

UNIVERZITET U BEOGRADU
MEDICINSKI FAKULTET

dr Biljana R. Lazović-Popović

**ODGOVOR ALVEOLO-KAPILARNE MEMBRANE
NA KONTINUIRANU FIZIČKU AKTIVNOST KOD
VRHUNSKIH SPORTISTA SA RAZLIČITOM
ADAPTACIJOM RESPIRATORNOG SISTEMA**

doktorska disertacija

Beograd, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF MEDICINE

Biljana R. Lazović-Popović

**ALVEOLO-CAPILLARY
MEMBRANE RESPONSE ON CONTINUOUS
PHYSICAL ACTIVITY IN ELITE ATHLETES
WITH VARIOUS ADAPTATIONS OF THE
RESPIRATORY SYSTEM**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

MENTOR

Doc. dr Vladimir Žugić - docent Medicinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, Klinika za pulmologiju, Klinički Centar Srbije

ČLANOVI KOMISIJE

1. **Prof. dr Branislava Milenković** – redovni profesor Medicinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, Klinika za pulmologiju, Klinički Centar Srbije- predsednik komisije
2. **Prof. dr Sandra Šipetić - Grujičić** – redovni profesor Medicinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, Institut za epidemiologiju
3. **Prof. dr Ivan Kopitović** – vanredni profesor Medicinskog fakulteta, Univerziteta u Novom Sadu, Institut za plućne bolesti, Sremska Kamenica

ZAHVALNOST

Svom mentoru, Doc. dr Vladi Žugiću, iskreno hvala za neizmerno poverenje, bezrezervnu podršku, mudre savete, nesebične ideje, veliki trud, stručno usmeravanje, izuzetno razumevanje i prijateljsku podršku u toku izrade ove doktorske teze. Poznavanje ovako velikog čoveka smatram izuzetnom srećom i životnom privilegijom.

Kolektivu Službe za funkcionalnu dijagnostiku pluća Kliničkog centra Srbije za svetsrdnu pomoć u realizaciji teze.

Kolegijumu Klinike za pulmologiju Kliničkog centra Srbije za odobravanje izrade ove disertacije.

Programskom savetu Epidemiologije.

Prof. dr Sandri Šipetić- Grujičić na pomoći oko dizajna studije.

Članovima komisije na dragocenim kritikama i sugestijama u realizaciji ove teze.

Svim vrhunskim sportistima koji su učestvovali u našem istraživanju.

Svojim prijateljima koji su bili uz mene i podržavali me sve ovo vreme.

Svojoj porodici na nesebičnoj ljubavi, podršci i razumevanju svih ovih godina. Mojim roditeljima koji su od mene napravili poštenu, vrednu i radnu osobu i učili me da se uvek držim svoga cilja, čak i u momentima kada najviše sumnjam u sebe.

Sinu Nikoli koji svemu ovome daje smisao

Odgovor alveolo-kapilarne membrane na kontinuiranu fizičku aktivnost kod vrhunskih sportista sa različitom adaptacijom respiratornog sistema

Sažetak

Uvod: Difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid (DLCO ili transfer faktor) definiše se kao količina gasa ugljen monoksida (CO) koja prolazi kroz alveolo-kapilarnu membranu tokom jednog minuta pri razlici pritiska od 1 kPa. DLCO zavisi od difuzijskog kapaciteta alveolarne membrane, krvnog volumena u alveolarnim kapilarama i brzini vezivanja CO sa oksihemoglobinom. Sposobnost respiratornog sistema da izvrši ovu razmenu određena je strukturnim i funkcionalnim svojstvima samih pluća. Ranije studije su pokazale da intenzivna, dugotrajna fizička aktivnost kod sportista dovodi po povećanja DLCO.

Ciljevi istraživanja: U ovom radu ciljevi istraživanja bili su: da se ispita uticaj redovne, programirane i kontrolisane specifične fizičke aktivnosti na odgovor alveolo-kapilarne membrane u miru, kod sportista i zdravih ljudi, razlika u disajnim volumenima između fizički aktivnih (sportista) i neaktivnih, zdravih ljudi u miru i uticaj antropometrijskih parametara na njih i DLCO, a potom da se ispita uticaj intenziteta i učestalosti treninga na disajne volumene i difuzijski kapacitet. Dobijeni rezultati su poređeni sa rezultatima za opštu populaciju.

Ispitanici i metode: Istraživanje je bazirano na dve studije: studija preseka i anamnestičku studiju. Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 157 ispitanika muškog pola, koji su prema obimu nedeljne fizičke aktivnosti podeljeni u dve grupe: fizički aktivne (vrhunske sportiste) i fizički neaktivne (kontrolne) ispitanike bez prisustva komorbiditeta. Grupu fizički aktivnih činilo je 115, a kontrolnu 42 ispitanika. Svi ispitanici su uvršteni u istraživanje konsektivno. Grupu vrhunskih sportista činili su sportisti koji su se najmanje pet godina aktivno, takmičarski bavili različitom vrstom sporta, trenirali najmanje 10 sati nedeljno, a koji su prema vrsti sportske aktivnosti podeljeni u dve grupe: prva grupa- aerobna i druga- anaerobna grupa. Kontrolnu grupu činili su studenti muškog pola izabrani metodom slučajnog izbora po frekvenciji godišta kao u grupi sportista.

Nakon antropometrijskih merenja, svi ispitanici su bili podvrgnuti merenju difuzijskog kapaciteta pluća za ugljen monoksid (DLCO) metodom jednog udaha i spirometrijskom testiranju.

Istraživanjem su poređene srednje vrednosti antropometrijskih parametara (telesna masa, telesna visina, indeks telesne mase), zatim srednje vrednosti disajnih volumena i kapaciteta (vitalni kapacitet- VC, forsirani vitalni kapacitet – FVC, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi – FEV1, vršni ekspiratorni protok – PEF i odnos FEV1/FVC), kao i srednje vrednosti parametara difuzijskog kapaciteta pluća za ugljen monoksid (DLCO, transfer koeficijent (KCO), totalni plućni kapacitet (TLC) i alveolarni volumen (VA)) između sve tri ispitivane grupe. U grupi sportista rađena je korelaciona analiza uticaja vrste treninga, dužine treniranja (u godinama), učestalosti (nedeljno) i sati treniranja nedeljno na parametre respiratorne funkcije.

U svim primenjenim statističkim metodama nivo statističke značajnosti bio je na granici 0.05.

