih u minutima na nedeljnom nivou kod AN, AE i NS (Tabela 21).

Tabela 21. Korelacije između bazalnih VSF parametara i rezultata testa za samoprocenu fizičke aktivnosti (IPAQ) izraženih preko MET/min/ned kod dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista.

	AN	AE	NS
NNRR	0.161	0.013	-0.112
SDNN	0.078	-0.040	-0.114
SD1	0.032	0.050	-0.160
RMSSD	0.033	0.050	-0.160
PNN50	0.007	0.036	-0.142
TP	0.121	-0.022	-0.103
VLF	0.163	-0.041	-0.078
LF	0.007	-0.015	-0.116
InLF	-0.050	-0.023	-0.060
LFnu	-0.095	-0.091	0.127
HF	0.030	0.112	-0.122
InHF	0.022	0.065	-0.125
HFnu	0.095	0.218	-0.127
LF/HF	-0.072	0.033	0.102

Vrednost r kod AN sportista za .05 stepen slobode je 0.320, a za .01 je 0.413.

Vrednost r kod AE sportista i NS za .05 stepen slobode je 0.308, a za .01 je 0.398.

DISKUSIJA

Sportisti iz AE grupe imali su povoljniji VSF profil u mirovanju u odnosu na ostale dve grupe, dok razlike u VSF između grupa tokom oporavka od WanT i $VO_2\text{max}$ testa nije bilo. Niže vrednosti parametara SDNN, lnLF i lnHF u miru i tokom oporavka od WanT bile su u vezi sa boljim rezultatima WanT u AN grupi. Duži NNRR meren u miru kod AE sportista bio je u pozitivnoj korelaciji sa rezultatima $VO_2\text{max}$ testa, dok su u oporavku bolje rezultate ostvarivali oni kod kojih je vrednost HF bila veća. Ispitanici iz NS grupe koji su u miru imali veće vrednosti parametara NNRR i pNN50 imali su sporiju progresiju srčane frekvencije na $VO_2\text{max}$ testu, a bolji rezultat na testu ostvarivali su oni kod kojih je VSF u miru bila centralizovana u niskofrekventnom opsegu spektra.

Zastupljenost sportova

U ovom istraživanju u AN grupi pretežno su bili zastupljeni džudo, kik boks, košarka, karate, dok se više od polovine sportista iz AE grupe bavilo fudbalom.

Jasna granica između anaerobnog i aerobnog metabolizma ne postoji. Kao što je ranije pomenuto, za sve energetske procese u našim skeletnim mišićima neophodan je molekul ATP-a. Ovaj molekul nalazi se u ograničenoj količini – 24 milimola na kg suve mišićne mase (110) i njegove rezerve iscrpe se unutar manje od 10 s od početka kontrakcije. Problem se javlja prilikom kvantifikovanja udela energetskih procesa, jer iako započinju sekvencionalno, međusobno se prepliću. Maksimalan doprinos ATP-PCr sistema je u prvih 1-2 s od početka aktivnosti, da bi nakon 10 s opao za 75-85%. Anaerobna glikoliza dostiže plato u petoj sekundi. U međuvremenu počinje da raste zalog aerobnog metabolizma. Dakle, alaktatni, latatni i oksidativni sistem zajedno doprinose stvaranju energije i u aktivnostima trajanja od

samo par sekundi. Smatra se da podjednaka zastupljenost anaerobnog i oksidativnog metabolizma postoji između prvog i drugog minuta intenzivne fizičke aktivnosti, otprilike na oko 75 s (111).

Džudo tehnike kao što su bacanja, hvatovi, gušenja i imobilisanja zavise od anaerobnog alaktičkog i laktičkog sistema, ali džudisti koji imaju veći $VO_2\max$ imaju bolji PCr obrt, a ujedno i brže uklanjanje laktata i pH regulaciju, te samim tim i brži oporavak (129).

U brazilskoj džiu džici (eng. *Brasilian Jiu Jitsu, BJJ*), slično džudou, aerobna snaga značajno doprinosi održavanju visokog intenziteta tokom meča, odlaganju zamora i omogućuje brži oporavak. To je intermitentni sport koga karakterišu smene napora visokog intenziteta i perioda mirovanja. Aerobni kapacitet nije od presudnog značaja za uspešan rezultat u borbi kod BJJ sportista i džudista, ali ima važnu funkciju u oporavku tokom i između mečeva (130).

Sportisti iz sportova sile i snage značajan period vremena provode u aerobnom treningu. Među mladim, elitnim sprinterima aerobni trening zauzima i do 80% treninga. Master sportisti iz sportova brzine i snage posvećuju 10-50% treningu izdržljivosti u zavisnosti od zahteva samog sporta i perioda trenažnog ciklusa, jer je trening niskog intenziteta neophodan za zagrevanje ili za ovladavanje tehnikom pokreta, a napredni aerobni mehanizmi utiču na brži oporavak nakon intenzivnog vežbanja (131).

U anaerobno laktatnim sportovima kao što je košarka igra je intermitentna, visoko intenzivna, a aerobni trening takođe je od značaja u procesu oporavka (132).

Iako karate i boks imaju izraženu aerobnu komponentu (130), oni spadaju u mešovite sportove sa učešćem anaerobno laktatnog i aerobnog metabolizma (15,116), a u odnosu na karakteristike tehnika koje u njima preovlađuju, čije su glavne osobine eksplozivnost i snaga, ovde su svrstani u anaeroban spektar sportova.

Fudbal je kompleksna igra koja zahteva kompetitivan nivo kiseonične potrošnje, anaerobne komponente, snage i fleksibilnosti. Aerobni doprinos tokom utakmice iznosi oko 90%, a igrači u proseku pređu 8-12 km na intenzitetu od oko 80-90% individualnog maksimalnog srčanog ritma (117,118,133,134). U fudbalu su uglavnom istovremeno zastupljene i statička i dinamička komponenta treninga. Sport je intermitentni jer zahteva česte promene u brzini i smeru kretanja (103). Fudbaleri izvode raznolike aktivnosti u kojima je bitna eksplozivna snaga. Kratki sprint javlja se na svakih 90 s i čini 1-11% ukupno pređenje distance tokom utakmice. Brojne su i intenzivne radnje tipa komešanja, sučeljavanja i presecanja, u kojima dolazi do snažnih mišićnih kontrakcija pri kojima je nužno zadržati kontrolu nad loptom (117).

Sportski staž i časovi treninga na nedeljnom nivou

Naši sportisti imali su kraći sportski staž u aktuelnom sportu (135,136) i znatno manje sati su provodili u treningu (135) u odnosu na profesionalni sport. Posebno je neobičan mali broj sati u sportovima izdržljivosti, obzirom da ti sportisti uobičajeno imaju znato veći volumen treninga (103,105,137). Očekivano, nesportisti su znatno manje sati provodili vežbajući, u proseku nešto više od 2 h nedeljno.

Antropometrija, vitalni parametri i plućni kapaciteti

Karakteristika sportista u sportovima izdržljivosti je vitka figura i nizak procenat telesnih masti. Međutim procenat telesnih masti u većini sportova ima relativno širok opseg. Pa je tako u rvanju opseg 5-16%, dok je u fudbalu opseg 6-14% (138). Iako su naši sportisti imali nešto više vrednosti telesnih masti, nisu odstupali od prihvaćenih okvira.

Prilikom VSF analize često se koriste metronomi kako bi sportisti uskladili disanje sa ritmom istog, jer 9 i manje respiracija u minuti značajno doprinosi ispoljavanju respiratorne sinus aritmije, koja može da utiče na rezultat VSF agregacijom spektralne snage u opsegu 0.125-0.150 Hz (139,140). Zapravo, VSF je najviša u slučajevima kada je amplituda respiratorne sinus aritmije izražena, a to je pri disajnoj frekvenciji od oko 6 udaha u minuti. Kod tih ljudi gasna razmena na nivou alveolo-kapilarne membrane je povećana, a dolazi i do izraženije fluktuacije u krvnom pritisku smenjivanjem inspiracije i ekspiracije, podražujući barorefleksni mehanizam u većoj meri nego kod ostatka populacije i time omogućujući bolju autonomnu modulaciju (141). Nasuprot parametarima frekventnog domena VSF, srčani ritam i parametri RMSSD i SD1 ne podležu varijacijama vezanim za frekvenciju disanja (142). U našem istraživanju 4 ispitanika imala su respiratornu frekvenciju ≤ 9 udisaja u minuti u mirovanju, međutim tokom samog registrovanja bazalne VSF respiratorna frekvencija nije uporedo praćena.

Sportisti uglavnom imaju normalne vrednosti krvnog pritiska (103,135,136). Iako gledajući prema prosečnim vrednostima sve tri grupe imaju vrednosti sistolnog i dijastolnog krvnog pritiska u dozvoljenim granicama, zapravo je postojala visoka zastupljenost povišenih, pa čak i hipertenzivnih vrednosti rukovodeći se tada i trenutno aktuelnim kriterijumima Evropskog udruženja kardiologa (143,144). U sve tri grupe ponaosob oko 30% ispitanika imalo je visoke normalne vrednosti sistolnog krvnog pritiska (130-139 mmHg), a oko 20% ih je imalo visoke normalne vrednosti dijastolnog krvnog pritiska (85-89 mmHg). U proseku 15% ispitanika u sve tri grupe ponaosob imalo je hipertenzivne vrednosti sistolnog krvnog pritiska (≥ 140 mmHg), a oko 20% njih iz AN i NS grupe imali su dijastolnu hipertenziju (≥ 90 mmHg). Razlog za povišene vrednosti u ovom slučaju može biti taj što je većini ovo bilo prvo

susretanje sa testiranjem tog tipa, te su napetost i trema zbog želje za dostizanjem što boljih rezultata na testu mogli biti razlog za povišene vrednosti fizioloških parametara.

Još jedan iznenađujući podatak jeste nepostojanje razlike u ispitivanim plućnim parametrima među grupama. Očekivano bi bilo da AE grupa ima veće vrednosti. U radu Lazović i sar. u grupi sportova izdržljivosti (veslanje, kanu, plivanje, trčanje na duge staze, maraton, biciklizam, triatlon, pentatlon) ustanovljene su najveće vrednosti vitalnog kapaciteta (VC), FVC, FEV₁, međutim, nije bilo razlike u FVC i FEV₁ u poređenju sa sportovima snage (dizanje tegova, rvanje, sprint). U istom radu, sportisti iz mešovitog tipa sportova (fudbal, rukomet, košarka, odbojka, tenis) imali su najmanje vrednosti plućnih parametara (145). Ispitivanjem uticaja mišićne snage i aerobne izdržljivosti na parametre plućnih funkcija Tvisk (*Twisk*) i sar. nisu pronašli razliku između fizički aktivnih i sedentarnih ispitanika (146). Kako plućni kapaciteti zavise od telesne konstitucije (145,147), a u AE grupi su sportisti bili sitnije građe u odnosu na druge dve grupe, moguće je da je to razlog za izostanak razlike. Vrednost vitalnog kapaciteta kod muškaraca kreće se od 2.0-6.6 l. Vitalni kapacitet se može uvećati specifičnim tipom treninga, ali nije uobičajeno praćen porastom u forsiranom ekspiratornom volumenu, koji čak može biti relativno mali. Vrednost FEV₁ se kod muškog pola kreće od 1.2-5.7 l (148). U ovom istraživanju samo po jedan ispitanik iz obe grupe sportista imao je rezultat FEV₁ manji od 80% od predviđenog za uzrast i pol. Tifeno-Pineli (*Tiffeneau-Pinelli*) indeks (procentualni odnos ostvarenih vrednosti FEV₁/FVC) ni u jednoj grupi nije bio ispod 70%. U preporukama Evropskog udruženja pulmologa iz 2012. godine ne savetuje se gruba orijentacija u odnosu na procenat predviđenih vrednosti za ove parametre, jer često može navesti na lažno pozitivan rezultat (147).

Ispitivanja energetske kapaciteta

Inkrementalni test za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika

VO₂max rezultat predstavlja aerobnu snagu i podrazumeva maksimalnu stopu iskoristljivosti O₂ tokom vežbi izuzetnog napora. Volumen utilizovanog O₂ raste linearno u stopu sa povećanjem opterećenja do momenta kada se javlja plato, odnosno kada nema daljeg porasta u minutnoj zapremini O₂ bez obzira na rastuće opterećenje. VO₂ u tom slučaju predstavlja VO₂max. Međutim, prilikom inkrementalnog VO₂max testa ne dostižu svi ispitanici razvoj platoa. U tom slučaju se maksimalna VO₂ vrednost naziva VO₂ pik (149,150). U ovom istraživanju slučaj je bio da nijedan od ispitanika nije ostvario plato u VO₂ utilizaciji.

Ne postoji superiorni kriterijum za terminaciju inkrementalnog testa. Često istraživačevo pređašnje iskustvo, ispitanikov stepen utreniranosti, briga za bezbednost subjekta i imperativ u dostizanju željenih parametara diktiraju kriterijume. Neki od kriterijuma su: nemogućnost održavanja zadate kadence, subjektivna iznemoglost, zadati stepen opterećenja se ne može ispratiti, plato u VO₂, porast u indeksu respiratorne razmene (eng. respiratory exchange ratio, RER) >1.0 i dostizanje 90-95% od pika srčane frekvencije prema uzrastu (151). Za kriterijum za terminaciju VO₂max testa mi smo uzeli pojavu opšte iznemoglosti kod ispitanika i nemogućnost održavanja zadatog broja revolucija nasuprot konstantnom povećanju opterećenja. Ovi kriterijumi (128) su ujedno i predloženi od strane proizvođača opreme za kardiopulmonalno testiranje koju smo koristili. Dodatno, samo malo preko 50% iz AN grupe, a blizu 80% njih iz AE grupe dostiglo je 90% HRmax. Nasuprot tome, 83% NS dostiglo je i prestiglo 90% HRmax. Sportisti kao i nesportisti uglavnom dostižu 90-95% vrednosti HRmax na VO₂max testu (131,135,136,152), iako je sporija progresija srčane frekvencije tokom testa odlika dobre utreniranosti.

Testovi za određivanje maksimalne aerobne potrošnje mogu biti kontinualni – kada se opterećenje konstantno povećava ili inkrementalni, kada se definisano opterećenje uvećava tokom perioda od 1 ili više minuta u zavisnosti od protokola. Smatra se da da bi došlo do dostizanja $VO_2\text{max}$ vrednosti test mora da traje između 6 i 12 min. U nekim studijama je pokazano da manji inkrementi opterećenja rezultuju nižim vršnim vrednostima VO_2 , a vrednosti 30-50 W/min su generalno preporučljive. Takođe, predlaže se da se zadati broj revolucija u minuti kreće između 60 i 100. Više vrednosti $VO_2\text{max}$ ili $VO_2\text{pik}$ sreću se u situacijama koje iziskuju angažovanje više mišićne mase kao što su test na pokretnoj traci, veslačkom ili skijaškom ergometru, ali odgovor dominantno zavisi od specifičnog tipa treninga kojem je sportista izložen (150,153). Naprimer, trkači i netrenirani postižu bolje rezultate na traci u odnosu na bicikl ergometar, triatlonci su jednako dobri na oba, dok biciklisti bolji rezultat ostvaruju na biciklu (150). Kod sportista kojima glavnu funkciju u sportskoj aktivnosti nosi mišićna masa gornje polovine tela nije preporučljivo raditi funkcionalna ispitivanja na donjiim ekstremitetima. Pa tako, iako su apsolutne vrednosti $VO_2\text{max}$ u kajaku vrlo visoke, niže su od onih koje se sreću u veslanju, biciklizmu i trčanju, a relativne vrednosti $VO_2\text{max}$ u kajaku uporedive su sa onima u plivanju (154).

Moguće je da to što smo se opredelili za niže inkremente u opterećenju i broj revolucija od 60/min može imati veze sa izostankom u razvoju platoa i dostizanju $HR\text{max}$. Dalje, moguće je i to da bi test na pokretnoj traci bio pogodniji za ovako heterogenu grupu sportista, s obzirom da je testiranje na bicikl ergometru mnogima bilo relativno strano i pomalo nelagodno.

U sportovima sile i snage relativna vrednost $VO_2\text{max}$ kreće se između 30.1-60.5 ml/kg/min (131). Elitni džudisti imaju relativan $VO_2\text{max}$ oko 54 ml/kg/min (50-60 ml/kg/min) (129), a

kod ragbista je on između 42.3-61.7 ml/kg/min (118), dok je u BJJ između 42-52 ml/kg/min (130). U sportovima izdržljivosti prosečna relativna vrednost $VO_2\max$ je oko 58 ml/kg/min (36.2-73.3 ml/kg/min) (131). Fudbaleri koji se takmiče na nacionalnom nivou imaju relativan $VO_2\max$ oko 44 ml/kg/min (118), dok oni na elitnom nivou ostvaruju vrednosti 55-67 ml/kg/min, a ne retko i preko 70 ml/kg/min (108). Kod igrača futsala vrednosti su u opsegu 55.2-71.5 ml/kg/min (134). Trkači na duge staze imaju vrednost relativnog $VO_2\max$ oko 65.9 ml/kg/min, pri čemu oni na elitnom nivou imaju vrednosti oko 77.7 ml/kg/min, slično elitnim biciklistima (137,153). Posmatrajući sportove izdržljivosti, nešto niže vrednosti $VO_2\max$ sreću se u kajaku, kanuu i plivanju na 400 m i više, u odnosu na veslanje, biciklizam i trčanje (154). Nesportisti rekreativci ostvaruju prosečne vrednosti relativnog $VO_2\max$ od oko 40 ml/kg/min (155), s tim da one mogu ići 27.6-53.9 ml/kg/min (131,152).

U našem istraživanju, slično onom koje su sprovedli Kuši (*Kusy*) i sar. (131) sportisti iz sportova izdržljivosti su imali značajno veće vrednosti VO_2 pika u odnosu na AN sportiste i NS, a AN grupa imala je značajno veće vrednosti VO_2 pika u odnosu na NS. Sa druge strane, suprotno našim rezultatima, u istom radu HRmax se nije razlikovao između sportista, dok su netrenirani imali značajno veće vrednosti u odnosu na obe grupe sportista. U našem istraživanju nije bilo razlike među poređenim grupama u odnosu na HRmax, iako su NS u najvećoj meri dostigli 90% od predviđene maksimalne srčane frekvencije.

Smatramo da su u slučaju vršnih VO_2 vrednosti naši rezultati u skladu sa podacima iz gore navedene literature. Iako smo u AE grupi očekivali nešto veće vrednosti maksimalnog VO_2 , u toj grupi prednjače fudbaleri kod kojih se u literaturi opisuju $VO_2\max$ vrednost bliske prosečnim vrednostima VO_2 pika ostvarenim u AE grupi.

Anaerobni prag izražen kao % $VO_2\max$ je postao standard za kvantifikaciju aerobne izdržljivosti. Laktatni prag, anaerobni prag i dr. su termini koji se koriste da označe trenutak

nelinearnog porasta u koncentraciji laktata (107,108). Pomeranje laktatne krivulje u desno, izraženo preko %VO₂max je poželjno i pokazatelj je dobrog odgovora na trening.

Ventilatorni prag je neinvazivni marker omogućen putem novijih tehnika ispitivanja VO₂max i oslanja se na podatak da porast u koncentraciji laktatnih H⁺ jona biva puferovan bikarbonatima uz pojačano oslobađanje CO₂, što za uzvrat pojačava minutni ekspiratorni volumen. Prema ovoj teoriji inicijalni porast u koncentraciji laktata poklapa se sa vežbanjem uzrokovanom hiperventilacijom tokom inkrementalnog testa. Ipak, najveći broj naučnika se slaže da poistovećivanje ventilatornog praga sa anaerobnim pragom nije validno (107).

U našem istraživanju AE grupa imala je značajno veći VO₂vt u odnosu na NS grupu, što je u skladu sa značajno većom vrednošću VO₂pika među ovim sportistima u odnosu na druge dve grupe ispitanika. Međutim procentualni udeo VO₂vt u odnosu na vrednost VO₂pika nije se razlikovao među grupama. Moguće je da to indirektno ukazuje da VO₂vt nije pouzdan parametar za upoređivanje rezultata VO₂max testa.

Uspešan profesionalni biciklista ima VO₂max oko 74 ml/kg/min, a na najvažnijim takmičenjima (Điro di Italia (*Giro di Italia*), Vuelta (*Vuelta e Spania*)) konstantno opterećenje blisko oko 90% VO₂max, odnosno laktatnom pragu, može da traje i do 60 min (151). Laktatni prag u kajaku nalazi se između 79 i 87% VO₂max, a na oko 89.6% HRmax (154). Dobro utrenirani trkači na duge staze imaju laktatni prag preko 85% VO₂max (108). Kod triatlonaca laktatni prag je na 85.1% VO₂max pri trčanju, a na 76.1% prilikom vožnje bicikla uporedo sa manjom vrednošću VO₂max u drugoj disciplini (153).

Vingejt test

Rezultati WanT u našem istraživanju bili su malo drugačiji od očekivanih. Interesantno je da nije postojala razlika ni u jednom od parametara između obe grupe sportista, iako su se

nazirale veće vrednosti MP i PP među AN grupom. U grupi NS su uspevali da razviju vršnu snagu referentnu AE sportistima, ali ne i AN sportistima.

U anaerobnim sportovima kao što su džudo i BJJ relativne vrednosti PP kreću se 7.7-11.5 W/kg (129,130). Zanimljiv rezultat dobijen je kod italijanskih džudista olimpijaca koji su ostvarili PP preko 1200 W (12.1 W/kg), ali je MP bila malo preko 550 W (156). U oba ova sporta sportisti se takmiče u različitim težinskim kategorijama, pri čemu je snaga mišića gornje polovine tela presudna. Beneke i sar. su u istraživanju na ragbistima sličnog uzrasta i telesne mase u odnosu na naše AN sportiste, koji su se takmičili na regionalnom i nacionalnom nivou, dobili vrednosti PP 900 W, a MP 683 W na WanT (157). Sa druge strane, Bel (*Bell*) i sar. su kod ragbista učesnika u univerzitetskom sportu na teritoriji Velsa, ustanovili da prosečna PP prevazilazi 1100 W (158). Garbi (*Gharbi*) i sar. su, pak, u timskim sportovima – fudbal, odbojka, košarka, dobili vrednosti PP 693.6 W (9.8 W/kg) i MP 536.9 W (7.6 W/kg) (159). U radu Zupna (*Zupan*) i sar. ispitivana je anaerobna snaga pomoću WanT u sportovima koji zahtevaju dobru eksplozivnu snagu i značajan anaerobni kapacitet (lakros, gimnastika, sprint biciklizam, američki fudbal, bejzbol, tenis, atletika). Autori su za PP među muškim sportistima dobili vrednost 951 W (11.56 W/kg) (160). U nedostatku referentnih vrednosti na osnovu kojih bi se pratio progres u anaerobnom trenažnom programu, Kopin (*Coppin*) i sar. su ispitivanjem na sportistima iz sportova koji imaju značajnu anaerobnu komponentu (američki fudbal i atletske discipline u kojima je snaga dominantna) predložili opsege za PP i MP u tri kategorije: visoka (>1152 W/ >813 W), srednja (1010-1152 W/ 745-813 W) i niska (<1010 W/ < 745 W) (161).

U aerobnim sportovima sreću se takođe visoke vrednosti PP i MP na WanT. Peket (*Paquette*) i sar. su među sportistima iz sportova izdržljivosti (drumski i planinski biciklizam, triatlon, kros-kantri skijanje) dobili vrednost PP oko 16 W/kg, a MP je bila malo iznad 10 W/kg (162). Runesta (*Ronnestad*) i sar. su među elitnim norveškim biciklistima dobili za vrednost PP čak

23 W/kg, dok je MP bila blizu 11 W/kg (137). U fudbalu se relativne vrednosti PP kreću od preko 8 do skoro 12 W/kg (163,164).

Rezultate slične našima za relativne vrednosti PP u dve grupe nesportista dobio je Njaldžakan (*Nalcakan*) (155). U literaturi se većinom prijavljuju manje apsolutne i relativne vrednosti PP i MP u slučaju nesportista u odnosu na vrednosti dobijene u našoj grupi NS (115,152,165,166). U ovim radovima uslov za uključivanje u studiju većinom je bio sedentarni stil života, ne učestvovanje u organizovanom vidu fizičke aktivnosti do 6 meseci unazad, a u slučaju rekreativnog bavljenja sportom, ukupno vreme provedeno u treningu nije smelo biti više od 3h na nedeljnom nivou. Takođe, učesnici u ovim istraživanjima nisu ispitivani o prethodnom bavljenju sportom.

U većini gore navedenih studija opterećenje za WanT određivano je množenjem iznosa telesne mase u kg sa 0.07/0.075, međutim mi smo istu množili sa 0.08. Neki ispitanici su, nakon probnih sprinteva na bicikl ergometru uočili da bi opterećenje moglo biti za nijansu veće, a u ređim slučajevima manje, te je ono kasnije usklađivano prema ispitanikovom osećaju. Po nekim autorima opterećenje treba dozirati u odnosu na bezmasnu masu tela i tip sporta (167), a na rezultat WanT ne utiču umerene varijacije u opterećenju (127).

U WanT udeo aerobnog metabolizma iznosi 18.6%, anaerobnog alaktičnog 31.1%, a anaerobnog laktičnog 50.3%. Visok stepen alaktičnog metabolizma dovodi do porasta pH, pri čemu se pojačava aktivnost fosfofruktokinaze, a potencira anaerobna glikoliza, bivajući dominantan energetske proces u WanT između pete i desete sekunde. Kasnije, sledstveni pad u pH usporava stopu anaerobne glikolize, međutim, ona se i daje ističe kao dominantan proces za obezbeđenje energije do kraja WanT (155,157).

PP podrazumeva najveću prosečnu vrednost zabeleženu u nekom od registrovanih petosekundnih intervala (137,168) obzirom da zavisi od ATP-PCr metabolizma. Sportisti čiji

je trening fokusiran na alaktično-anaerobne zahteve imaju superiorne rezultate na ovom testu i uglavnom vršne vrednosti dostižu unutar prvih 5 s. Kod onih koji treniraju aerobni, mešoviti, pa čak i za produženi aerobni tip događaja najverovatnije je da isti tip vlakana (glikolitička, oksidativna) ima ulogu u razvoju anaerobne snage, a maksimalne vrednosti snage ostvaruju unutar drugog petosekundnog intervala (168).

U WanT, pored nožne učestvuje i muskulatura trupa i gornjih ekstremiteta, te aktivna masa iznosi 60-85% od ukupne mišićne mase (157). Četvrtinu sportista iz AN grupe u ovom istraživanju činili su džudisti, koji glavnicu snage nose u gornjim ekstremitetima i torzou. Smatra se da sportisti kod kojih je dominantna mišićna masa u gornjoj polovini tela trebaju da rade modifikovani WanT za gornji deo tela (169).

Kik bokseri i košarkaši, koji imaju velik volumen aerobnog treninga, bili su zastupljeni sa preko 30% u AN grupi. Moguće je da u našem istraživanju razlike između dve grupe sportista nije bilo, jer su unutar AN grupe vidno bili zastupljeni sportovi koji imaju značajnu aerobnu komponentu u treningu, što može da ima inhibitoran efekat na razvoj snage (106), zatim usled ne malog broja sportista u AN grupi koji silu i snagu prevashodno generišu iz gornje polovine tela i usled neprilagođenosti samom testu, jer mnogima položaj na bicikl ergometru nije dovoljno blizak kao biciklistima (150,170). Što se tiče nesportista, izgleda da je rekreativno bavljenje sportom kod značajnog broja uticalo na razvoj i održavanje izvesnog anaerobnog kapaciteta.

Analiza VSF

Razlike u vrednostima VSF u miru između dominantno anaerobnih sportista, dominantno aerobnih sportista i nespportista

Kao što je i očekivano (59,171,172), sportisti iz AE grupe isticali su se po markerima PNS tonusa u odnosu na NS posmatranjem VSF u miru, doduše u pitanju su bili isključivo parametri vremenskog domena. Međutim, u literaturi ima i suprotnih nalaza. Molina i sar. nisu ustanovili razliku u bazalnim VSF vrednostima između visoko utreniranih sportista ($VO_2\max$ 80.9 ml/kg/min) i aktivnih nespportista ($VO_2\max$ 47.7 ml/kg/min). Autori su ovo pokušali objasniti fenomenom PNS saturacije, gde je vagusni tonus toliko dominantan da signal biva nereaktivan (173).

Nasuprot očekivanom, razlika između dve grupe sportista, kao i između AN i NS nije bila značajna, mada su u prvom slučaju AE, a u drugom AN sportisti imali više vrednosti parametara koji se dovode u vezu sa naglašenim uticajem vagusa (58,171,174,175). Iako u literaturi dominiraju radovi koji govore u prilog povoljnije VSF kod sportista u sportovima izdržljivosti, ima i onih koji nisu pokazali razliku u odnosu na tip sporta (trkači na duge staze, sportovi brzine, sportovi snage itd.) (176), kao i onih gde nije uočena razlika između aerobno i anaerobno treniranih (172). U vezi sa ovim je i jedno od ograničenja studije, a to je da učesnici nisu ispitivani o udelu pojedinih tipova treninga na dnevnom, odnosno, nedeljnom nivou, niti su sportisti bili pitani o fazi trenažnog ciklusa u kojoj su. Dalje, razmatrano je samo učešće u aktuelnom sportu, a od pojedinih ispitanika dobijani su podaci o pređašnjem bavljenju sasvim različitim tipom sporta. U NS su klasifikovani oni koji unazad godinu dana nisu aktivno učestvovali u nekom sportu, iako ih je skoro polovina prijavila raniji sportski staž. Poznato je da trening izdržljivosti ostavlja relativno tajan trag u VSF zapisu (59,177,178). Višegodišnje bavljenje aerobnim tipom sporta može imati efekat na autonomnu

modulaciju srčanog ritma i u kasnijem životnom dobu (179,180). Brojna istraživanja analiziraju posledice u primeni određene nedeljne doze i tipa treninga u trajanju od nekoliko nedelja do više meseci na VSF. Većina tih istraživanja ukazuje na jasan benefit aerobnog treninga ogledajući se kroz porast u vrednostima PNS markera (98,181–185).

Ono što je naša pretpostavka, potkrepljena podacima iz literature (106,131,132), je da je zastupljenost aerobnog tipa treninga među sportistima iz AN grupe na značajnom nivou i da je dovoljna da održava PNS tonus u miru na nivou referentnom AE grupi. Sa druge strane, učešće NS u rekreativnom sportu, uz pređašnje bavljenje sportovima moglo je da dovede do toga da se razlike u VSF u miru ne ispolje u odnosu na AN sportiste. Izgleda da je volumen aerobnog treninga u rekreativnom sportu i među AN sportistima na približnoj razini.