Rezultati. Vrednosti telesne mase bile su statistički značajno niže u grupi aerobnih sportista u odnosu na kontrolnu grupu ($p < 0.05$), dok je indeks telesne mase bio statistički značajno niži u grupi sportista ($p < 0.05$). Prosečna vrednost godina treniranja statistički je značajno veća kod aerobista ($p < 0.01$). Međutim, prosečna vrednost i medijana učestalosti treninga i trajanja treninga u satima je bila statistički značajno veća u grupi anaerobista. Vrednosti izmerenog vitalnog kapaciteta (VC (l) i VC (%)) bile su statistički značajno više u grupi aerobnih sportista u odnosu na druge dve grupe ($p < 0.01$, $p < 0.05$, redom). Statistički značajno veće vrednosti forsiranog vitalnog kapaciteta u litrima (FVC (l)) imala je grupa aerobista u odnosu na druge dve ($p < 0.01$), dok u slučaju ostvarene procentualne vrednosti FVC, značajnost je bila blizu konvencionalnog nivoa od 0.05, kada se porede aerobisti i kontrolna grupa, kao i aerobisti i anaerobisti. Vrednosti izmerenog forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi u litrima (FEV1 (l)), bile su značajno više u grupi aerobista u odnosu na kontrole ($p < 0.01$), dok je razlika između aerobista i anaerobista bila blizu konvencionalnog nivoa značajnosti. Difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid (DLCO) bio je statistički značajno veći u grupi sportista. Nije utvrđena značajnost u vrednosti koeficijenta difuzije (KCO) između ispitivanih grupa. Totalni plućni kapacitet (TLC (l), %) ($p < 0.01$, $p < 0.05$, redom) i alveolarni volumen (VA (l), %) bio je statistički značajno

veći u grupi aerobnih sportista u odnosu na druge dve grupe ($p < 0.01$). U grupi sportista zajedno, utvrđena je pozitivna korelacija između godina treniranja i procentualno ostvarenih vrednosti VC, FVC i FEV1. Učestalost treninga je u negativnoj korelaciji sa FEV1/FVC odnosom, a sati treninga su negativno korelisali sa FEV1 (l) i FEV1 (%). U aerobnoj grupi utvrđena je pozitivna korelacija između godina treniranja i FEV1 (%); učestalost treninga je pozitivno korelisala sa VC (l), VC (%), FEV1 (%) i FEV1/FVC; statistička značajnost nije utvrđena između sati treniranja i disajnih kapaciteta. U grupi anaerobnih sportista nađena je pozitivna korelacija između godina treniranja i VC (%). Sati treninga su negativno korelisali sa FEV1 (l). U grupi aerobista je utvrđena negativna korelacija između godina treniranja i DLCO (l), DLCO % i KCO%. U anaerobnoj grupi, godine treniranja su pozitivno korelisale sa TLC% i VA% (konvencionalni nivo značajnosti).

Zaključak. Redovna, programirana i kontrolisana fizička aktivnost moduliše respiratorni sistem u smislu adaptivnih promena specifičnih za vrstu fizičke aktivnosti. Kontinuirana, intenzivna fizička aktivnost dovodi do brže razmene gasova na nivou alveolo-kapilarne membrane. Rezultati ove doktorske disertacije pokazali su da postoje značajne razlike u odgovoru respiratornog sistema na fizičku aktivnost između vrhunskih aerobnih i anaerobnih sportista i ispitanika koji se aktivno ne bave sportom.

Ključne reči: difuzijski kapacitet pluća, respiratorni sistem, vrhunski sportisti, vrsta sporta

Naučna oblast: Medicina

Uža naučna oblast: Pulmologija, Epidemiologija

Alveolo-capillary membrane response on continuous physical activity in elite athletes with various adaptations of the respiratory system

Abstract

Introduction: The diffusion capacity of the lung for carbon monoxide (DLCO or transfer factor) is defined as the amount of gas of carbon monoxide (CO) passing through the alveolar-capillary membrane in the course of one minute at a pressure of 1 kPa. DLCO depends on the alveolar membrane diffusion capacity, the volume of blood in alveolar capillaries and the speed of the oxyhemoglobin binding CO. The capacity of the lung to exchange gas across the alveolarcapillary interface is determined by its structural and functional properties. Earlier studies have shown that intense, prolonged physical activity in athletes leads by increasing the DLCO.

Aims: The aims of this study were: to investigate the effect of regular, programmed and controlled physical activity on a specific response alveolar-capillary membrane in the rest in athletes and sedentary controls, differences in respiratory volumes between physically active (athletes) and inactive, healthy people in peace and the impact of anthropometric parameters on them and DLCO, and then to examine the influence the intensity and frequency of training on lung volumes and diffusing capacity.

Participants and methods: The research was based on two studies: cross-sectional study and anamnestic study. The study included a total of 157 male respondents, who, according to the volume of weekly physical activity divided into two groups: physically active (top athletes) and physically inactive (control) examinees without the presence of comorbidity. Physically active group consisted of 115, and 42 control subjects. All subjects were included in the study consecutively. A group of elite athletes consisted of athletes who have at least five years of active competition practiced different kinds of sports, train at least 10 hours a week, and who, according to the type of sport activities are divided into two groups: aerobic and anaerobic. The control group consisted of male students selected randomly by frequency as in the age group athletes.

After anthropometric measurements, all subjects underwent measurement of lung diffusion capacity for carbon monoxide (DLCO) using single breath method and spirometry testing.

The study compared the mean values of anthropometric parameters (body weight, body height, body mass index), the mean values of respiratory volumes and capacities (vital capacity- VC, forced vital capacity - FVC, forced expiratory volume in one second - FEV1, peak expiratory flow - PEF and ratio of FEV1/ FVC), and the mean value of parameters of diffusion capacity for carbon monoxide (DLCO, transfer coefficient (KCO), total lung capacity (TLC) and alveolar volume (VA)) between the three examined groups. In the group of athletes correlation analysis was done of the impact types of training, length of training (in years), frequency (weekly) and hours of training per week on parameters of respiratory function.

The level of statistical significance was less than 0.05.

Results. The values of body mass were significantly lower in the group of aerobic athletes compared to the anaerobics and controls ($p < 0.05$), while body mass index were significantly lower in the group of athletes ($p < 0.05$). The average value of years of training was significantly higher in aerobic group ($p < 0.01$). However, the average value and the median frequency of training and training duration in hours were significantly higher in the group of anaerobics. Values of measured vital capacity (VC (l) i VC (%)) were significantly higher in the group of aerobic athletes compared to the other two groups ($p < 0.01$, $p < 0.05$, randomly). Significantly higher values of forced vital capacity in liters (FVC (l)) had aerobic group compared to the other two ($p < 0.01$), while in the case of realized percentages of FVC, significance was near the conventional level of 0.05, when comparing aerobic and control groups, as well as aerobic and anaerobic. Values of the measured forced expiratory volume in the first second (FEV1 (l)) were significantly higher in the group of aerobics compared to controls ($p < 0.01$), while the difference between aerobic and anaerobic group were near the conventional level of significance. Lung diffusion capacity for carbon monoxide (DLCO) was significantly higher in group of athletes. There was no significance in the value of diffusion coefficient (KCO) between investigated groups. Total lung capacity (TLC (l), %) ($p < 0.01$, $p < 0.05$, randomly) and alveolar volume (VA (l), %) was significantly higher in the group aerobic athlete in relation to the other two groups ($p < 0.01$). Between the beginning of the training and the parameters of lung function and diffusion capacity was not statistically significant correlation, as well as between the frequency and hours of practice and the parameters of diffusion capacity of the lungs. In the group

of athletes together, a positive correlation was found between years of training and percentage of realized value VC, FVC and FEV1. The frequency of training is negatively correlated with FEV1 / FVC relations and hours of training were negatively correlated with FEV1 (l) and FEV1 (%). The aerobic group had positive correlation between years of training and FEV1 (%); training frequency was positively correlated to the VC (l), VC (%), FEV1 (%) and FEV1/FVC; statistical significance was not found between the hours of training and respiratory capacity. In the group of anaerobic athletes a positive correlation was found between years of training and VC (%). Hours of training were negatively correlated with FEV1 (l). Negative correlation was found between years of training and DLCO (l), DLCO% and KCO% in aerobic group. In anaerobic group, years of training were positively correlated with the TLC% and VA% (conventional level of significance).