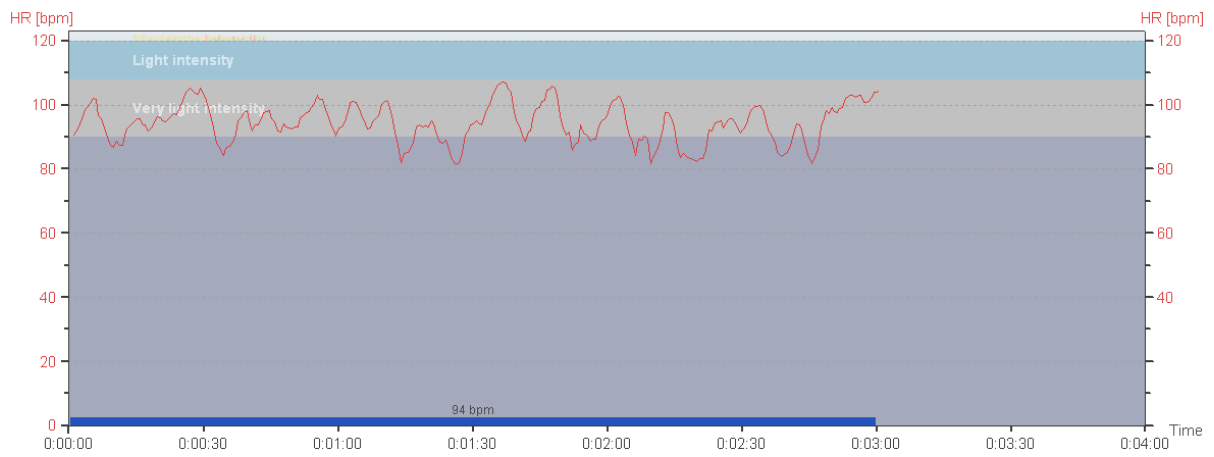
Pored svega, bitno je napomenuti da je najveći broj sportista u studiji iz grupe mešovitenih sportova, čiji trening nužno zahteva disciplinovan rad na svim elementima: snaga, brzina, izdržljivost, agilnost, taktika (106,108,117,186). Izuzetno je malo ispitanika iz klasično anaerobnih sportova kao što su sprint, plivanje na 50 i 100 m, skakačke i bacačke atletske discipline, dizanje tegova itd., a takođe ih je malo iz apsolutno aerobnih sportova: trčanje i plivanje na duge staze, biciklizam, kros-kantri skijanje, kajak, veslanje itd.

Mada su sportisti iz AE grupe prednjačili u rezultatima $VO_2\max$ testa (53.3 ± 6.8 ml/kg/min), očekivane su nešto veće vršne VO_2 vrednosti (131,134,153,154).

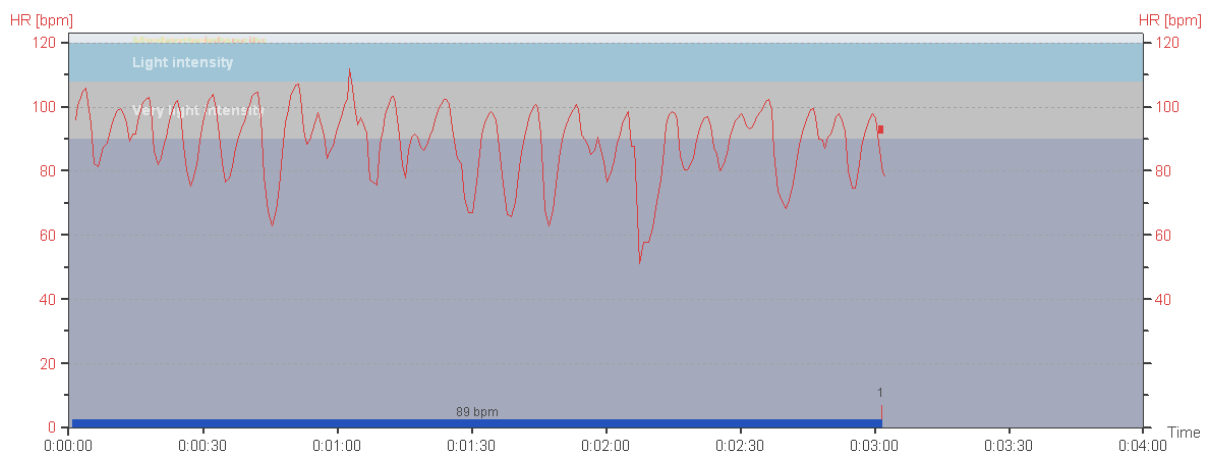
U radovima sa elitnim i profesionalnim sportistima, koji se takmiče na nacionalnom i internacionalnom nivou, uglavnom se dostiže plato u VO_2 kao i vrednosti srčanog ritma $\geq 95\%$ od predviđenog maksimalnog srčanog ritma. Postavlja se pitanje da li bi rezultati testa bili bolji da su primenjeni strožiji kriterijumi ili su oni realan odraz. U slučaju da je drugo

tačno, postavlja se pitanje kako to da postoji i velika varijacija u vrednostima VO_2 pika u AE grupi (40.5-71.1 ml/kg/min). Jeste da su sportisti iz AE grupe konstituciono sitniji, međutim analizirane su relativne vrednosti VO_2 pika čime je isključen uticaj telesne građe. Ako pogledamo rezultate IPAQ testa, jasno je da su sportisti iz obe grupe sportova znatno fizički aktivniji u odnosu na nesportiste. No, nema razlike u zastupljenosti teške i lake fizičke aktivnosti između sportista, dok u slučaju umerene fizičke aktivnosti značajna razlika postoji samo između AE i NS, u korist prvih. Ipak, i ovde AE sportisti pokazuju nešto više vrednosti u odnosu na AN. Kako su aktivnosti tipa izdržljivosti u rangu lakšeg i umerenog intenziteta, moguće je da ili sportisti iz AE grupe nisu imali dovoljnu količinu ovog tipa treninga, ili je angažovanost sportista i težnja da se da maksimum na treningu bila upitna ili su se kod ovih sportista ispoljili elementi zamora. Zamor i pretreniranost u velikoj meri mogu da objasne pad u VSF i performansama (187–190), te je moguće da je to bio slučaj i kod naših AE sportista. Opšta VSF često je snižena pred takmičenje, što se povezuje sa superiornim performansama (187,191,192). Upoređivanjem standardnih vrednosti VSF u miru kod zdravih nesportista očito je da među našim ispitanicima postoji pad u bazalnoj VSF ispoljen kroz niže vrednosti RMSSD, pNN50 i HF (193). Doduše, ne možemo reći da su u slučaju ovog istraživanja sportisti ostvarili vrhunske rezultate na testovima za određivanje energetske kapaciteta.

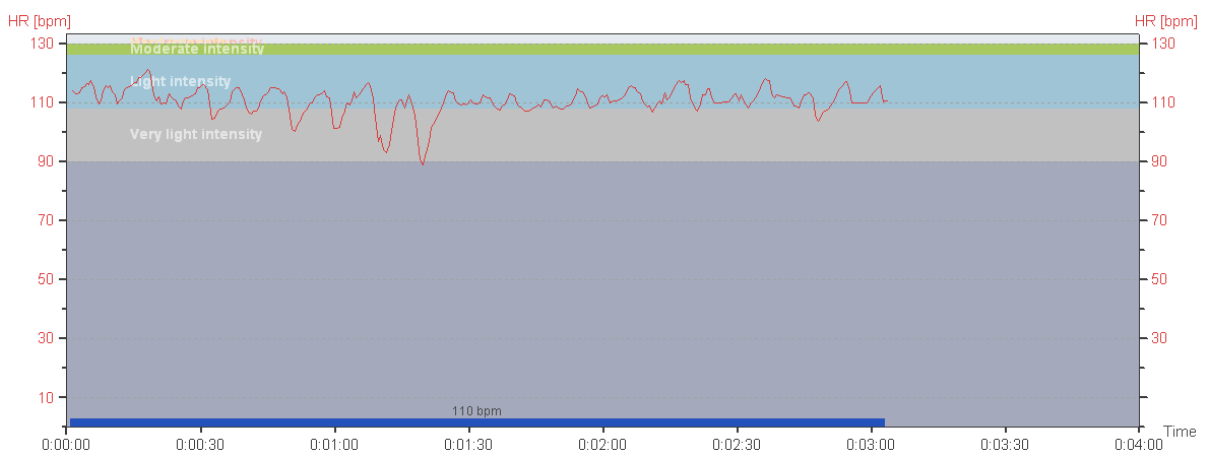
Važno je i napomenuti da ispitanici iz sve tri grupe pripadaju populaciji studenata, te da je istraživanje sprovedeno u periodu od marta do jula, odnosno u periodu kada mnogi od njih imaju obaveze prema ispitima i moguće je da se tada manje posvećuju sportu. U vezi sa tim je i podatak da poremećen cirkardijalni ritam može uticati na smanjenje VSF indeksa kod muškog pola (194) (Slika 19-21).



Slika 19. Varijabilnost srčane frekvencije u miru kod sportiste iz grupe pretežno anaerobnih sportova (eng. mixed martial arts, MMA).



Slika 20. Varijabilnost srčane frekvencije u miru kod sportiste iz grupe pretežno aerobnih sportova (fudbal).



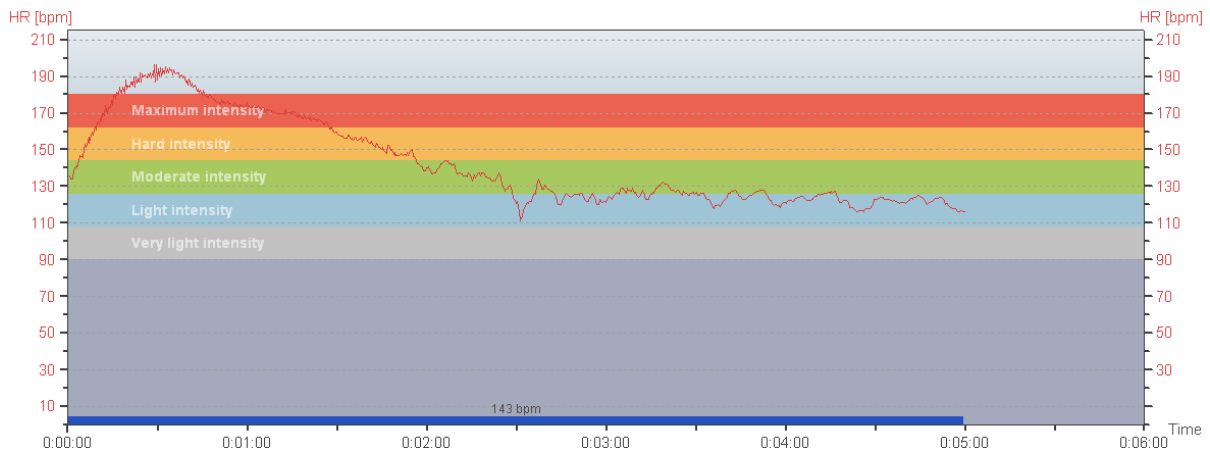
Slika 21. Varijabilnost srčane frekvencije u miru kod nesportiste.

VSF se može registrovati različitim uređajima. Mi smo koristili uređaj koji signal prikazuje u vidu tahograma, za razliku od standardne elektrokardiografije. Iako je dokazana odlična uporedivost rezultata dobijenih između ove dve vrste aparata (195,196), pulsmetrom nije moguće uočiti realne ektopične otkucaje i artefakte, već se odstupanja u tahogramu vizuelno filtriraju, uz interpolaciju između krajeva odsečenog segmenta. Ovo znači da je subjektivna procena ispitivača da li neočekivani pad ili porast u amplitudama jeste ili nije fiziološki. Interesantne podatke izneli su Roč i Šeldon (*Roach; Sheldon*) (197) analizirajući sinusoide u definisanom frekventnom opsegu. Oni smatraju da postoje kratki tahikardični segmenti trajanja do 0.1 s koje su nazvali mininaleti (eng. *minibursts*), a povezuju ih sa aktivacijom mišićnih mehanoreceptora. Otklanjanjem tih segmenata može se drastično izmeniti izgled spektra.

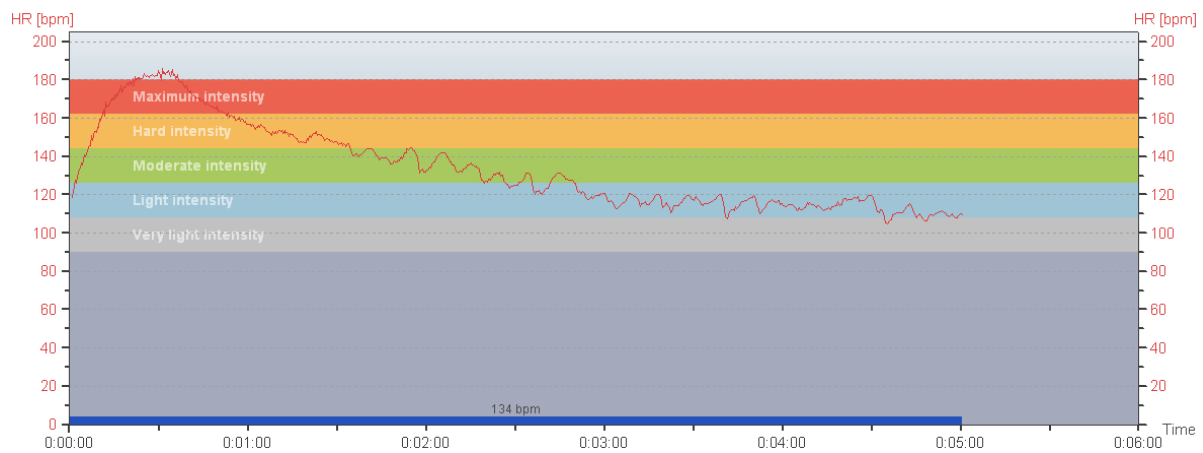
Na posletku bi rekli i stav pojedinih autora da je VSF dobar alat za monitoring na individualnom, longitudinalnom nivou, ali da zbog velikih varijacija među pojedincima nije preporučljiv za analizu na inter-individualnom nivou (198,199).

Razlike u VSF tokom oporavka od inkrementalnog testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i Vingejt testa

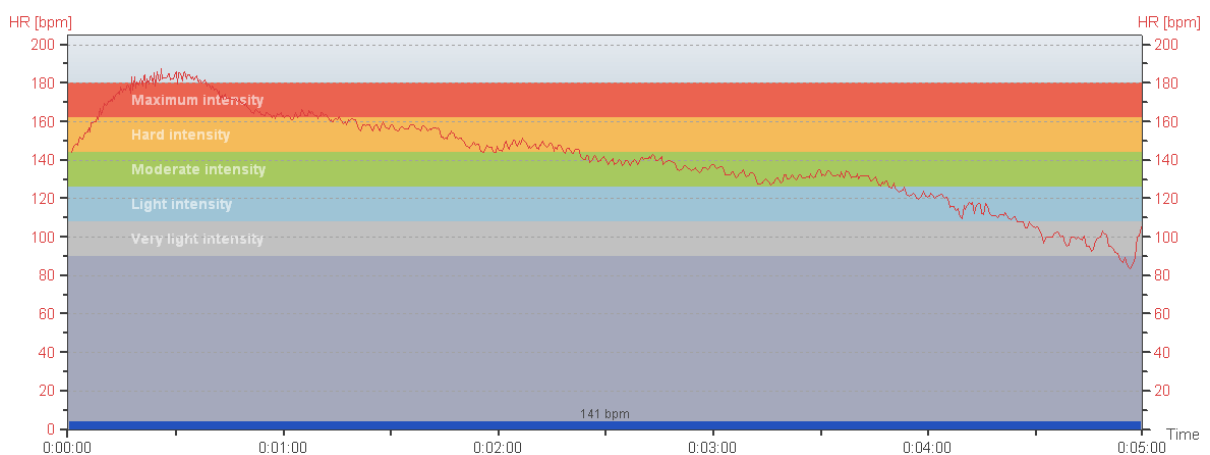
Upoređivanjem rezultata VSF nakon WanT i VO₂max testa nisu uočene razlike među grupama. Naša očekivanja su bila da će u AE grupi postojati fenomen vagusne reaktivacije, o kome će biti reči dalje u tekstu. AE sportisti imali su najviše vrednosti SD1 i RMSSD nakon oba testa, ali razlike nisu ispoljile statističku značajnost, pretpostavljamo zbog velikih varijacija unutar same grupe (Slika 22-27).



Slika 22. Varijabilnost srčane frekvencije tokom i u oporavku od Vingejt testa kod sportiste iz grupe pretežno anaerobnih sportova (MMA)



Slika 23. Varijabilnost srčane frekvencije tokom i u oporavku od Vingejt testa kod sportiste iz grupe pretežno aerobnih sportova (fudbal).



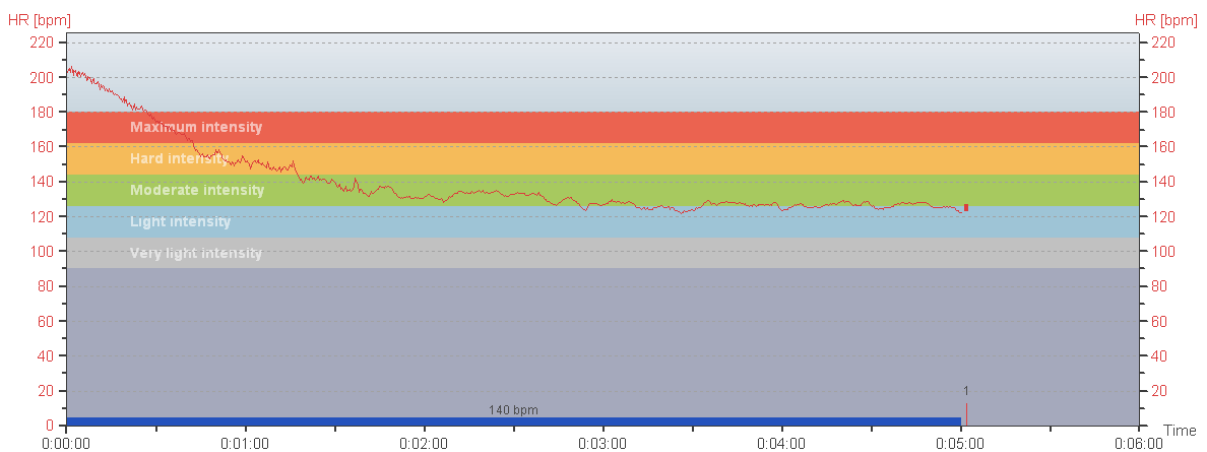
Slika 24. Varijabilnost srčane frekvencije tokom i u oporavku od Vingejt testa kod nespportiste.

Gerha (*Guerra*) i sar. (200) su utvrdili postojanje naglašene vagusne reaktivacije kod aerobno treniranih sportista izraženo preko RMSSD₃₀ indeksa, iako nije bilo razlike u OSF između onih koji su imali trening izdržljivosti i onih koji su imali trening rezistencije. Takođe nije bilo korelacije između parametara OSF i HRV markera u miru među ispitivanim grupama. Autori su time potkrepili stav da iako OSF i HRV ispituju PNS autonomnu modulaciju, modali kojima se koriste su sasvim različiti.

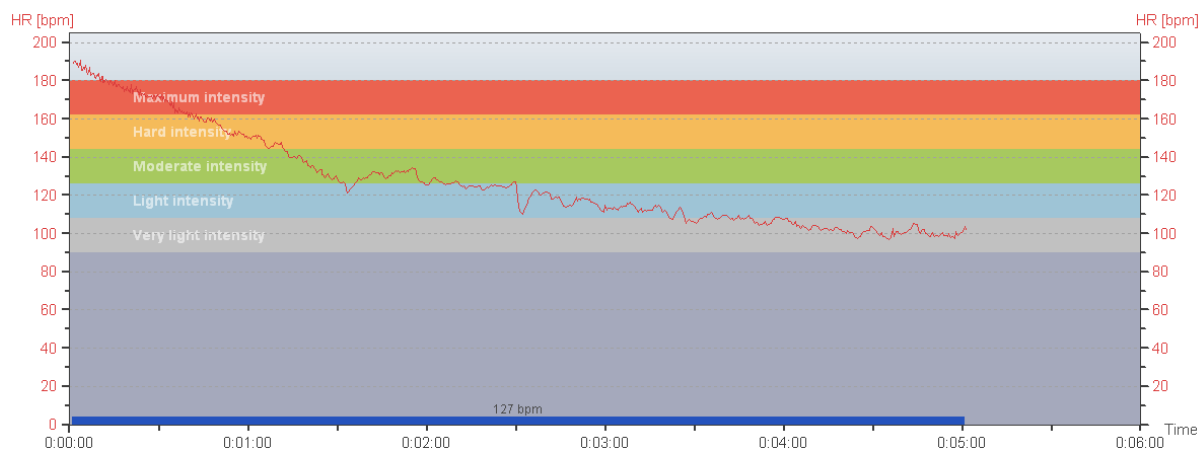
Analizom oporavka među BJJ sportistima koji su bili grupisani u odnosu na volumen treninga viđeno je da u oporavku nakon inkrementalnog testa na pokretnoj traci oni koji više treniraju imaju sporiji oporavak RMSSD unutar prvog minuta (201).

Analizom oporavka VSF nakon VO₂max testa među rekreativcima fizički aktivniji su imali više vrednosti LF i HF u prvim minutima istog, što su autori definisali kao povoljniji, kardioprotektivni profil (202).

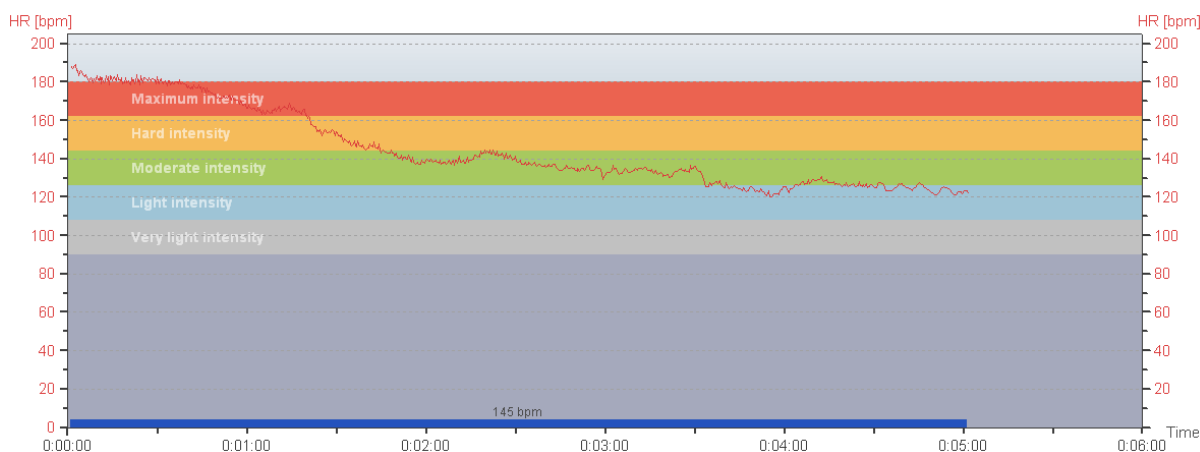
Smatra se da intenzitet, a ne trajanje fizičke aktivnosti, ima snažan uticaj na trend oporavka, odnosno, da li će on biti suprimiran ili ne (203).



Slika 25. Varijabilnost srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod sportiste iz grupe pretežno anaerobnih sportova (MMA).



Slika 26. Varijabilnost srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod sportiste iz grupe pretežno aerobnih sportova (fudbal).



Slika 27. Varijabilnost srčane frekvencije tokom oporavka od testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika kod nespportiste.

Njuviadamski (*Niewiadowski*) i sar. pokazali su snažnu inhibiciju vagusa nakon anaerobnog testa uz dominantnu ulogu sniženog PNS tonusa u supresiji kako HF, tako i LF (204).

Ispitivanjem oporavka VSF nakon produženog maksimalnog vežbanja među aktivnim nespportistima, Hautala i sar. (205) našli su da HFnu, lnHF i SD1 ostaju suprimirani nekoliko sati nakon testa, međutim nakon 24h u VSF zapisima markeri vagusne modulacije bili su izraženiji nego u registrovanju pred test. Suprotno tome, Arai i sar. (206) zabeležili su

povratak LF i HF na bazalne vrednosti samo nekoliko minuta nakon maksimalnog testa na biciklu.

Takođe, oporavak VSF je brži kada je angažovana manja mišićna masa i kada je energetska potrošnja manja (207).

Vremenski interval uzet za analizu VSF u oporavku je kratak i iznosi 3 min (analizirana su poslednja 3 min dobijenog zapisa) i analizirani su standardni parametri vremenskog i frekventnog domena. Već je pomenuto da se u standardnoj VSF analizi koriste dugi i kratki zapisi (58). Međutim, u novije vreme pored kratkih pojavljuju se i ultra kratki zapisi gde se iz postojećih VSF parametara izvode novi i za izračunavanje jednostavniji ili se oni analiziraju poređenjem dinamike sekvenci trajanja 10-30 s (208–213). Većina radova koja se bavila tematikom oporavka obuhvatala je duži posmatrani period od 15min/1h/2h/24h/48h (214–216).

Glavni problem u slučaju kada za ispitanike imate sportiste je ograničenost sa vremenom. Sportisti generalno imaju malo slobodnog vremena i česti su slučajevi samovoljnog izlaska iz studije, najčešće usled manjka ličnog interesa nasuprot relativno obimnim obavezama prema istraživanju. Većinom studije koje se bave ispitivanjima na sportistima imaju deset do petnaest ispitanika po grupi, jer jedan deo ne uspe da istraje. Ovo istraživanje je zahtevalo pristanak na dolazak u dva maha uz zadržavanje od približno sat vremena, međutim, nekad je zbog nepredviđenih okolnosti vreme zadržavanja bilo i duže. Kada bi svako registrovanje VSF trajalo 15 i više minuta, interval zadržavanja u laboratoriji bio bi još duži.

Kako je za pouzdane bazalne vrednosti NNRR, SDNN, RMSSD, pNN50, LF, HF, LFnu, HFnu, LF/HF, SD1 i SD2 moguće kristiti intervale znatno kraće od 5 min (174), to je bio razlog da se opredelimo za vremenski period za koji smo mislili da će nam obezbediti referentne podatke, bez preteranog vremenskog angažmana ispitanika. U pogledu VSF tokom

oporavka to je nosilo sa sobom rizik od ne dobijanja statističke značajnosti. Naime, upitna je upotreba pojedinih VSF indeksa dobijenih standardnim analitičkim metodama (LF, LFnu, HFnu, LF/HF) u praćenju dinamike tokom vežbanja i u neposrednom oporavku nakon testova na maksimalnom i submaksimalnom nivou (207).

Svesni da autoregresivni metod koji Polar ProTrainer softver koristi u analizi parametara frekventnog domena zahteva mahom stabilan signal, imali smo ideju da u oporavku podatke analiziramo koristeći metod talasne transformacije (енг. *wavelet transform, WT*) ili kratkotrajne Furijeove transformacije (енг. *short time Fourier transform, STFT*). Nažalost, na kraju ipak nismo bili u prilici to da izvedemo. Spektralna analiza razlaže svaki postojan, stacionaran, fluktuirajući, vremenski zavisani signal na sinusoidne komponente. Time se omogućava da se svakoj sinusoidi pripiše odgovarajuća spektralna jačina, a iz toga se izračunava snaga u definisanim frekventnim opsezima. U autoregresivnom metodu signal u datom vremenskom trenutku predstavlja linearnu funkciju J reda prethodnih vremenskih sekvenci. Talasna transformacija prevazilazi problem koji se sreće u autoregresivnom metodu, a vezan je za mogućnost pogrešnog izbora jednačine J reda i izuzetno je pogodna za nestacionarne signale, kakvi su u slučaju oporavka nakon fizičke aktivnosti (172).

Kratkotrajna Furijeova transformacija se takođe koristi za analizu VSF tokom vežbanja i u oporavku (217,218). Umnožak spektralne snage na kratkim sekcijama signala i funkcije Haningovog prozora sprovodi se kroz brzu Furijeovu transformaciju. Prozor se zatim pomera sekciju ispred i ceo postupak se ponavlja (99,182,219).

Iako je za regulaciju srčanog ritma nakon aktivnosti lakog do umerenog intenziteta dovoljno 2 min, za stabilizaciju VSF potreban je znatno duži period, posebno nakon izuzetno zahtevnih testova kao što su $VO_2\text{max}$ test i WanT. Naime, zaključak brojnih studija je da intenzivna fizička aktivnost snažno nadražuje SNS i odlaže VSF oporavak i po nekoliko sati (205,220).

Stabilizacioni period u slučaju našeg istraživanja iznosio je 1:30 min nakon WanT, a 2 min nakon VO₂max i iako je kratak za stabilizaciju signala u smislu analize frekventnog domena, RMSSD i SDNN ne bi trebalo da budu ograničeni fenomenom stabilizacije (221).

Neki autori smatraju da RMSSD koji se, zajedno sa svojim derivatima, koristi u ultrakratkim i kratkim VSF zapisima u oporavku (210,222), nije pogodan za analizu VSF tokom vežbanja zbog sniženog uticaja PNS (223), budući da se njime primarno indeksira vagusni uticaj (171). Međutim, u studijama koje su analizirale oporavak praćenjem dinamike RMSSD analiziran je fenomen vagusne reaktivacije.

Na vrhuncu provokacije fizičkom aktivnošću, smatra se da je skoro apsolutan uticaj SNS na modulaciju srčanog ritma (172), a na račun fenomena vagusnog povlačenja (224). Po prestanku iste, dolazi do reaktivacije PNS, a smanjivanja SNS tonusa. Smatra se da je primarni mehanizam denivelacije srčanog ritma na račun obnavljanja vagusnog uticaja i da nastaje odmah po okončanju fizičke aktivnosti, dominirajući tokom prvog minuta, a u daljim minutima preovladava fenomen simpatičkog povlačenja (201,202). Vagusna reaktivacija uglavnom je izučavana analizom OSF (225). Unutar prvog minuta nakon fizičke aktivnosti dolazi do rapidnog pada u broju otkucaja. Kako se nagib ovog pada može titrirati PNS blokadom, uzeto je da indeksi OSF oslikavaju čisto PNS uticaj. Dalji, laganiji pad u broju otkucaja zavisao je od intenziteta fizičke aktivnosti, postepenog povlačenja SNS uticaja i otklanjanja metabolita adrenergičkog sistema (226), a zadržavanje povišenih vrednosti broja otkucaja po prestanku vežbanja, čak i u trajanju od 1h opisuje se u slučajevima submaksimalnih, maksimalnih aerobnih, pa čak i supramaksimalnih anaerobnih sesija (204). Međutim, OSF i VSF rezultati u oporavku nisu slika u ogledalu. Smatra se da OSF odražava tonus PNS, odnosno, acetilholinsku „dozu” na nivou SA čvora, a VSF odražava sveopštu PNS modulaciju (201,226).

Mnogi autori prevode RMSSD u prirodni logaritam (lnRMSSD) prilikom analize oporavka. Smatra se da je višednevni prosek lnRMSSD izuzetno validan u praćenju intenziteta VSF na inter- i intra-individualnom nivou (227,228), najviše u svrsi odgovora na trenažni stimulus i registrovanja pojave zamora, koji se pored pada u performansama može manifestovati i padom u VSF.

Moguće je da bi u našem istraživanju razlike između grupa u oporavku bile očitije da je umesto RMSSD upotrebljen lnRMSSD, kao i da su analizirani sukcesivni intervali, npr. RMSSD_{120-135s}, RMSSD_{135-150s} itd., te bi to trebalo da bude tema u budućim istraživanjima.