Conclusion. Regular, programmed and controlled physical activity modulates the respiratory system in terms of adaptive changes specific to the type of physical activity. Continuous, intensive physical activity leads to a faster gas exchange at the alveolar-capillary membrane. The results of this doctoral thesis showed that there are significant differences in the response of the respiratory system in physical activity between the top aerobic and anaerobic athletes and those who are not actively involved in sports.

Keywords: elite athletes, lung diffusion capacity, respiratory system, type of sport

Scientific field: Medicine

Field of scientific expertise: Pulmonology, Epidemiology

Sadržaj

1	UVOD.....	1
1-1.	Uticaj fizičke aktivnosti na organski sistem.....	1
1-1.1.	Uloga respiratornog sistema u ljudskom organizmu.....	2
1-1.2.	Anatomija respiratornog sistema.....	5
1-2.	Regulacija disanja.....	7
1-3.	Definicije važnih termina vezanih za fizičku aktivnost i sport.....	9
1-4.	Funkcionalna ispitivanja respiratornog sistema.....	11
1-4-1.	Statički plućni volumeni.....	11
1-4-2.	Dinamički plućni volumeni.....	13
1-4-3.	Difuzijski kapacitet pluća.....	16
2	CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	20
3	MATERIJAL I METODE.....	21
3-1.	Priprema ispitanika za testiranje.....	22
3-2.	Antropometrijska merenja.....	23
3-3.	Protokol spirometrijskog i difuzijskog testiranja.....	24
3-4.	Statistička analiza rezultata.....	25
4	REZULTATI.....	26
4-1.	Karakteristike telesnog sastava kod fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika.....	28
4-2.	Karakteristike sportske aktivnosti.....	32
4-3.	Spirometrijski parametri kod fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika.....	35
4-4.	Difuzijski kapacitet pluća kod fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika.....	44
4-5.	Korelacija antropometrijskih parametara i disajne funkcije.....	52
4-6.	Karakteristike treniranja u odnosu na parametre plućne funkcije.....	56
5	DISKUSIJA.....	65
6	ZAKLJUČCI.....	81
7	LITERATURA.....	84

1. UVOD

1-1. Uticaj fizičke aktivnosti na organski sistem

Fizička aktivnost kao vid fizičkog napora, predstavlja posebno, vrlo specifično stanje zdravog organizma koje se ogleda u karakterističnom odgovoru organizma u vidu povećanih energetske zahteva, tj. energetske potrošnje. U procesu ćelijskog metabolizma dolazi do stvaranja i čuvanja energije u vidu depoa glikogena i masti. Kod zdravih ljudi, količina utrošene energije uglavnom je određena stepenom fizičke aktivnosti.

Intolerancija napora predstavlja nemogućnost da se u punoj meri obavi određena fizička aktivnost. Sa druge strane, sposobnost podnošenja (tolerancija) napora je u direktnoj vezi s kapacitetom respiratornog i kardiovaskularnog sistema da isporuče kiseonik mišićima, i sposobnošću mišića da preuzmu kiseonik iz krvi i upotrebe ga u procesima oksidativne fosforilacije.

Redovna fizička aktivnost dovodi do adaptacionih promena celog organizma, pre svega u fiziološkom smislu, a njeni uticaji su najpre vidljivi na promenama kardiovaskularnog (KVS) sistema. Mnogo studija je sprovedeno na temu fizičke aktivnosti i njenog uticaja na KVS. O uticaju fizičke aktivnosti na respiratorni sistem (RS), ali i ulozi respiratornog sistema u obavljanju fizičke aktivnosti, postoji nekoliko studija, koje su oprečnih stavova. Sa fiziološkog aspekta, fizička aktivnost dovodi do adaptacionih promena respiratornog sistema, u istoj meri kao i u KVS.

Obavljanje bilo koje fizičke aktivnosti zavisi od funkcionalnog kapaciteta transporta kiseonika (O_2). Stoga, utrenirani, fizički aktivni pojedinci, mogu se razlikovati od fizički neaktivnih ljudi iste dobi, uvećanim sistemom organa koji utiče na ovaj transportni sistem. Povezanost kardiovaskularnog sistema (veći udarni i minutni volumen srca) i fizičke aktivnosti bila je predmet mnogobronih studija (Scott KP i sar., 1990, Cureton KJ i sar., 2014). Međutim o uticaju respiratornog sistema na fizički aktivnost i njegovoj adaptaciji u toku iste malo je podataka. Prva istraživanja na ovu temu datiraju iz šezdesetih godina prošlog veka, a ispitivanja su vršena na veoma

malom broju ispitanika; u slučaju difuzijskog kapaciteta pluća za ugljen monoksid (DLCO) na svega nekoliko (Newman F i sar., 1962; Anderson TW i sar., 1967; Reuschlein PS i sar., 1968).

Za razliku od prethodnih studija u kojima se navodi da respiratorni sistem nije ograničavajući u vršenju fizičke aktivnosti, novija istraživanja su pokazala da sportisti imaju veće disajne volumene i da tokom dugotrajne fizičke aktivnosti dolazi do adaptacije respiratornog sistema, a samim tim i boljih sportskih rezultata (Degens H sar., 2013; Lazović B i sar., 2014). U slučaju DLCO, nekoliko autora navodi povišene vrednosti disajnih volumena kod plivača, a razlog takvog nalaza objašnjen je specifičnom vrstom treninga (Newman F i sar., 1962). Međutim, ovakva vrsta istraživanja je ograničena jer se ne može utvrditi da li je povišen DLCO posledica treninga ili je u pitanju istraživačka pristrasnost. Novije studije o difuzijskom kapacitetu kod sportista vrlo su oskudne, a podaci o bazalnim vrednostima difuzijskog kapaciteta u miru kod utreniranih i neutreniranih gotovo da ne postoje. Bez očuvanog difuzijskog kapaciteta koji celokupan organizam snabdeva kiseonikom, nema kvalitetnog života. Difuzijski kapacitet opada tokom godina usled različitih fizioloških mehanizama, a pre svega starenja (Degens H sar., 2013).

1-1.1. Uloga respiratornog sistema u ljudskom organizmu

Respiratorni sistem je jedini vitalni sistem organa bez čije funkcije opstanak ljudske vrste bi mogao da se meri u svega nekoliko minuta. Ljudski organizam bi mogao da izdrži bez hrane nekoliko nedelja, a bez vode nekoliko dana; bez kiseonika koji se doprema u organizam preko respiratornog sistema, opstanak bi bio moguć nekoliko minuta. Svaka ćelija u organizmu zahteva konstantan priliv kiseonika u odgovarajućoj formi (čist, rashlađen ili topao, vlažan i u određenoj količini) radi obavljanja svojih osnovnih funkcija (Cureton KJ i sar., 2013).

Uloga respiratornog sistema je višestruka. Može se podeliti na respiracijsku i ne-respiracijsku funkciju.