Od ranije se zna da promena položaja tela bitno utiče na rezultat VSF. U ležećem položaju dominira PNS uticaj, dok je u stojećem položaju evidentna supresija PNS i augmentacija SNS (229). Izmena u VSF u različitim položajima pripisuje se i barorefleksnoj kontroli, jer je u ležećem položaju hidrostatski pritisak u svim delovima cirkulatornog sistema jednak, a promenom položaja on se menja što iziskuje manji ili veći barorefleksni input (172,228,230). Poslednjih godina ima dosta radova koji pripisuju LF ulogu glasnika u barorefleksnoj kontroli (175,202), pa čak idući do te mere da tvrde kako je LF pod dominantnom kontrolom PNS, jer barorefleks kontinualno usklađuje odgovor krvnog pritiska sa srčanom frekvencijom kroz promene u vagusnoj eferentnoj aktivnosti (231). U oporavku nakon fizičke aktivnosti dolazi do pada u oba i LF i HF, s tim što je pad u LF procentualno manji uporedo sa padom HF. Oporavkom u sedećem položaju barorefleksni uticaj nije zanemarljiv, te je vrednost LF dodatno otežano tumačiti. Medjutim, sedeći položaj je nedavno predložen kao preporučljiv kod visoko utreniranih sportista iz želje da se prevaziđu prepreke u interpretaciji koje pravi fenomen vagusne saturacije (232).

Povezanost između vrednosti VSF u miru i oporavku sa rezultatima inkrementalnog testa za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika i Vingejt testa

Interesantne i neočekivane rezultate dobili smo analizom povezanosti VSF parametara u miru i oporavku sa rezultatima $VO_2\text{max}$ testa i WanT.

Značajnu korelaciju između VSF u miru i rezultata WanT identifikovali smo samo kod AN sportista. Uočeno je da što je ukupna varijabilnost u miru bila manja među ovim sportistima, veće su bile vrednosti MP i PP, a što je odnos LF/HF bio veći, veća je bila vrednost PP/kg. Sa druge strane, u oporavku nakon WanT, takođe su jedino AN sportisti ispoljili korelaciju sa rezultatima. I u ovom slučaju manje vrednosti ukupne varijabilnosti (gledano preko SDNN, lnLF i lnHF) su išle u prilog boljim rezultatima MP i PP, dok je PP/kg pozitivno korelirao sa LF/HF odnosom.

U radu Meratija (*Merati*) i sar. (233) ispitivana je korelacija kratkih sesija VSF merenih odmah po buđenju, pred trening i nakon treninga sa najbolje ostvarenim vremenom u plivačkoj trci na 50 i 100 m. Autori su ustanovili da se u slučaju VSF u miru naglašen tonus PNS markera dovodi u pozitivnu vezu sa najboljim vremenom na 50 m, odnosno, što su vagusni markeri bili izraženiji to je vreme do završetka trke bilo duže. Dodatno, indeks simpatovagalnog balansa LFnu bio je u negativnoj korelaciji sa ovim vremenom, odnosno što je on bio veći, vreme za završetak trke bilo je kraće. U istom radu VSF odmah nakon treninga govorila je u prilog negativnog odnosa markera simpatovagalnog balansa (LFnu i α_1) sa najboljim vremenom na 100 m. Autori su zaključili da, što je kapacitet da se proizvede visok simpatički odliv veći bolje su performanse u aktivnostima kratkog trajanja (233). Doduše, i u uslovima kada plivanje duže traje, kao npr. u triatlonu značajno se uvećava LF i LF/HF, dok je HF snižen u ranijim fazama oporavka (234).

Suprotno ovom zaključku je mišljenje Kamposa (*Kampos*) i sar. (235) koji su utvrdili da intenzitet vagusnog tonusa u bazalnoj VSF pozitivno korelira sa specifičnim intermitentnim performansama u džudou.

Oba ova rada ispitivala su VSF u dominantno anaerobnim sportovima. Plivačka trka na 50 m traje oko 30 s, dok trka na 100m traje oko 60 s. Sa druge strane, bacanje u džudou je visoko anaerobna aktivnost koja traje svega par sekundi. I vremenski i frekventni indeksi VSF veći su tokom džudo seanse, nasuprot biciklističkoj, pri istom maksimalnom srčanom ritmu (161). Takođe, veći su i pri statičkom opterećenju na donjim ekstremitetima, nasuprot dinamičkom (236). Moguće je da sportovi koje karakterišu intermitentni, kratkotrajni napori visokog intenziteta kao što je slučaj npr. u džudou u drugačijoj meri provociraju ANS od aktivnosti koje su kontinualne. WanT je izuzetno zahtevan, traje 30 s i neprekidan je, te u ovom slučaju više parira trci na 50 m.

Naš zaključak je da su AN sportisti postizali bolje rezultate na WanT kada je bazalna VSF imala nisku komplikaciju, a PNS bio izražen deprimiran u neposrednom oporavku.

U našem istraživanju kod AE sportista se ispostavilo da su oni sa nižim vrednostima VSF u miru, a posebno sa sniženim PNS markerima, pokazivali skretanje u desno za vrednosti HRmax i HRvt u VO₂max testu. Slično je važno i za NS. U oporavku dobili smo nešto drugačije rezultate. Ako je HF marker vagusnog tonusa, onda proizilazi da povećane vrednosti HF i niži simpatovagalni balans u oporavku kod AE sportista pozitivno utiču na rezultat VO₂max testa. Sa druge strane, normalizovane i logaritmovane vrednosti ovog parametra, za koje mnogi smatraju da su verodostojnije, imale su suprotan trend. Na osnovu ovih rezultata nismo mogli da zaključimo da li oni koji postižu bolji rezultat na VO₂max testu

imaju povoljniji oporavak, ili je u pitanju suprotno. Zapravo, brojne studije ukazuju na disocijaciju između apsolutnih i normalizovanih vrednosti LF i HF, kao i LF/HF odnosa u oporavku (237–240).

U istraživanju Kataldo *(Cataldo)* i sar. (241) bazalne vrednosti RMSSD i HF su negativno, a LF pozitivno korelirale sa vremenom potrebnim za završetak trke od 10 km među elitnim sportistima iz sportova izdržljivosti.

Nedavno su Hernando i sar. (242) koristeći metod zasnovan na integralnoj modulaciji pulsne frekvencije analizirali dinamiku VSF tokom submaksimalnog i maksimalnog inkrementalnog testa i u neposrednom oporavku na nesportistima. Tokom prve faze vežbanja dolazi do porasta u LFnu, a pada u HFnu. U fazi umerenog do intenzivnog vežbanja očit je porast HFnu uprkos PNS povlačenju usled mehaničkog efekta disanja. Tokom oporavka za očekivati je porast u LFnu, a pad u HFnu, s tim da je pad u HFnu nakon submaksimalnog testa procentualno manji.

Tulpo i sar. (243) su, sa druge strane, uočili pad u vrednostima LF i HF snage idući od uslova mirovnja ka vežbanju na laganom, odnosno umerenom intenzitetu, te zatim mali, ali značajan pad u LF idući od umerenog ka intenzivnom vežbanju, da bi, nadalje, tokom vežbanja, LF i HF vrednosti bile nepromenjene.

Suprotno rezultatima Hernanda i sar., Pober i sar. (244) su ispitivanjem na sličnoj populaciji nesportista identifikovali povećane vrednosti HFnu 1h nakon završetka inkrementalnog submaksimalnog testa na bicikl ergometru, dok je LFnu bio smanjen. Autori su pretpostavili da je slučaj takav da PNS ima veću relativnu ulogu u oporavku nakon submaksimalnog testa. Nedavno je utvrđeno da VLF i ULF takođe padaju shodno intenzitetu vežbanja (243).

Zaključak koji smo mi izveli jeste da oni koji dostižu bolje vrednosti na VO₂max testu imaju veću suprimiranost i nisko i visoko frekventnih spektralnih jačina. Dakle, što je spektar u miru i oporavku kod AE sportista bio zbijeniji, to su postignuti rezultati bili bolji. Slično, ali

ne istovetno sa njima važiolo je i za NS – niža ukupna snaga spektra u miru favorizovala je bolji rezultat VO₂max testa, ali uz naklonjenost dominaciji u niskofrekventnom opsegu.

ZAKLJUČAK

Ključni zaključci ovog rada su sledeći:

1. Sportisti angažovani u pretežno aerobnim sportovima ispoljavaju poželjniji autonomni profil u miru u odnosu na sportiste iz pretežno anaerobnih sportova i nesportiste.
2. Nema razlike u autonomnoj modulaciji tokom oporavka od testa za određivanje anaerobnog kapaciteta između pretežno aerobnih sportista, pretežno anaerobnih sportista i nesportista.
3. Nema razlike u autonomnoj modulaciji tokom oporavka od testa za određivanje maksimalnog aerobnog kapaciteta između pretežno aerobnih sportista, pretežno anaerobnih sportista i nesportista.
4. Sportisti iz pretežno anaerobnih sportova kod kojih je varijabilnost srčane frekvencije u miru bila snižena, pokazano kroz snižene vrednosti SDNN, lnLF i lnHF, dostizali su bolje rezultate na testu za određivanje anaerobnog kapaciteta – Vingejt test. Sportisti iz iste grupe kod kojih je u oporavku SNS bio više isprovociran, pokazano kroz izraženiji pad u SDNN, lnLF, lnHF, ostvarili su bolje rezultate na Vingejt testu.
5. Kod sportista iz pretežno aerobnih sportova oni koji su imali duži prosečan NN interval tokom mirovanja, ostvarili su bolje rezultate na inkrementalnom testu za određivanje aerobne potrošnje – VO_2max , pri čemu je brža progresija u vrednostima srčanog ritma tokom testa u negativnom odnosu sa opštom varijabilnošću srčane frekvencije. Sportisti iz ove grupe kod

kojih je apsolutna vrednost HF u oporavku od VO₂max testa bila veća imali su bolji rezultat na testu.

6. U grupi nesportista povoljnije vrednosti PNS obeležja (NNRR i pNN50) u miru dovode se u vezu sa slabijom progresijom srčanog ritma tokom testa, a kada je ukupna snaga VSF dominantno locirana u niskofrekventnom opsegu (LF, lnLF, LFnu) to direktno utiče na vrednosti VO₂pik/VO₂max.

7. Nema razlike u rezultatima WanT između sportista iz grupe dominantno anaerobnih i sportista iz grupe dominantno aerobnih sportova pri opterećenju koje iznosi 8% od telesne mase ispitanika. Pri istom opterećenju nesportisti dostižu vrednost pika snage sličnu sportistima iz pretežno aerobnih sportova.

8. Aktivno bavljenje takmičarskim sportom pozitivno utiče na vrednosti maksimalnog aerobnog kapaciteta, pri čemu sportisti iz sportova izdržljivosti postižu značajno više vrednosti na VO₂max testu na bicikl ergometru u odnosu na sportiste iz sportova brzine i snage. Moguće je da su za razvoj platoa u VO₂ i dostizanje HRmax neophodni inkrementi opterećenja veći od 25 W/min i broj revolucija veći od 60/min.

Želimo da istaknemo da su ispitivanja na temu primene VSF analize u sportu vrlo nezahvalna zbog nestandardizovanog pristupa. Ravnanje prema rezultatima u drugim studijama je, može se reći „neprikladno”, jer je nemoguće ispratiti mečovanje u populacijama zbog velikih varijacija u vrstama i tipovima ispitivanih sportova, u sportskom stažu, volumenu treninga, tipu treninga, nivou takmičenja itd., kao i u eksperimentalnom protokolu – doba dana,

trajanje registrovanja, telesni položaj, aparatura za registrovanje, da li je registrovanje u miru, tokom ili nakon fizičke aktivnosti, tip provokacionog testa i intenzitet na kom se izvodi itd. Nepobitno je da je VSF genijalan, neinvazivan metod za analizu sveukupne modulacije srčanog rada. Ipak, još uvek ne znamo tačno šta znače odgovori koje on daje. Postoji jedan nekonstruktivan balast radova iz ove oblasti, posebno u novije vreme koje prati sve veća primena nelinearnih metoda analize i definisanje novih, savremenijih parametara. Mišljenja smo da je potrebno revidirati i unaprediti postojeće preporuke sa posebnim akcentom na primenu u sportu, kako se naučna javnost ne bi gubila i tonula u moru informacija koje nas zapljuskuju.

LITERATURA:

1. Lundby C, Robach P. Performance enhancement: what are the physiological limits? *Physiology*. 2015;30(4):282–92.
2. Tucker R, Collins M. What makes champions? a review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *Br J Sports Med*. 2012;46(8):555–61.
3. Lippi G, Longo UG, Maffulli N. Genetics and sports. *Br Med Bull*. 2010;93(1):27–47.
4. Loos RJF, Hagberg JM, Perusse L, Roth SM, Sarzynski MA, Rankinen T, et al. Advances in exercise, fitness, and performance genomics in 2014. *Med Sci Sport Exerc*. 2015;47(6):1105–12.
5. Webborn N, Williams A, McNamee M, Bouchard C, Pitsiladis Y, Ahmetov I, et al. Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification: consensus statement. *Br J Sports Med*. 2015;49(23):1486–91.
6. Yang N, MacArthur DG, Gulbin JP, Hahn AG, Beggs AH, Eastal S, et al. ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*. 2003;73(3):627–31.
7. Lightfoot JT. Why control activity? evolutionary selection pressures affecting the development of physical activity genetic and biological regulation. *Biomed Res Int*. 2013;2013:1–10.
8. Williams AG, Folland JP. Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance. *J Physiol*. 2008;586(1):113–21.
9. Korshunov VA, Dyachenko IA, Murashev AN. Genetic determinants of heart rate variation and cardiovascular diseases. In: Puiu M, editor. *Genetic disorders*. InTech; 2013. p. 89–103.
10. Gourine A V, Ackland GL. Cardiac vagus and exercise. *Physiology*. 2018;34(1):71–80.

11. Knuttgen HG. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *J Strength Cond Res.* 2007;21(3):973–8.
12. Jones AM, Carter H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sport Med.* 2000;29(6):373–86.
13. Bogdanović D. Anatomija grudnog koša. 4th ed. Beograd: Savremena administracija d.d.; 1994. 186 p.
14. Stephenson RS, Agger P, Lunkenheimer PP, Zhao J, Smerup M, Niederer P, et al. The functional architecture of skeletal compared to cardiac musculature: myocyte orientation, lamellar unit morphology, and the helical ventricular myocardial band. *Clin Anat.* 2016;29(3):316–32.
15. Hall JE. *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology.* 12th ed. Saunders ELSEVIER; 2010. 1120 p.
16. VanPutte C, Regan J, Russo A. *Seeley's essentials of anatomy and physiology.* 9th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2016. 690 p.
17. Costanzo LS. *Physiology.* 5th ed. Hong Kong: Lippincot Williams & Wilkins; 2011. 314 p.
18. Stanford University. The history of the heart [Internet]. Stanford: Stanford University; c2018 [cited May 2018]. The history of the heart [about 2 screens]. Available from: <https://web.stanford.edu/class/history13/earlysciencelab/body/heartpages/heart.html>
19. Mohrman DE, Heller LJ. *Cardiovascular physiology.* 6th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc.; 2006. 256 p.
20. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. *Ganongov pregled medicinske fiziologije.* 25th ed. Don Vas; 2015. 753 p.
21. Priebe H-J, Skarvan K. *Cardiovascular physiology.* 2nd ed. Bristol: BMJ Books; 2000. 401 p.