U respiracijsku funkciju ubrajaju se:

- Razmena vazduha između alveola i spoljašnje sredine;
- Razmena gasova na nivou alveolo-kapilarne membrane. Razmena gasova se vrši preko pseudoslojevitog epitela koji se često označava kao respiratorni epitel, s obzirom na činjenicu da se može naći samo u respiratornom traktu (gde pokriva njegov najveći deo - od cavum-a nasi, pa do terminalnih bronhiola). Osim lažne slojevitosti (nukleusi u tri nivoa), epitel karakterišu visoke cilindrične ćelije sa kinocilijama. Takođe, respiratorni epitel karakteriše i jako debela bazalna membrane (najdeblja bazalna membrana kod čoveka). Razmena gasova se vrši procesom difuzije, a kao posledica razlike u gradijentu pritiska - iz područja većeg pritiska kiseonika ka nižem. Ovakav trend gradijenta pritiska prisutan je duž celog respiratornog sistema.
- Transport kiseonika i ugljen-dioksida putem krvi i razmena na nivou tkiva (kapilarna i ćelijska razmena). Sklad između efikasnog snabdevanja kiseonikom, razvijenog cirkulatornog sistema i funkcionalne sposobnosti ćelijskih mitohondrija dovodi do potrošnje kiseonika i ugljenih hidrata u neophodnu energiju dnevnih potreba čiji je krajnji produkt ugljen-dioksid (CO₂). Poremećaj u funkcionalnom ili strukturnom smislu na bilo kom nivou dovodi do kolapsa celokupnog organizma.

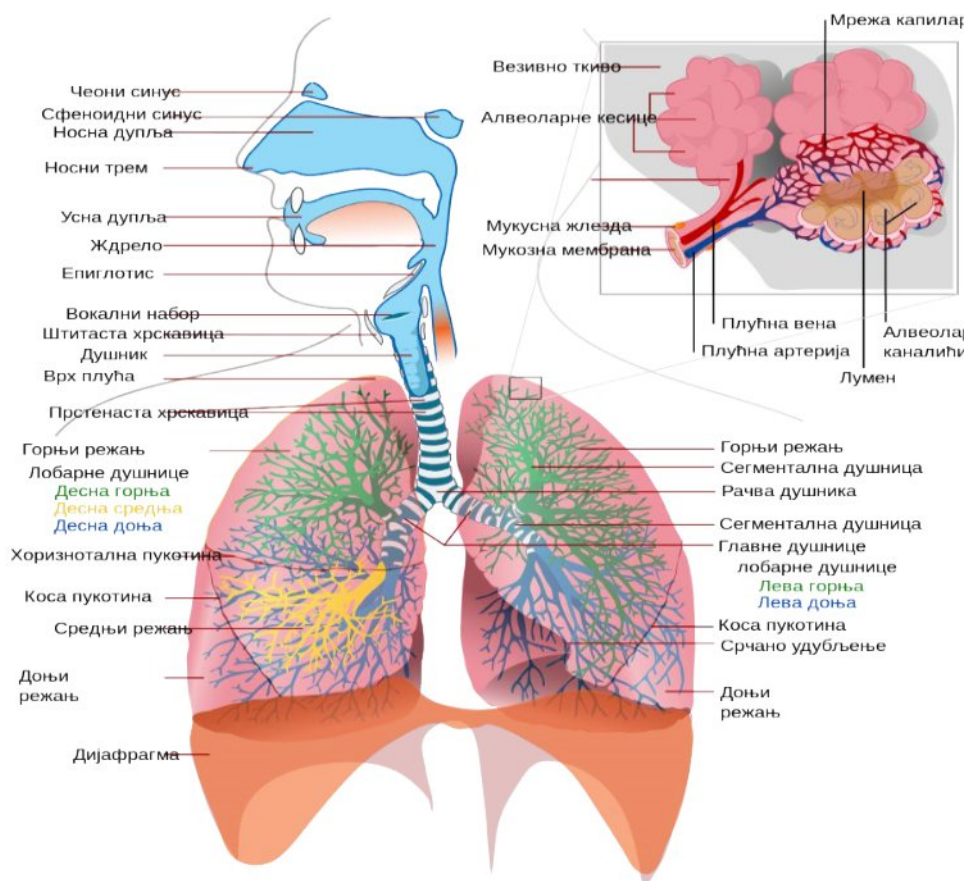
U ne-respiracijske funkcije ubrajaju se:

- Održavanje acido-bazne ravnoteže: zavisno od informacija sa receptora u arterijskoj krvi i likvoru, respiratorni sistem izbacuje ili zadržava CO₂, menjajući frekvencu i dubinu disanja. Količina vodonikovih jona je proporcionalna produkciji CO₂;
- Fonacija (govor, pevanje): strujanje vazduha preko glasnih žica je pod voljnom kontrolom disanja;

- Metabolička funkcija:
 1. Konverzija i uzimanje vazoaktivnih supstanci iz venske krvi;
 2. Proizvodnja, skladištenje i oslobađanje supstanci koje deluju lokalno ili na drugim mestima;
 3. Renin-angiotenzin sistem- enzim angiotenzin-konvertaza u plućnom vaskularnom endotelu indukuje stvaranje angiotenzina II - snažnog vazokonstriktora;
 4. Metabolizam vazoaktivnih supstanci-prostaglandini E₁, E₂ i E₂alfa se uklanjaju iz venske krvi; 30% norepinefrina se uklanja pri prolazu kroz plućnu cirkulaciju, čime se zaobilazi direktno oslobađanje u sistemsku cirkulaciju;
 5. Stvaranje supstanci sa lokalnim dejstvom: pneumociti tipa 2 stvaraju plućni surfaktant (fosfolipid) koji smanjuje površinski napon, stabilizuje alveole, umeće se između tečne i gasovite faze i sprečava gubitak tečnosti iz zone razmene; iz mastocita u plućima se oslobađaju histamin, lizosomalni enzimi, prostaglandini, eozinofilni hemotaktički faktor i serotonin.
- Plućni odbrambeni mehanizmi:
 1. filtracija vazduha i odstranjivanje supstrata
 2. kašljanje, kijanje
 3. alveolarni enzimi i makrofagi
 4. imunološke reakcije posredovane T i B limfocitima
- Apsorpcija lekova – u obliku aerosola, anestetički gasovi

1-1.2. Anatomija respiratornog sistema

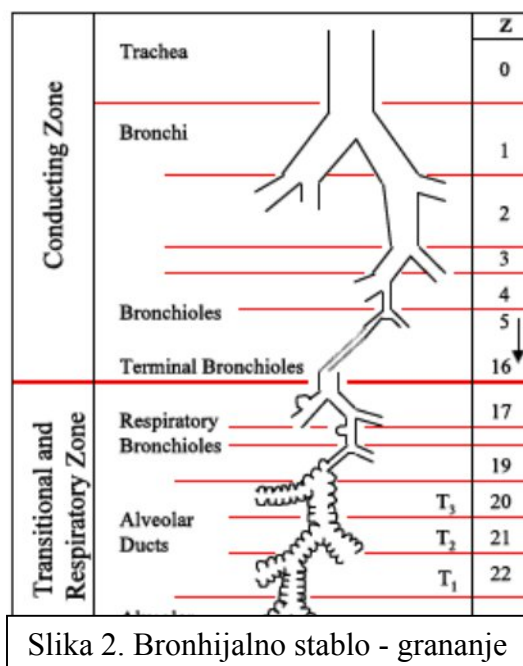
Respiratorni sistem sačinjavaju nosno-usni deo, farinks, larinks, traheja, bronhije i bronhiole (Astrand PO i sar., 1977). Traheja se deli na dva glavna bronha, koji se desno dele na tri, a levo na dva lobarna bronha. Lobarni bronhi se dalje dele na segmentalne, subsegmentalne, odnosno dihodontim asimetričnim grananjem do terminalnih bronhiola (17. generacija grananja), kojih u plućima odrasle osobe ima oko 30 000. U ovom prostoru ne vrši se gasna razmena, zbog čega se on naziva mrtvi prostor. Njegov prosečan volumen iznosi oko 150ml (*Slika 1*).



Slika 1. Građa respiratornog sistema (modifikovano po Astrand PO, 1977)

Acinus odgovara jednoj funkcionalnoj jedinici, koja otpočinje posle dihotomne deobe terminalne bronhiole na dve respiratorne bronhiole prvog reda, koje se potom granaju do treće generacije.

Respiratorne bronhiole (17, 18. i 19. generacija grananja traheobronhialnog stabla) predstavljaju prelaznu zonu razmene gasova jer vazduh i dalje struji, ali se uporedo sa grananjem, povećava broj alveola u kojima se vrši razmena gasova.



Slika 2. Bronhijalno stablo - grananje

Broj alveola prema trećoj generaciji grananja je sve veći.

Respiratorne bronhiole završavaju alveolarnim kanalićima u koje se otvara prosečno oko 5 alveola (23. generacija grananja) (*Slika 2*). Broj alveola u plućima odrasle osobe je oko 300 miliona. Kapilari unutar alveolarnog zida obrazuju vrlo gustu mrežu, u obliku heksagonalnih petlji, čime se na velikoj površini ostvaruje bliski konontakt, preko alveolo-kapilarne membrane, između intraalveolarnog vazduha i krvi. Ukupna površina preko koje se ostvaruje gasna razmena iznosi 70-80 m² što odgovara veličini jednog teniskog terena. U funkcionalnom smislu, u plućima, arterije dopremaju neoksigenisanu krv iz desne strane srca, a vene odvođe oksigenisanu krv u levu srčanu pretkomoru (Thurlbeck WM i sar., 1978).

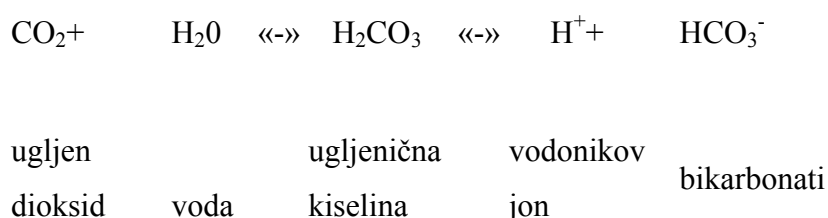
1-2. Regulacija disanja

Ventilacija, kao proces kojim vazduh dolazi do pluća je pažljivo kontrolisani modalitet sa širokim spektrom odgovora koji omogućava adekvatnu gasnu razmenu, a parametrima gasne razmene (PaO_2 , PaCO_2 , pH) varijaciju u veoma malom fiziološkom opsegu. Nervni sistem reguliše veličinu alveolarne ventilacije gotovo tačno prema potrebama organizma za O_2 , tako da se parcijalni pritisci O_2 i CO_2 gotovo ne menjaju, čak ni tokom teškog mišićnog rada ili nekog drugog respiratornog stresa (Cohen CA i sar., 1982).

Kod većine zdravih ljudi sa nepromenjenim metaboličkim potrebama, brzina i način disanja su konstantni, prekidani samo na nekoliko minuta velikim inspiratornim naporom ili uzdisanjem (Mead T i sar., 1960). Ventilacija u miru kod gotovo svih zdravih, aktivira samo inspiratornu muskulaturu. Ekspiracija (izdisanje) je obično pasivni akt. Stoga, sa mirnim disanjem, inspiratorni period je aktivni period. Ekspiratorni mišići se aktiviraju u bolesnim stanjima ili u slučajevima povećanih ventilatornih zahteva. U ovakvim situacijama, vreme koje je potrebno da se "isprazne" pluća adekvatno, dovodi do promena u brzini disanja i respiratornom volumenu. Tokom normalnog, mirnog disanja oko 500ml vazduha se udahne i izdahne sa svakom respiracijom, odnosno oko 7 ml/kg telesne težine. Ova zapremina vazduha koja se razmeni tokom inspirijuma i ekspirijuma naziva se disajni volumen (tidal volume, eng; TV). TV varira u odnosu na telesnu kompoziciju, pol, godine, fizičku utreniranost i položaj tela. Normalna brzina disanja (respiratory rate, eng; RR) iznosi oko 12 udisaja po minuti. Proizvod disajnog volumena i brzine disanja predstavlja minutni respiratorni volumen i obično iznosi oko 6 L/min.

Respiratorni centar se sastoji od nekoliko grupa neurona smeštenih u produženoj moždini i ponsu. Nervni signal koji se prenosi do inspiratornih mišića pri normalnom disanju je vrlo slab na početku i postepeno se pojačava tokom 2 sekunde (s); zatim naglo prestaje tokom 3s, da bi se ponovo pojavio, pa opet prestao i tako se održavao celog života. Stoga, inspiratorni signal predstavlja "stepenasti" signal. Prednost ovakvog nervnog signala ogleda se u tome što se disajni volumen u toku inspirijuma ne povećava naglo, već postepeno.

Respiratorni centar prima signale iz viših nervnih centara, hemoreceptora (centralnih i perifernih), mehanoreceptora u plućima i bronhijama i proprioceptora u mišićima i zglobovima (Stickland M i sar., 2008). Primarna funkcija respiratornog centra je eliminacija CO₂ iz krvi koji se kontinuirano produkuje tokom ćelijskog metabolizma. Deo produkovanog CO₂ reaguje sa H₂O uz pomoć enzima karbonanhidraze i formira ugljenu kiselinu koja otpušta vodonikove jone (H⁺) i bikarbonate (HCO₃⁻). Sa ekstenzivnom produkcijom CO₂, u krvi dolazi do povećane produkcije H⁺ čime se snižava pH krvi i stimuliše respiracija. Ova jednačina prikaza je šematski ispod:



Ova jednačina je reverzibilna i ravnoteža se postiže u jednom ili drugom smeru u zavisnosti od koncentracije CO₂, H⁺ ili HCO₃⁻. U fiziološkim uslovima, respiratorni sistem eliminiše CO₂ istom brzinom kako se on produkuje i gore navedena jednačina ostaje u ravnoteži. U uslovima hiperventilacije, jednačina se pomera u levo, vodonikovi joni se eliminišu i uspostavlja se fiziološki opseg pH. U zavisnosti od stepena poremećenosti ravnoteže, disanje može biti privremeno prekinuto praćeno dobrovoljnom hiperventilacijom. Sa druge strane, hipoventilacija dovodi do retencije CO₂, s obzirom na to pluća nisu u mogućnosti da eliminišu CO₂ brzinom kojom se on formira. Kao rezultat toga, dolazi do zadržavanja H⁺, stvaranja ugljene kiseline i stimulacije disanja. Povećanje u frekvenciji i dubini disanja traje dokle god se CO₂ i H⁺ ne normalizuju.