22. Jespersen T. The cardiac ion channels. In: Breijo-Marquez FR, editor. Cardiac arrhythmias - new considerations. InTech; 2012. p. 45–72.
23. Han-Gang Y, Yen-Chang L. Biological pacemaker - main ideas and optimization. In: Mithilesh DR, editor. Modern pacemakers - present and future. InTech; 2011. p. 549–72.
24. den Haan DA, Verkerk AO, Tan HL. Creation of a biopacemaker: lessons from the sinoatrial node. In: Mithilesh DR, editor. Modern pacemakers - present and future. InTech; 2011. p. 495–526.
25. Pelosi A, Rubinstein J. Cardiac anatomy. In: Millis R, editor. Advances in electrocardiograms - methods and analysis. InTech; 2012. p. 390.
26. Tonhajzerova I, Ondrejka I, Turianikova Z, Javorka K, Calkovska A, Javorka M. Heart rate variability: an index of the brain-heart interaction. In: Yamada T, editor. Tachycardia. InTech; 2012. p. 202.
27. Levy MN. Neural and Reflex Control of the Circulation. Current Concepts in Cardiovascular Physiology. Academic Press, Inc.; 1990. 133–207 p.
28. Ilić A, Blagočić M, Malobabić S, Radonjić V, Prostran M, Toševski J. Anatomija centralnog nervnog sistema. 6th ed. Beograd: Savremena administracija a.d.; 2000. 228 p.
29. Graceli JB, Pedrosa DF, Gava AL. Neurohumoral control of heart rate. In: Breijo-Marquez FR, editor. Cardiac arrhythmias - new considerations. InTech; 2012. p. 534.
30. Armour JA, Murphy DA, Yuan BX, Macdonald S, Hopkins DA. Gross and microscopic anatomy of the human intrinsic cardiac nervous system. *Anat Rec*. 1997;247(2):289–98.
31. Birand A. Intrinsic cardiac ganglia. *Anadolu Kardiyol Derg*. 2008;8:451–4.
32. Gama EF, Santarem JM, Liberti EA, Filho WJ, de Souza RR. Exercise changes the

- size of cardiac neurons and protects them from age-related neurodegeneration. *Ann Anat.* 2010;192(1):52–7.
33. Karaganis S. Non-ultradian cardiac rhythms: circadian regulation of the heart. In: Vonend O, editor. *Aspects of pacemakers - functions and interactions in cardiac and non-cardiac indications.* InTech; 2011. p. 194.
 34. Barak O. *Dinamika oporavka i promenljivost srčane frekvence nakon fizičkog opterećenja: doktorska teza.* Medicinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu; 2010.
 35. Nagulic SM. *Kardiologija.* 1st ed. Protic D, Pijanovic P, editors. Beograd: Prosveta; 1991. 816 p.
 36. Manley MS, Manley LD. *medEssentials. High-yield USMLE Step 1 review.* 2nd ed. Reichert S, Rothstein R, editors. Kaplan, Inc.; 2008. 542 p.
 37. Li Y, Zhang X, Peng Y, Chen X. β -adrenergic system and cardiac physiology and pathophysiology. *Cardiovasc Pharmacol open access.* 2012;1(1):2–5.
 38. Ramirez-Correa GA, Murphy AM. Is phospholamban or troponin I the “prima donna” in β -adrenergic induced lusitropy? *Circ Res.* 2007;101(4):326–7.
 39. Conley A, Biddle C, Baker K. A tour of autonomic reflex activity relevant to clinical practice. *AANA J.* 2017;85(2):141–8.
 40. Abboud FM, Benson CJ. ASICs and cardiovascular homeostasis. *Neuropharmacology.* 2015;94:87–98.
 41. McCleskey EW. A molecular sensor for the baroreceptor reflex? *Neuron.* 2009;64(6):776–7.
 42. Chapleau MW. Baroreceptor reflexes. In: Robertson D, Biaggioni I, Burnstock G, Low PA, Paton JF, editors. *Primer on the autonomic nervous system.* 3rd ed. Elsevier Inc.; 2012. p. 161–5.
 43. Takagishi M, Gouraud S, Bhuiyan M, Kohsaka A, Maeda M, Waki H. Activation of

- histamine H 1 receptors in the nucleus tractus solitarii attenuates cardiac baroreceptor reflex function in rats. *Acta Physiol.* 2014;211(1):73–81.
44. Lozic M, Greenwood M, Šarenac O, Martin A, Hindmarch C, Tasic T, et al. Overexpression of oxytocin receptors in the hypothalamic PVN increases baroreceptor reflex sensitivity and buffers BP variability in conscious rats. *Br J Pharmacol.* 2014;171(19):4385–98.
 45. McMahon NC. Reflex vascular responses from aortic, carotid and coronary baroreceptors. Leeds (UK): The University of Leeds Research School of Medicine; 1997.
 46. Fahim M. Role of arterial baroreceptor reflex in controlling circulation. *Curr Sci.* 1998;75(5):443–50.
 47. Swenne CA. Baroreflex sensitivity: mechanisms and measurement. *Netherlands Hear J.* 2013;21(2):58–60.
 48. La Rovere MT, Pinna GD, Raczak G. Baroreflex sensitivity: measurement and clinical implications. *Ann noninvasive Electrocardiol.* 2008;13(2):191–207.
 49. Reyes Del Paso GA, Gonzalez MI, Hernandez JA. Comparison of baroreceptor cardiac reflex sensitivity estimates from inter-systolic and ECG R-R intervals. *Psychophysiology.* 2010;47(6):1102–8.
 50. Reyes Del Paso GA, Hernandez JA, Gonzalez MI. Differential evaluation of the baroreceptor cardiac reflex effectiveness as a function of sequence length. *Int J Psychophysiol.* 2006;59(2):91–6.
 51. Crystal GJ, Salem MR. The Bainbridge and the “reverse” Bainbridge reflexes: history, physiology, and clinical relevance. *Anesth Analg.* 2012;114(3):520–32.
 52. Kutzt-Buschbeck JP, Schaefer J, Wilder N. Mechanosensitivity: from Aristotle’s sense of touch to cardiac mechano-electric coupling. *Prog Biophys Mol Biol.* 2017;130:126–

- 31.
53. Lopez-Barneo J, Ortega-Saenz P, Gonzalez-Rodriguez P, Fernandez-Aguera MC, Macias D, Pardal R, et al. Oxygen-sensing by arterial chemoreceptors: mechanisms and medical translation. *Mol Aspects Med.* 2016;47–48:90–108.
54. Siebenmann C, Lundby C. Regulation of cardiac output in hypoxia. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:53–9.
55. Santillo E, Migale M, Fallavollita L, Marini L, Balestrini F. Electrographic analysis of heart rate variability in aging heart. In: Millis R, editor. *Advances in electrocardiograms - methods and analysis.* InTech; 2012. p. 20.
56. Ribeiro G dos S, Neves VR, Deresz LF, Melo RD, Dal Lago P, Karsten M. Can RR intervals editing and selection techniques interfere with the analysis of heart rate variability? *Brazilian J Phys Ther.* 2018; 112:1-8.
57. Sala R, Malacarne M, Solaro N, Pagani M, Lucini D. A composite autonomic index as unitary metric for heart rate variability: a proof of concept. *Eur J Clin Invest.* 2017;47(3):241–9.
58. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996;93:1043–65.
59. Makivic B, Djordjevic-Nikic M, Willis MS. Heart rate variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. *J Exerc Physiol.* 2013;16(3):103–31.
60. Karim N, Ara Hasan J, Sanowar Ali S. Heart rate variability : a review. *J Basic Appied Sci.* 2011;7(1):71–7.
61. da Silva E, Rebelo ACS, Tamburus NY, Salviati MR, Santos MCS, Zuttin RS. Spectral analysis of heart rate variability in women. In: Salih S, editor. *Fourier*

- transform applications. InTech; 2012. p. 29.
62. Litscher G, Litscher D. “Fire of life” analysis of heart rate variability during alpine skiing in Austria. *N Am J Med Sci.* 2010;2(6):258–62.
 63. Billman GE, Huikuri H V, Sacha J, Trimmel K. An introduction to heart rate variability : methodological considerations and clinical applications. *Front Physiol.* 2015;6(February):1–3.
 64. Dong JG. The role of heart rate variability in sports physiology (Review). *Exp Ther Med.* 2016;11(5):1531–6.
 65. Sassi R, Cerutti S, Lombardi F, Malik M, Huikuri H V, Peng C-K, et al. Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC working group and the European heart rhythm association co-endorsed by the Asia Pacific heart rhythm society. *Europace.* 2015;17(9):1341–53.
 66. Georgiou K, Larentzakis A V., Khamis NN, Alsuhaibani GI, Alaska YA, Giallafos EJ. Can wearable devices accurately measure heart rate variability? A systematic review. *Folia Med.* 2018;60(1):7–20.
 67. Sandercock GRH, Brodie DA. The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scand J Med Sci Sport.* 2006;16(5):302–13.
 68. Da Silva VP, De Oliveira NA, Silveira H, Mello RGT, Deslandes AC. Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: a systematic review. *Ann Noninvasive Electrocardiol.* 2014:1–11.
 69. Buchheit M, Chivot A, Parouty J, Mercier D, Al Haddad H, Laursen PB, et al. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(6):1153–67.
 70. Sarmiento S, Garcia-Manso JM, Martin-Gonzalez JM, Vaamonde D, Calderon J, Da Silva-Grigoletto ME. Heart rate variability during high-intensity exercise. *J Syst Sci*

- Complex. 2013;26(1):104–16.
71. Sumi K, Suzuki S, Matsubara M, Ando Y, Kobayashi F. Heart rate variability during high-intensity field exercise in female distance runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(5):314–20.
 72. Abad C, Kobal R, Kitamura K, Gil S, Pereira L, Loturco I, et al. Heart rate variability in elite sprinters: effects of gender and body position. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017;37(4):442–7.
 73. Lee CM, Mendoza A. Dissociation of heart rate variability and heart rate recovery in well-trained athletes. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(7):2757–66.
 74. Abad CCC, do Nascimento AM, Gil S, Kobal R, Loturco I, Nakamura FY, et al. Cardiac autonomic control in high level Brazilian power and endurance track-and-field athletes. *Int J Sports Med*. 2014;35:772–8.
 75. Cysarz D, Linhard M, Edelhauser F, Langler A, Van Leeuwen P, Henze G, et al. Unexpected course of nonlinear cardiac interbeat interval dynamics during childhood and adolescence. *PLoS One*. 2011 Jan [cited 2014 Dec 3];6(5):1–9.
 76. Shim SH, Park S-Y, Moon SN, Oh JH, Lee JY, Kim HH, et al. Baseline heart rate variability in children and adolescents with vasovagal syncope. *Korean J Pediatr*. 2014 Apr;57(4):193–8.
 77. Porta A, Faes L, Bari V, Marchi A, Bassani T, Nollo G, et al. Effect of age on complexity and causality of the cardiovascular control: comparison between model-based and model-free approaches. *PLoS One*. 2014;9(2):1–14.
 78. Danieli A, Lusa L, Potocnik N, Meglic B, Grad A, Bajrovic FF. Resting heart rate variability and heart rate recovery after submaximal exercise. *Clin Auton Res*. 2014;24(2):53–61.
 79. Kiss O, Sydo N, Vargha P, Vago H, Czimbalmos C, Edes E, et al. Detailed heart rate

- variability analysis in athletes. *Clin Auton Res.* 2016;26(4):245–52.
80. Sharma S, Drezner JA, Baggish A, Papadakis M, Wilson MG, Prutkin JM, et al. International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(8):1057–75.
81. Drezner JA, Fischbach P, Froelicher V, Marek J, Pelliccia A, Prutkin JM, et al. Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med.* 2013;47(3):125–36.
82. Higgins JP. Normal resting electrocardiographic variants in young athletes. *Phys Sportsmed.* 2008;36(1):69–75.
83. Prakash K, Sharma S. Interpretation of the electrocardiogram in athletes. *Can J Cardiol.* 2016;32(4):438–51.
84. Dimkpa U. Post-exercise heart rate recovery: an index of cardiovascular fitness. *J Exerc Physiol.* 2009;12(1):10–22.
85. Galy O, Ben Zoubir S, Hambli M, Chaouachi A, Hue O, Chamari K. Relationships between heart rate and physiological parameters of performance in top-level water polo players. *Biol Sport.* 2014;31(1):33–8.
86. Triposkiadis F, Ghiokas S, Skoularigis I, Kotsakis a., Giannakoulis I, Thanopoulos V. Cardiac adaptation to intensive training in prepubertal swimmers. *Eur J Clin Invest.* 2002;32(1):16–23.
87. Lamberts RP, Rietjens GJ, Tjindink HH, Noakes TD, Lambert MI. Measuring submaximal performance parameters to monitor fatigue and predict cycling performance: a case study of a world-class cyclo-cross cyclist. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(1):183–90.
88. Brown SJ, Brown JA. Heart rate variability and ventilatory efficiency. *Int J Sports Med.* 2009;30(7):496–502.

89. Milan LA, Gallo-Junior L, Szrajer JS, Lima-Filho EC, Wanderley JS, Chacon-Mikahil MPT, et al. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. *Brazilian J Med Biol Res.* 2002;35(6):741–52.
90. 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(5):1055–9.
91. Goulopoulou S, Heffernan KS, Fernhall B, Yates G, Baxter-Jones ADG, Unnithan VB. Heart rate variability during recovery from a Wingate test in adolescent males. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(5):875–81.
92. Daniłowicz-Szymanowicz L, Raczak G, Szwoch M, Ratkowski W, Torunski AB. The effect of anaerobic and aerobic tests on autonomic nervous system activity in healthy young athletes. *Biol Sport.* 2010;27(1):65–9.
93. Millar PJ, Rakobowchuk M, McCartney N, MacDonald MJ. Heart rate variability and nonlinear analysis of heart rate dynamics following single and multiple Wingate bouts. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34(5):875–83.
94. Stuckey MI, Tordi N, Mourot L, Gurr LJ, Rakobowchuk M, Millar PJ, et al. Autonomic recovery following sprint interval exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22(6):756–63.
95. Cunha FA, Midgley AW, Goncalves T, Soares PP, Farinatti P. Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. *Springerplus.* 2015;4(100):1–9.
96. Radtke T, Khattab K, Brugger N, Eser P, Saner H, Wilhelm M. High-volume sports club participation and autonomic nervous system activity in children. *Eur J Clin Invest.* 2013;43(8):821–8.

97. Bricout VA, DeChenaud S, Favre-Juvin A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: The effects of sport activity. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2010;154(1–2):112–6.
98. Vesterinen V, Hakkinen K, Hynynen E, Mikkola J, Hokka L, Nummela A. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23(2):171–80.
99. Kaikkonen P, Nummela A, Rusko H. Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *Eur J Appl Physiol.* 2007;102(1):79–86.
100. Schmitt L, Regnard J, Desmarests M, Mauny F, Mourrot L, Fouillot JP, et al. Fatigue shifts and scatters heart rate variability in elite endurance athletes. *PLoS One.* 2013;8(8):1–9.
101. Lehmann M, Foster C, Dickhuth HH, Gastmann U. Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(7):1140–5.
102. Gisselman AS, Baxter GD, Wright A, Hegedus E, Tumilty S. Musculoskeletal overuse injuries and heart rate variability: is there a link? *Med Hypotheses.* 2016;87:1–7.
103. Francavilla CV, Sessa F, Salerno M, Albano GD, Villano I, Messina G, et al. Influence of football on physiological cardiac indexes in professional and young athletes. *Front Physiol.* 2018;9(Feb):1–8.
104. Haykowsky MJ, Samuel TJ, Nelson MD, La Gerche A. Athlete’s heart: is the Morganroth hypothesis obsolete? *Hear Lung Circ.* 2018;27(9):1037–41.
105. Cantrell GS, Schilling BK, Paquette MR, Murlasits Z. Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(4):763–71.
106. Nader GA. Concurrent strength and endurance training: from molecules to man. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(11):1965–70.