1-3. Definicije važnih termina vezanih za fizičku aktivnost i sport

Prema definiciji Američkog Koledža Sportske Medicine (ACSM, 2001), fizička aktivnost predstavlja svaki pokret tela koji je posledica mišićne kontrakcije i koji dovodi do potrošnje energije. Ona obuhvata širok spektar aktivnosti, igru, fizičko (telesno) vežbanje, takmičarske sportske discipline, ali i fizički napor tokom profesionalnih aktivnosti ili tokom obavljanja kućnih poslova, tj. bilo koju vrstu fizičkog rada.

Fizičko vežbanje predstavlja podgrupu fizičke aktivnosti koja je osmišljena, definisana, sa ponavljanim pokretima, koji se izvode u cilju održanja ili unapređenja jedne ili više komponenti fizičke sposobnosti.

Termin "sport" je organizovano, prema rezultatu orjentisano i pravilima regulisano bavljenje fizičkom aktivnošću. Podrazumeva visok nivo angažovanosti u formi "borbe" sa samim sobom ili sa drugim učesnicima u fizičkoj aktivnosti, ali zadržava i formu igre. Učesnici se ili naprežu do svog fizičkog i funkcionalnog maksimuma ili izvode kompleksne veštine. Motivisani su kombinacijom lične satisfakcije koja je posledica izvođenja same aktivnosti i različitim oblicima nagrađivanja od strane okoline. Obično je to takmičarsko (profesionalno ili amatersko) bavljenje fizičkom aktivnošću.

Generalno, postoji podela na dve vrste sportske aktivnosti- aerobna i anaerobna. Razlika u vrsti aktivnosti (aerobna ili anaerobna) zavisi od načina dobija energije za obavljanje fizičke aktivnosti.

Aerobna vrsta sporta predstavlja fizičku aktivnost koja je laka do snažna, fizička aktivnost dužeg trajanja u kojoj učestvuju velike mišićne grupe i za čije izvođenje se koristi energija iz aerobnih resursa, tj. zahteva veću potrošnju kiseonika, povećava izdržljivost kardiovaskularnog sistema i ima pozitivne efekte na zdravlje. Tipični predstavnici aerobne fizičke aktivnosti su fudbal, košarka, odbojka, vožnja bicikla, plivanje, trčanje. Aerobni trening se definiše kao trening čiji je cilj da održi ili poveća sposobnost preuzimanja i iskorišćenja maksimalne količine kiseonika na jedinicu telesne mase za relativno dug vremenski period. Doprinosi povećanju

funkcionalne sposobnosti kardiorespiratornog sistema i efikasnosti aerobnog metabolizma.

Anaerobna fizička aktivnost je po svom trajanju kratka i intenzivna fizička aktivnost koja zahteva angažovanje anaerobnih energetske izvora (dominantno anaerobni metabolizam ugljenih hidrata, posebno glikogena iz mišića) u nedostatku dovoljne količine kiseonika. Energetski izvori se popunjavaju dok se osoba oporavlja od fizičke aktivnosti. Tipični predstavnici anaerobnih aktivnosti su sprint, bacanja i dizanje tegova. Anaerobni trening se definiše kao trening čiji je cilj da se poveća anaerobni metabolizam i mišićna snaga. Redovni anaerobni trening povećava toleranciju na acido-bazni disbalans koji se javlja tokom fizičke aktivnosti visokog intenziteta, kao i sposobnost oporavka nakon te aktivnosti.

1-4. Funkcionalna ispitivanja respiratornog sistema

U laboratorijama za funkcionalnu dijagnostiku mnogo manje pažnje se posvećuje ispitivanju respiratornih u odnosu na kardiovaskularne (KV) parametre, usled činjenice da respiratorni sistem (RS) kod zdravih osoba ne bi trebao da predstavlja ograničavajući faktor tokom fizičkog opterećenja. Procena plućne funkcije vrši se spirometrijom, koja predstavlja metodu merenja zapremine pluća i protoka vazduha u plućima.

Plućni volumeni izmereni metodom u kojoj brzina strujanja gasa ne igra nikakvu ulogu nazivaju se statički. Volumeni koji se dobijaju pri brzom, forsiranom disanju, i imaju dimenziju volumenske brzine, tj. protoka, nazivaju se dinamički. Sabiranjem dva ili više neposredno izmerenih plućnih volumena dobijaju se plućni kapaciteti.

1-4-1. Statički plućni volumeni

U statičke plućne volumene spadaju: respiratorni (disajni) volumen, ekspiratorni rezervni volumen, inspiratorni rezervni volumen i rezidualni volumen. Statički plućni kapaciteti su: vitalni kapacitet, funkcionalni rezidualni kapacitet, inspiratorni kapacitet i ukupni plućni kapacitet.

1. **Disajni volumen (eng. tidal volume; TV)** predstavlja količinu vazduha koju tokom normalnog disanja udahnemo ili izdahnemo jednim respiratornim aktom.
2. **Inspiratorni rezervni volumen (IRV)** je najveća količina vazduha koja se nakon normalnog udisaja može maksimalno udahnuti.
3. **Ekspiratorni rezervni volumen (ERV)** je najveća količina vazduha koja se može izdahnuti nakon mirne ekspiracije.
4. **Rezidualni volumen (RV)** je količina vazduha koja ostaje u plućima nakon maksimalnog izdaha.

Prva tri volumena mogu se meriti direktno spirometrijski, dok se rezidualni volumen određuje indirektno (pletizmografski ili metodom dilucije helijumom).

Dva, ili više volumena čine kapacitet. Postoje **četiri kapaciteta**: vitalni kapacitet, inspiratorni kapacitet, funkcionalni rezidualni kapacitet i totalni plućni kapacitet.

1. **Vitalni kapacitet (VC)** predstavlja najveću količina vazduha koja se nakon maksimalnog udaha može maksimalno izdahnuti. Kada se izvodi forsirano, zove se **forsirani vitalni kapacitet (FVC)**, a kada se izvodi polagano, **spori vitalni kapacitet (SVC)**. Možemo ga opisati kao zbir: $TV+IRV+ERV$. Kod zdravih osoba iznosi oko 70% ukupnog volumena pluća (TLC).

2. **Inspiratorni kapacitet (IC)** je najveća količina vazduha koja se nakon normalnog izdisaja može maksimalno udahnuti. On je zbir: $IRV+TV$. Obično iznosi 60% od TLC u zdravih osoba.

3. **Funkcionalni rezidualni kapacitet (FRC)** je volumen vazduha koji ostaje u plućima nakon normalnog izdisaja (nivo mirovanja). On ima konstantnu vrednost kod svakog pojedinca. On sadrži: $ERV+RV$. Obično iznosi oko 40% TLC. FRC se određuje: dilucijom helijumom, ispiranjem azotom ili pletizmografski.

4. **Totalni plućni kapacitet (TLC)** je volumen vazduha u plućima nakon maksimalnog udaha. On sadrži sva četiri volumena: IRV, TV, ERV i RV . Takođe sadrži dva kapaciteta: IC i FRC.

Za sve pobrojane volumene i kapacitete postoje određeni standardi, zavisno od pola, starosti, konstitucije ispitanika, rase i položaja tela. Poređenje izmerenih vrednosti sa standardnim vrednostima daje relevantne podatke za eventualno potrebna dalja ispitivanja. U zavisnosti od patološkog stanja, vrednosti pojedinih parametara plućnih volumena se menjaju. Njihovo merenje pomaže u dijagnostičke svrhe.