107. Bosquet L, Leger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sport Med.* 2002;32(11):675–700.
108. Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for physiological considerations. *Sport Med.* 2004;34(3):165–80.
109. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45(8):1364–7.
110. Greenhaff PL, Timmons JA. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. *Exerc Sport Sci Rev.* 1998;26:1–30.
111. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sport Med.* 2001;31(10):725–41.
112. MacDougall DJ, Wenger HA, Green HJ, editors. *Physiological testing of the high performance athlete.* 2nd ed. Champaign: Human Kinetics Books; 1991.
113. Wilson JM, Loenneke JP, Jo E, Wilson GJ, Zourdos MC, Kim J-S. The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. *J Strength Cond Res.* 2012;26(6):1724–9.
114. Noordhof DA, Skiba PF, de Koning JJ. Determining anaerobic capacity in sporting activities. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(5):475–82.
115. Siahkouhian M, Khodadadi D, Shahmoradi K. Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic indices: comparison of physically active and inactive men. *Sci Sports.* 2013;28(5):119–25.
116. Klisuras V. *Osnovi sportske fiziologije.* Beograd: Propaganda Jovanović; 2013.
117. Chan HCK, Fong DTP, Lee JWY, Yau QKC, Yung PSH, Chan KM. Power and endurance in Hong Kong professional football players. *Asia-Pacific J Sport Med Arthrosc Rehabil Technol.* 2016;5:1–5.
118. Raymundo ACG, Pernambuco CS, De Oliveira Brum RD, Castro JBP De, De Oliveira

- FB, Da Gama DRN, et al. Evaluation of strength, agility and aerobic capacity in Brazilian football players. *Biomed Hum Kinet.* 2018;10(1):25–30.
119. Australian Institute of Sports [Internet]. Bruce: Australian Sports Commission; c2015 [cited Dec 2015]. ABCD classification system; [about 5 screens]. Available from: <http://www.vicphysics.org/documents/events/stav2005/spectrum.JPG>
120. World anti-doping agency [Internet]. Montreal: WADA; 2015 [cited Dec 2015]. c2015 List of prohibited substances and methods; [about 2 screens]. Available from: <http://list.wada-ama.org/>
121. British Cardiovascular Society, Society for Cardiological Science and Technology. Clinical guidelines by consensus Recording a standard 12-lead electrocardiogram An Approved Methodology. London (UK): British Cardiovascular Society; 2013.
122. Corrado D, Pelliccia A, Heidbuchel H, Sharma S, Link M, Basso C, et al. Recommendations for interpretation of 12-lead electrocardiogram in the athlete. *Eur Heart J.* 2010;31(2):243–59.
123. Uberoi A, Stein R, Perez MV, Freeman J, Wheeler M, Dewey F, et al. Interpretation of the electrocardiogram of young athletes. *Circulation.* 2011;124(6):746–57.
124. Dezner JA, Ackerman MJ, Anderson J, Ashley E, Asplund CA, Baggish AL, et al. Electrocardiographic interpretation in athletes the “Seattle Criteria.” *Br J Sports Med.* 2013;47(3):122–4.
125. Bar-Or O, Dotan R, Inbar O. A 30 seconds all out ergometric test: its reliability and validity for anaerobic capacity. *Isr J Med Sci.* 1977;113:226–30.
126. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test An update od methodology, reliability and validity. *Sport Med.* 1987;4(6):381–94.
127. Dotan R, Bar-Or O. Applied physiology load optimization for the Wingate anaerobic test. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1983;51:409–17.

128. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;167(10):211–77.
129. Farzaneh Hesari A, Mirzaei B, Mahdavi Ortakand S, Rabienejad A, Nikolaidis PT. Relationship between aerobic and anaerobic power, and special judo fitness test (SJFT) in elite Iranian male judokas. *Apunt Med l'Esport.* 2014;49(181):25–9.
130. Andreato LV, Lara FJD, Andrade A, Branco BHM. Physical and physiological profiles of Brazilian jiu-jitsu athletes: a systematic review. *Sport Med - Open.* 2017;3(9):1–17.
131. Kusy K, Zielinski J. Aerobic capacity in speed-power athletes aged 20-90 years vs endurance runners and untrained participants. *Scand J Med Sci Sport.* 2014;24(1):68–79.
132. Elliott MCCW, Wagner PP, Chiu L. Power athletes and distance training: physiological and biomechanical rationale for change. *Sport Med.* 2007;37(1):47–57.
133. Badawy MM, Muaidi QI. Cardio respiratory response: validation of new modifications of Bruce protocol for exercise testing and training in elite Saudi triathlon and soccer players. *Saudi J Biol Sci.* 2017;1–7.
134. Naser N, Ali A, Macadam P. Physical and physiological demands of futsal. *J Exerc Sci Fit.* 2017;15(2):76–80.
135. Suzic Lazic J, Dekleva M, Soldatovic I, Leischik R, Suzic S, Radovanovic D, et al. Heart rate recovery in elite athletes: the impact of age and exercise capacity. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2017;37(2):117–23.
136. Durmic T, Djelic M, Lovic D, Gavrilovic T, Cirkovic A, Zdravkovic M. Body composition, blood pressure and cardiorespiratory functional capacity in elite athletes. *Sci Sport.* 2017;32(3):81–91.
137. Ronnestad BR, Hansen J, Hollan I, Ellefsen S. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scand J Med Sci Sport.* 2015;25(1):89–98.

138. Jakovljević V, Dikić N, editors. *Sportska medicina*. Kragujevac: Inter print; 2016.
139. Saboul D, Pialoux V, Hautier C. The breathing effect of the LF/HF ratio in the heart rate variability measurements of athletes. *Eur J Sport Sci*. 2014;14 Suppl 1:S282-8.
140. Lucini D, Marchetti I, Spataro A, Malacarne M, Benzi M, Tamorri S, et al. Heart rate variability to monitor performance in elite athletes: criticalities and avoidable pitfalls. *Int J Cardiol*. 2017;240:307–12.
141. Jimenez Morgan S, Molina Mora JA. Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance, a systematic review. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2017;42(3):235–45.
142. Saboul D, Pialoux V, Hautier C. The impact of breathing on HRV measurements: implications for the longitudinal follow-up of athletes. *Eur J Sport Sci*. 2013;13(5):534–42.
143. Lurbe E, Agabiti-Rosei E, Cruickshank JK, Dominiczak A, Erdine S, Hirth A, et al. 2016 European society of hypertension guidelines for the management of high blood pressure in children and adolescents. Vol. 34, *Journal of Hypertension*. 2016. 1–34 p.
144. Williams B, Mancia G, Spiering W, Rosei E, Azizi M, Burnier M, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. Vol. 39, *European Heart Journal*. 2018. 3021–3104 p.
145. Lazovic B, Mazic S, Suzic-Lazic J, Djelic M, Djordjevic-Saranovic S, Durmic T et al. Respiratory adaptations in different types of sport. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015;19(12):2269–74.
146. Twisk JWR, Staal BJ, Brinkman MN, Kemper HCG, Van Mechelen W. Tracking of lung function parameters and the longitudinal relationship with lifestyle. *Eur Respir J*.

- 1998;12(3):627–34.
147. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J*. 2012;40(6):1324–43.
 148. Eston R, Reilly T, editors. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual: tests, procedures and data. Volume 2: exercise physiology*. 2nd ed. London: Routledge; 2001. 379 p.
 149. Baquet G, Van Praagh E, Berthoin S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sport Med*. 2003;33(15):1127–43.
 150. Julio UF, Panissa VLG, Shiroma SA, Franchini E. Effect of protocol manipulation for determining maximal aerobic power on a treadmill and cycle ergometer: a brief review. *Strength Cond J*. 2017;39(5):58–71.
 151. Faria EW, Parker DL, Faria IE. The Science of cycling. *Physiology and training – part 1*. *Sport Med*. 2005;35(4):285–312.
 152. Scribbans TD, Edgett BA, Vorobej K, Mitchell AS, Joannis SD, Matusiak JBL, et al. Fibre-specific responses to endurance and low volume high intensity interval training: Striking similarities in acute and chronic adaptation. *PLoS One*. 2014;9(6).
 153. Suriano R, Bishop D. Physiological attributes of triathletes. *J Sci Med Sport*. 2010;13(3):340–7.
 154. Michael JS, Rooney KB, Smith R. The metabolic demand of kayaking: a review. *J Sport Sci Med*. 2008;7(October 2007):1–7.
 155. Nalcakan GR. The effects of sprint interval vs . continuous endurance training on physiological and metabolic adaptations in young healthy adults. *J Hum Kinet*. 2014;44(December):97–109.
 156. Sbriccoli P, Bazzucchi I, Di Mario A, Marzattinocci G, Felici F. Assessment of

- maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian olympic judoka. *J Strength Cond Res.* 2007;21(3):738–44.
157. Beneke R, Pollmann C, Bleif I, Leithauser RM, Hutler H. How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? *Eur J Appl Physiol.* 2002;87(4–5):388–92.
 158. Bell W, Cobner DM. Effect of individual time to peak power output on the expression of peak power output in the 30-s Wingate anaerobic test. *Int J Sports Med.* 2007;28(2):135–9.
 159. Gharbi Z, Dardouri W, Haj-Sassi R, Chamari K, Souissi N. Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biol Sport.* 2015;32(3):207–12.
 160. Zupan MF, Arata AW, Dawson LH, Wile AL, Payn TL, Hannon ME. Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *J strength Cond Res.* 2009;23(9):2598–604.
 161. Cottin F, Durbin F, Papelier Y. Heart rate variability during cycloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(2–3):177–84.
 162. Paquette M, Le Blanc O, Lucas SJE, Thibault G, Bailey DM, Brassard P. Effects of submaximal and supramaximal interval training on determinants of endurance performance in endurance athletes. *Scand J Med Sci Sport.* 2017;27(3):318–26.
 163. Al-Hazzaa HM, Almuzaini KS, Al-Refae SA, Sulaiman MA, Dafterdar MY, Al-Ghamedi A, et al. Aerobic and anaerobic power characteristics of Saudi elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001;41(1):54–61.
 164. Mangine RE, Noyes FR, Mullen MP, Barber SD. A Physiological Profile of the Elite Soccer Athlete. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2013;12(4):147–52.
 165. Klasnja A, Drapsin M, Lukac D, Drid P, Obadov S, Grujic N. Comparative analysis of

- two different methods of anaerobic capacity assessment in sedentary young men. *Vojn Pregl.* 2010;67(3):220–4.
166. Rankovic G, Radovanovi D, Rankovic B. Comparison of anaerobic mean and peak power outputs in preadolescent boys and adult males. *Med Biol.* 2007;14(1):38–42.
167. Ucok K, Gokbel H, Okudan N. The load for the Wingate test: according to the body weight or lean body mass. *Eur J Gen Med.* 2005;2(1):10–3.
168. Caramoci A, Ionescu AM, Nica AS, Mazilu V. The influence of specific training on explosive power in top athletes. In: *The European proceedings of social & behavioural sciences EpSBS.* 2015. p. 1–7.
169. Ozan M, Kilic M, Cakmakci O. Assessment of anaerobic power with arm and leg Wingate tests in athletes. *Eur J Phys Educ Sport Sci.* 2018;4(3):49–60.
170. Arslan E, Aras D. Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(4):1325–9.
171. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sport Med.* 2003;33(7):517–38.
172. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sport Med.* 2003;33(12):889–919.
173. Molina GE, Porto LGG, Fontana KE, Junqueira LF. Unaltered R-R interval variability and bradycardia in cyclists as compared with non-athletes. *Clin Auton Res.* 2013;23(3):141–8.
174. Shaffer F, Ginsberg JP. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front Public Heal.* 2017;5(September):1–17.
175. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol.*

- 2014;5(September):1–19.
176. Berkoff DJ, Cairns CB, Sanchez LD, Moorman CT. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):227–31.
 177. Iwasaki K-I, Zhang R, Zuckerman JH, Levine BD. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *J Appl Physiol.* 2003;95(4):1575–83.
 178. Da Silva DF, Verri SM, Nakamura FY, Machado FA. Longitudinal changes in cardiac autonomic function and aerobic fitness indices in endurance runners: a case study with a high-level team. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(5):443–51.
 179. Cornelissen VA, Verheyden B, Aubert AE, Fagard RH. Effects of aerobic training intensity on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart-rate variability. *J Hum Hypertens.* 2010;24(3):175–82.
 180. Leti T, Bricout VA. Interest of analyses of heart rate variability in the prevention of fatigue states in senior runners. *Auton Neurosci Basic Clin.* 2013;173(1–2):14–21.
 181. Uusitalo ALT, Laitinen T, Vaisanen SB, Lansimies E, Rauramaa R. Physical training and heart rate and blood pressure variability: a 5-yr randomized trial. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;286(5):H1821–6.
 182. Martinmaki K, Hakkinen K, Mikkola J, Rusko H. Effect of low-dose endurance training on heart rate variability at rest and during an incremental maximal exercise test. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104(3):541–8.
 183. Plews DJ, Laursen PB, Kilding AE, Buchheit M. Heart-rate variability and training-intensity distribution in elite rowers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(6):1026–32.
 184. Gomez-Extremera M, Bernaola-Galvan PA, Vargas S, Benitez-Porres J, Carpena P, Romance AR. Differences in nonlinear heart dynamics during rest and exercise and for different training. *Physiol Meas.* 2018;39(8):1–10.

185. Proietti R, di Fronso S, Pereira LA, Bortoli L, Robazza C, Nakamura FY, et al. Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2017;31(6):1719–25.
186. Sandbakk O. Practical implementation of strength world-class cross-country skiers. *Kinesiology.* 2018;50 Suppl 1:155–62.
187. Plews DJ, Laursen PB, Stanley J, Kilding AE, Buchheit M. Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sport Med.* 2013;43(9):773–81.
188. Coates AM, Hammond S, Burr JF. Investigating the use of pre-training measures of autonomic regulation for assessing functional overreaching in endurance athletes. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(7):965–74.
189. Schmitt L, Regnard J, Desmarests M, Mauny F, Mourot L, Fouillot J-P, et al. Fatigue shifts and scatters heart rate variability in elite endurance athletes. *PLoS One.* 2013;8(8):1–9.
190. Morales J, Alamo JM, Garcia-Masso X, Busca B, Lopez JL, Serra-Ano P, et al. Use of heart rate variability in monitoring stress and recovery in judo athletes. *J Strength Cond Res.* 2014;28(7):1896–905.
191. Plews DJ, Laursen PB, Kilding AE, Buchheit M. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? a case comparison. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(11):3729–41.
192. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation.* 2002;105(23):2719–24.
193. Nunan D, Sandercock GRH, Brodie DA. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *PACE - Pacing Clin*

- Electrophysiol. 2010;33(11):1407–17.
194. Hulsegge G, Gupta N, Proper KI, van Lobenstein N, Ijzelenberg W, Hallman DM, et al. Shift work is associated with reduced heart rate variability among men but not women. *Int J Cardiol.* 2018;258:109–14.
 195. Loimaala A, Sievanen H, Laukkanen R, Parkka J, Vuori I, Huikuri H. Accuracy of a novel real-time microprocessor QRS detector for heart rate variability assessment. *Clin Physiol.* 1999;19(1):84–8.
 196. Weippert M, Kumar M, Kreuzfeld S, Arndt D, Rieger A, Stoll R. Comparison of three mobile devices for measuring R-R intervals and heart rate variability: Polar S810i, Suunto t6 and an ambulatory ECG system. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(4):779–86.
 197. Roach D, Sheldon R. Origins of the power of the low frequency heart rate variability bandwidth. *J Electrocardiol.* 2018;51(3):422–7.
 198. Cornell DJ, Paxon JL, Caplinger RA, Seligman JR, Davis NA, Ebersole KT. Resting heart rate variability among professional baseball starting pitchers. *J Strength Cond Res.* 2017;31(3):575–81.
 199. Moreno J, Ramos-Castro J, Rodas G, Tarrago JR, Capdevila L. Individual recovery profiles in basketball players. *Span J Psychol.* 2015;18(e24):1–10.
 200. Guerra ZF, Pecanha T, Moreira DN, Silva LP, Laterza MC, Nakamura FY, et al. Effects of load and type of physical training on resting and postexercise cardiac autonomic control. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014;34(2):114–20.
 201. Henriquez Olguin C, Baez San Martin E, Von Oetinger A, Canas Jamett R, Ramirez Campillo R. Autonomic control of heart rate after exercise in trained wrestlers. *Biol Sport.* 2013;30(2):111–5.
 202. Pecanha T, de Paula-Ribeiro M, Nasario-Junior O, de Lima JRP. Post-exercise heart rate variability recovery: a time-frequency analysis. *Acta Cardiol.* 2013;68(6):607–13.