U većini slučajeva, statički plućni volumeni i kapaciteti imaju ograničenu vrednost, jer oni reflektuju samo anatomsku veličinu određenih odeljaka pluća. Zato se uvode dinamički plućni volumeni.

1-4-2. Dinamički plućni volumeni

Dinamički plućni volumeni mere se pri maksimalnom i forsiranom inspirijumu ili ekspirijumu. Izražavaju se kao promena volumena u vremenu, tj. protok. Iako mogu da se odrede kao odnos volumen – vreme, klinički je mnogo korisnije da se odrede kao odnos protok – volumen, tj. promena protoka u funkciji promene volumena pluća.

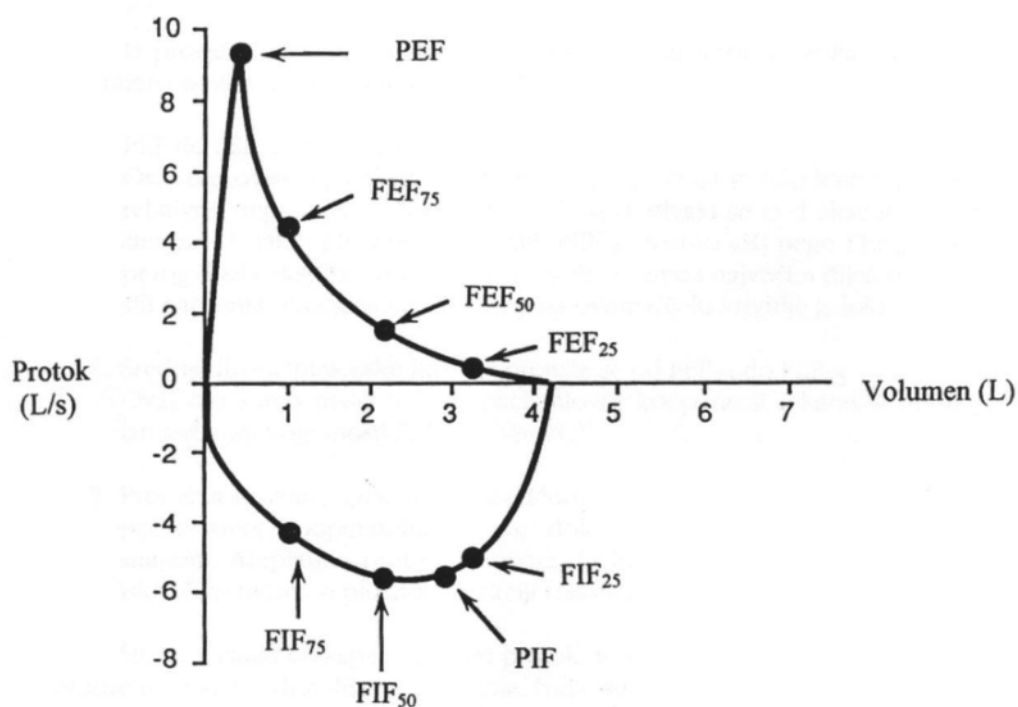
U dinamičke plućne volumene ubrajaju se: forsirani ekspiratorni volumen (FEV), Tifnov indeks (eng. Tiffeneau index) (FEV_1/VC %) i krivulja protok-volumen.

1. **Forsirani ekspiratorni volumen** je volumen vazduha izdahnut forsiranim ekspirijumom, nakon maksimalnog inspirijuma. Obično se meri u prvoj sekundi (FEV_1), jer je početni deo krivulje zavisao od napora i saradnje ispitanika, a kraj krivulje više izražava promene kapaciteta.

Stoga je on jedan od važnijih testova za otkrivanje opstruktivnih promena u većim disajnim putevima, ali ujedno reflektuje i promene u malim disajnim putevima (Kory RC, 1963). Normalno iznosi oko 80 % FVC.

2. **Tifnov indeks** je odnos FEV_1 prema $VC \times 100$ (FEV_1/VC). Normalne vrednosti ovog indeksa su iznad 88% za muškarce, odnosno 89% za žene. Smanjene vrednosti ukazuju na opstruktivne smetnje ventilacije.

3. **Krivulja protok-volumen (KP-V)** ispituje se na aparatu koji meri protok i volumen vazduha. Na X-osi se registruje volumen (u litrima), a na Y protok vazduha (u L/sek) (*Slika 3*). Ispitanik bi trebalo da maksimalno udahne, a potom što potpunije i brže izdahne (kao kada se izvodi spirometrijski test forsiranog ekspirijuma). Krivulja koja se dobije pokazuje na horizontalnoj osovini ukupni volumen izdahnutog vazduha tokom testa (forsirani vitalni kapacitet). Vrh krivulje meri najveći ekspiratorni protok (PEF) koji se javlja u početnom delu ekspirijuma, a potom forsirani ekspiratorni protok pri 75% FVC (FEF_{75}), 50% FVC (FEF_{50}) i 25% FVC (FEF_{25}). Na inspirativnom delu krivulje mere se identični parametri: najveći inspiratorni protok (PIF), forsirani inspiratorni protok pri 25, 50 i 75% udahnutog vitalnog kapaciteta (FIF_{25} , FIF_{50} i FIF_{75}).



Slika 3. Krivulja protok-volumen s ekspiratornim i inspiratornim delom.

PEF: najveći ekspiratorni protok, FEF₇₅: forsirani ekspiratorni protok pri 75% FVC, FEF₅₀: forsirani ekspiratorni protok pri 50% FVC, FEF₂₅: forsirani ekspiratorni protok pri 25% FVC, PIF: najveći inspiratorni protok, FIF₂₅: forsirani inspiratorni protok pri 25% IVC, FIF₅₀: forsirani inspiratorni protok pri 50% IVC, FIF₇₅: forsirani inspiratorni protok pri 75% IVC (Modifikovano prema: Wanger J, 2002).

Analiza forsiranog ekspirijuma putem krivulje protok-volumen temelji se na zapažanju da ljudi sa poremećajima disajnih puteva proizvode reproducibilne promene u obliku krivulje u poređenju sa zdravim osobama (Mead J, 1978; Islam MS, 1976).

Samo maksimalna forsirana ekspiracija iz maksimalne inspiratorne pozicije (=TLC) može osigurati reproducibilnost. Procena promene krivulje na volumnoj osi je jednostavna: redukovani volumen je patološki, upućujući na obe opstruktivne i restriktivne smetnje. U proceni promena amplitude na osi ekspiratornog protoka, korisno je volumen osovinu podeliti na tri dela (Slika 4):

1. **PEF do FEF₇₅ (TLC - 25% VC)**- ovaj deo zavisi od saradnje ispitanika bez koje je bilo kakva procena relativno nepouzdana. Nizak PEF i FEF₇₅ dobijaju se kod ekstra- torakalne stenoze. U izraženoj plućnoj opstrukciji, PEF je znatno viši nego FEF₅₀.

2. Srednji deo ekspiratorne krivulje proteže se **od FEF₇₅ do FEF₂₅**- ovaj deo samo malo zavisi od saradnje ispitanika i karakteriše se izmerenom vrednosti FEF₅₀ (50 % VC).