203. Weberruss H, Maucher J, Oberhoffer R, Muller J. Recovery of the cardiac autonomic nervous and vascular system after maximal cardiopulmonary exercise testing in recreational athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):205–11.
204. Niewiadomski W, Gasiorowska A, Krauss B, Mroz A, Cybulski G. Suppression of heart rate variability after supramaximal exertion. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2007;27(5):309–19.
205. Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri H V. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol.* 2003;21(2):238–45.
206. Arai Y, Saul J, Albrecht P, Hartley L, Lilly L, Cohen R, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol.* 1989;256(1 Pt 2):H132-41.
207. Michael S, Jay O, Graham KS, Davis GM. Influence of exercise modality on cardiac parasympathetic and sympathetic indices during post-exercise recovery. *J Sci Med Sport.* 2018;21(10):1079–84.
208. Esco MR, Williford HN, Flatt AA, Freeborn TJ, Nakamura FY. Ultra-shortened time-domain HRV parameters at rest and following exercise in athletes: an alternative to frequency computation of sympathovagal balance. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):175–84.
209. Nakamura FY, Flatt AA, Pereira LA, Ramirez-Campillo R, Loturco I, Esco MR. Ultra-short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *J Sports Sci Med.* 2015;14(3):602–5.
210. Esco MR, Flatt AA. Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *J Sport Sci Med.* 2014;13(3):535–41.

211. Flatt AA, Esco MR. Heart rate variability stabilization in athletes: towards more convenient data acquisition. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;36(5):331–6.
212. Pecanha T, Bartels R, Brito LC, Paula-Ribeiro M, Oliveira RS, Goldberger JJ. Methods of assessment of the post-exercise cardiac autonomic recovery: a methodological review. *Int J Cardiol*. 2017;227:795–802.
213. Nakamura FY, Soares-Caldeira LF, Laursen PB, Polito MD, Leme LC, Buchheit M. Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. *Int J Sports Med*. 2009;30(11):808–13.
214. Barak OF, Ovcin ZB, Jakovljevic DG, Lozanov-Crvenkovic Z, Brodie DA, Grujic NG. Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *J Sport Sci Med*. 2011;10(2):369–75.
215. Barak OF, Jakovljevic DG, Popadic Gacesa JZ, Ovcin ZB, Brodie DA, Grujic NG. Heart rate variability before and after cycle exercise in relation to different body positions. *J Sports Sci Med*. 2010;9(2):176–82.
216. Valenzuela PL, Sanchez-Martinez G, Torrentegi E, Montalvo Z, Lucia A, de la Villa P. Enhanced external counterpulsation and short-term recovery from high intensity interval training. *Int J Physiol Perform*. 2018;13(8):1100–6.
217. Kaikkonen P, Rusko H, Martinmaki K. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scand J Med Sci Sport*. 2008;18(4):511–9.
218. Martinmaki K, Rusko H. Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102(3):353–60.
219. Kaikkonen P, Hynynen E, Mann T, Rusko H, Nummela A. Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *Eur J Appl Physiol*.

- 2010;108(3):435–42.
220. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes. *Med Sci Sport Exerc.* 2007;39(8):1366–73.
 221. Rave G, Fortrat JO. Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(8):1575–82.
 222. Goldberger JJ, Le FK, Lahiri M, Kannankeril PJ, Ng J, Kadish AH. Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2006;290(6):H2446–52.
 223. Boettger S, Puta C, Yeragani VK, Donath L, Muller HJ, Gabriel HHW, et al. Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(3):443–8.
 224. Fontollet T, Pichot V, Bringard A, Fagoni N, Adami A, Tam E, et al. Testing the vagal withdrawal hypothesis during light exercise under autonomic blockade: a heart rate variability study. *J Appl Physiol.* 2018;125(6):1804–11.
 225. 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. *JACC.* 1994;24(6):1529–35.
 226. Buchheit M, Papelier Y, Laursen PB, Ahmaidi S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *Am J Physiol Circ Physiol.* 2007;293(1):H8–10.
 227. Nakamura FY, Pereira LA, Esco MR, Flatt AA, Moraes JE, Cal Abad CC, et al. Intraday and interday reliability of ultra-short-term heart rate variability in rugby union players. *J Strength Cond Res.* 2016;31(2):548–51.
 228. Schmitt L, Regnard J, Millet GP. Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes: an avenue beyond RMSSD? *Front Physiol.* 2015;6(NOV):1–3.

229. Molina GE, Fontana KE, Porto LGG, Junqueira LF. Post-exercise heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clin Auton Res.* 2016;26(6):415–21.
230. Stewart JM. Mechanisms of sympathetic regulation in orthostatic intolerance. *J Appl Physiol.* 2012;113(10):1659–68.
231. del Paso GAR, Langewitz W, Mulder LJM, van Roon A, Duschek S. The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: a review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology.* 2013;50(5):477–87.
232. Pereira LA, Flatt AA, Ramirez-Campillo R, Loturco I, Nakamura FY. Assessing shortened field-based heart-rate-variability-data acquisition in team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11(2):154–8.
233. Merati G, Maggioni MA, Invernizzi PL, Ciapparelli C, Agnello L, Veicsteinas A, et al. Autonomic modulations of heart rate variability and performances in short-distance elite swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(4):825–35.
234. Koenig J, Jarczok MN, Wasner M, Hillecke TK, Thayer JF. Heart rate variability and swimming. *Sport Med.* 2014;44(10):1377–91.
235. Campos BT, Penna EM, Rodrigues JGS, Diniz M, Mendes TT, Filho AFC, et al. Influence of autonomic control on the specific intermittent performance of judo athletes. *J Hum Kinet.* 2018;64(1):99–109.
236. Gonzalez-Camarena R, Carrasco-Sosa S, Roman-Ramos R, Gaitan-Gonzalez M, Medina-Banuelos V, Azpiros-Leehan J. Effect of static and dynamic exercise on heart rate and blood pressure variabilities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(10):1719–28.
237. Nakamura Y, Yamamoto Y, Muraoka I. Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. *J Appl Physiol.* 1993;74(2):875–81.

238. Oida E, Moritani T, Yamori Y. Tone-entropy analysis on cardiac recovery after dynamic exercise. *J Appl Physiol.* 1997;82(6):1794–801.
239. Perini R, Orizio C, Baselli G, Cerruti S, Veicsteinas A. The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol.* 1990;61(1–2):143–8.
240. Warren J, Jaffe R, Wraa C, Stebbins C. Effect of autonomic blockade on power spectrum of heart rate variability during exercise. *Am J Physiol Integr Comp Physiol.* 1997;273(2 Pt 2):R495–502.
241. Cataldo A, Bianco A, Paoli A, Cerasola D, Alagna S, Messina G, et al. Resting sympatho-vagal balance is related to 10 km running performance in master endurance athletes. *Eur J Transl Myol.* 2018;28(1):79–86.
242. Hernando D, Hernando A, Casajus JA, Laguna P, Garatachea N, Bailon R. Methodological framework for heart rate variability analysis during exercise: application to running and cycling stress testing. *Med Biol Eng Comput.* 2018;56(5):781–94.
243. Hunt KJ, Saengsuwan J. Changes in heart rate variability with respect to exercise intensity and time during treadmill running. *Biomed Eng Online.* 2018;17(1):1–12.
244. Pober DM, Braun B, Freedson PS. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(7):1140–8.

PRILOG:

INTERNACIONALNI UPITNIK ZA PROCENU FIZIČKE AKTIVNOSTI (INTERNATIONAL PHYSICAL ACTIVITY QUESTIONARY, IPAQ)

Zainteresovani smo da saznamo kakvim se fizičkim aktivnostima ljudi bave u svakodnevnom životu. Biće vam postavljena pitanja o količini vremena koje vi provodite u fizičkim aktivnostima u **poslednjih 7 dana**. Molim vas odgovorite na pitanja čak i ukoliko sebe ne smatrate fizički aktivnom osobom. Razmislite o tipu aktivnosti kojom se bavite na poslu, kod kuće, na vikendici, o putovanju od jednog mesta do drugog (npr. kuća-posao), o načinu provođenja slobodnog vremena na rekreaciji, vežbi ili sportu.

Razmislite o svim **teškim** aktivnostima kojima ste se bavili u **poslednjih 7 dana**. Pod **teškim** fizičkim aktivnostima misli se na aktivnosti koje su zahtevale veliki napor i zbog kojih ste počeli otežano da dišete. U obzir dolaze samo one aktivnosti koje ste vršili najmanje 10 minuta svojevremeno.

1. Tokom **poslednjih 7 dana**, koliko dana ste se bavili **teškim** fizičkim aktivnostima kao što je podizanje teških stvari, kopanje, aerobik ili brzo voženje bicikla?

_____ dana u nedelji

Nikakve teške fizičke aktivnosti → **Preskoči do 3. pitanja**

2. Koliko ste vremena obično provodili vršeći tešku fizičku aktivnost tih dana?

_____ sati dnevno

_____ minuta dnevno

Ne znam / Nisam siguran

Razmislite o svim **srednje teškim** aktivnostima kojima ste se bavili u **poslednjih 7 dana**.

Pod **srednje teškim** fizičkim aktivnostima misli se na aktivnosti koje su zahtevale srednje težak napor i zbog kojih ste počeli otežano da dišete. Razmišljajte samo o onim fizičkim aktivnostima koje ste vršili najmanje 10 minuta svojevremeno.

3. Tokom **poslednjih 7 dana**, koliko dana ste se bavili **srednje teškim** fizičkim aktivnostima kao što je nošenje teških stvari, vožnja bicikla normalnim tempom ili tenis u dublu?

_____ dana u nedelji

Nikakve srednje teške fizičke aktivnosti → **Preskoči do 5. pitanja**

4. Koliko ste vremena obično provodili vršeći srednje tešku fizičku aktivnost tih dana?

_____ sati dnevno

_____ minuta dnevno

Ne znam / Nisam siguran

Razmislite koliko ste vremena proveli u **šetnji poslednjih 7 dana**. Ovo uključuje i na poslu i kod kuće, šetanje od mesta do mesta i bilo koje druge šetnje, bilo zbog rekreacije, sporta, vežbe ili opuštanja?

5. Od **poslednjih 7 dana**, koliko ste dana izašli da se **prošetate** više od 10 minuta?

_____ dana u nedelji

Nikakve lake fizičke aktivnosti → **Preskoči do 7. pitanja**

6. Koliko ste vremena obično provodili šetajući se tada?

_____ sati dnevno

_____ minuta dnevno

Ne znam / Nisam siguran

Poslednje pitanje je o tome koliko vremena provodite **sedeći poslednjih 7 dana**. U ovo se uključuje vreme koje provodite sedeći kod kuće, na poslu, dok učite i dok se odmarate. Ovo može takođe da obuhvati vreme koje provodite sedeći za stolom, kod prijatelja, čitajući, ili sedeći ili ležeći kada gledate televiziju.

7. Od **poslednjih 7 dana**, koliko ste vremena proveli **sedeći/ležeći** radnim danima?

_____ sati dnevno

_____ minuta dnevno

Ne znam / Nisam siguran

Ovo je kraj upitnika, hvala na učešću.

SKRAĆENICE:

VSF – varijabilnost srčane frekvencije

OSF – oporavak srčane frekvencije

SA – sinuatrijalni

AV - atrioventrikularni

HCN – hiperpolarizacijom-aktivirani cikličnim nukleotidom vođeni (eng. hyperpolarisation-activated cyclic nucleotide-gated)

If – vrsta natrijumske struje (eng. funny current)

Na_v1.5 – voltažno zavisni natrijumski kanali

VDCC – voltažno zavisni kalcijumski kanali (eng. voltage dependent calcium channels)

RYR2 – rijanodinski receptori tip 2

IKACH – acetilholinom aktivirana kalijumska struja

GIRK – kanali spregnuti sa G proteinima (eng. G protein coupled inward rectifier)

cAMP – ciklični adenzin monofosfat

ATP – adenzin trifosfat

ADP – adenzin difosfat

PCr – kreatin fosfat

NADH – nikotinamid adenin dinukleotid

ANS – autonomni nervni sistem

SNS – simpatički nervni sistem

PNS – parasimpatički nervni sistem

M2 – muskarinski receptori tip 2

β – adrenergički beta receptori (tip 1 (β₁), tip 2 (β₂))

O₂ - kiseonik

CO₂ - ugljen dioksid

H⁺ - joni vodonika

ASIC – vrsta natrijumskih kanala (eng. acid sensing ion channels)

SAP – srednji arterijski pritisak

BR – barorefleksni odgovor

SR – srčani ritam

TPR – totalna periferna vaskularna rezistencija

SKP – sistolni krvni pritisak

DKP – dijastolni krvni pritisak

RRNN – srednja vrednost NN (interval od vrha jednog do vrha narednog R zubca QRS kompleksa) intervala

SDNN – standardna devijacija svih NN intervala

RMSSD – kvadratni koren srednje vrednosti sume kvadrata razlika između uzastopnih NN intervala

pNN50 – procentualni udeo NN intervala koji se međusobno razlikuju za više od 50ms u ukupnom broju NN intervala

HF – snaga spektra visokih frekvencija

LF – snaga spektra niskih frekvencija

VLf – snaga spektra vrlo niskih frekvencija

ULF – snaga spektra ultra niskih frekvencija

TP – ukupna snaga spektra

LF/HF – odnos nisko i visokofrekventnog opsega spektra

nu – normalizovana vrednost

ln – prirodni logaritam

SD1 – instantna varijabilnost uzastopnih NN intervala

SD2 – dugoročna varijabilnost uzastopnih NN intervala

EKG - elektrokardiografija

FFT – brza Furijeova transformacija (eng. fast Fourier transform)

STFT – kratkotrajna Furijeova transformacija (eng. short-time Fourier transform)

AR – autoregresivni metod

WT – talasna transformacija (wavelet transform, WT)

USB – univerzalna serijska magistrala (eng. universal serial bus)

HIIT – trening vrlo visokog intenziteta (eng. high intensity interval training)

WanT – Vingejt (lat. Wingate) anaerobni test

VO₂max test – inkrementalni test za određivanje maksimalne potrošnje kiseonika

VO₂max – maksimalna potrošnja kiseonika

AN – pretežno anaerobni sportovi

AE – pretežno aerobni sportovi

NS – nesportisti

FVC – forsirani vitalni kapacitet

FEV₁ - forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi

VC – vitalni kapacitet

IPAQ – upitnik za procenu fizičke aktivnosti (eng. international physical activity questionnaire)

PP – pik snage

MP – prosečna snaga

PP/kg – pik snage u odnosu na kilograme telesne mase

HRvt – srčana frekvencija na ventilatornom pragu (eng. heart rate ventilatory treshold, HRvt)

VO₂ – zapremina utrošenog kiseonika

VO₂pik – najviša vrednost potrošnje kiseonika ostvarena na VO₂max testu

HRmax – maksimalna vrednost broja otkucaja na kraju VO₂max testa

VO₂vt - vrednost potrošnje kiseonika na ventilatornom pragu

MET – metabolički ekvivalent aktivnosti

RF – respiratorna frekvencija

VO₂vt %VO₂pik – procentualni udeo potrošnje kiseonika na ventilatornom pragu u odnosu na najvišu vrednost potrošnje kiseonika ostvarenu na VO₂max testu

HRvt %HRmax – procentualni udeo srčane frekvencije na ventilatornom pragu u odnosu na maksimalnu srčanu frekvenciju na kraju VO₂max testa

BJJ – brazilska džiu džica (eng. Brazilian jiu jitsu)

RER – indeks respiratorne razmene (respiratory exchange ratio, RER)

MMA – mešovite borilačke veštine (eng. mixed martial arts)