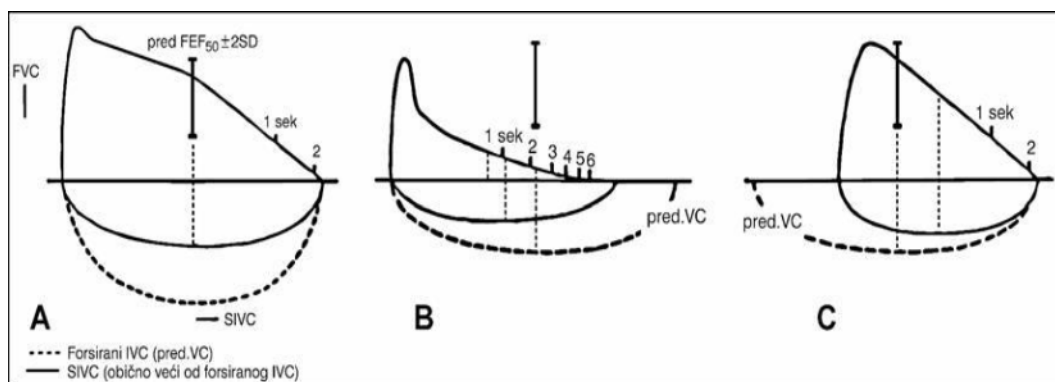
3. Protočna krivulja ispod vrednosti bazičnog disanja zavisi u potpunosti od saradnje ispitanika, sve dok on nastavlja izdisati malom snagom. Amplituda protoka u ovom delu plućnog volumena je gotovo isključivo zavisna od plućne retrakcije.

4. Zbog teškoća za bolesnika da izdiše duže od 10 sekundi, prevremeni završetak ekspirijuma jedan je od razloga zašto je FVC uvek manji od inspiracijskog vitalnog kapaciteta (IVC). Evaluacija trećeg dela ekspiratorne krivulje može se dopuniti poređenjem sa FVC i IVC. FVC je niži od IVC, dok forsirani rezidualni volumen raste. Ukoliko je samo treći deo KP-V promenjen, mora se uzeti u obzir bolest malih disajnih puteva (BMDP) (Fontain JP i sar., 2000).

Inspiratorni protok na krivulji protok-volumen nije zahvaćen dinamičkom kompresijom disajnih puteva, jer se tokom inspirijuma bronhije uvek šire (intrapulmonalni pritisak je niži od pritiska unutar disajnih puteva). Inspiratorni deo krivulje koristan je u otkrivanju opstrukcije gornjih disajnih puteva koja smanjuje taj deo krivulje zbog ograničavanja maksimalnog protoka (npr. suženja u predelu glotisa ili trahealna stenoza). Takođe, kod fiksirane opstrukcije gornjih disajnih puteva dolazi do smanjenja ekspiratornog dela krivulje. Svaki pojedinac ima soptvenu, reproducibilnu protok-volumen krivulju.

Krivulja P-V može se meriti pletizmografski, praćenjem volumenskih promena. Poređenje dobijenih krivulja sa onima merenim putem spirometra preko usta daje samo male razlike kod zdravih osoba. Razlike se povećavaju u osoba s opstruktivnim plućnim bolestima (West JB, 1992). Što se kasnije u ekspiraciji meri protok, to u većoj meri dobijeni nalazi odražavaju otpore u veoma malim disajnim putevima. Ranije studije su pokazale poremećaje u nalazima FEF₂₅ kada su ostali pokazatelji forsirane ekspiracije kao FEV₁ i FEF₂₅₋₇₅ bili normalni (Jaeger MJ, 1964).

Takav funkcionalni nalaz ukazuje na postojanje opstruktivnih poremećaja lokalizovanih u perifernim delovima bronhijalnog stabla, tj. u malim disajnim putevima.



Slika 4. Oblici krivulje protok-volumen: A. Normalni, B. Opstruktivni, C. Restriktivni oblik. pred. VC: predviđena normalna vrednost, SIVC: spori inspiratorni vitalni kapacitet, FEF₅₀: forsirani ekspiratorni protok pri 50% FVC, IVC: inspiratorni vitalni kapacitet (Mead J, 1978)

1-4-3. Difuzijski kapacitet pluća

Sposobnost respiratornog sistema da izvrši gasnu razmenu određena je strukturnim i funkcionalnim svojstvima samih pluća. Strukturna svojstva obuhvataju plućnu zapreminu gasa, samu dužinu transfera difuzije u gasnoj fazi kroz RS, debljinu i površinu alveolo-kapilarne membrane, bilo koji poremećaj koji dovodi do zatvaranja disajnih puteva kao i volumen samog krvnog protoka kroz alveolo-kapilarnu mrežu kojim se omogućava ventilacija. U funkcionalna svojstva ubrajamo: apsolutni nivo ventilacije i perfuzije, uniformnost njihove distribucije u odnosu jedno prema drugom, sastav alveolarnog gasa, difuzijske karakteristike alveolo-kapilarne membrane, koncentraciju i sposobnost vezivanja hemoglobina, kao i pritisak krvi u alveolo-kapilarnom koritu. S obzirom na navedeno, jasno je da je merenje veličine difuzije kroz alveolo-kapilarnu membranu jedini test kojim se sveobuhvato mogu proceniti strukturna i funkcionalna svojstva pluća (Evans SE i sar., 2003).

Difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid (DLCO ili transfer faktor) definiše se kao količina gasa ugljen monoksida (CO) koja prolazi kroz alveolo-kapilarnu membranu tokom jednog minuta pri razlici pritiska od 1 kPa. DLCO zavisi od

difuzijskog kapaciteta alveolarne membrane, krvnog volumena u alveolarnim kapilarama i brzini vezivanja CO za oksihemoglobin (Berkow R i sar., 1992).

Određivanje difuzijskog kapaciteta pluća (DL) predstavlja jednu od najznačajnijih kliničkih metoda u okviru niza sveobuhvatnih testova ispitivanja plućne funkcije.

Difuzijski kapacitet pluća za kiseonik predstavlja faktor proporcionalnosti vezivanja kiseonika prema gradijentu kiseonika između kapilarne krvi i alveola. S obzirom na to da je uzorkovanje i određivanje koncentracije kiseonika iz plućne arterije ekstremno invazivna i zahtevna procedura, u standardnoj upotrebi je ugljen monoksid (CO). Ugljen monoksid je gas koji se čvrsto i brzo vezuje za hemoglobin u krvi, tako da je vrednost parcijalnog pritiska CO u kapilarima zanemarljiva, što ga čini još adekvatnijom zamenom za kiseonik (West JB, 2003). Sa druge strane, azot monoksid (NO) se vezuje sa slobodnim hemoglobinom u in vitro uslovima 400 puta brže nego CO (Gibson QH, 1959). Takođe, vezivanje NO za oksihemoglobin je sličnog opsega brzine (Doyle MP i Hoekstra JW, 1981), ali je otpuštanje NO od hemoglobin (Hgb) sporije nego u slučaju CO (Sancier KM i sar., 1962).

Roughton i Forster (1957g.) smatraju da je difuzijski kapacitet pluća sastavljen iz dve komponente, odnosno faze: prvu “ekstra-eritrocitnu” fazu čini difuzijska membrana (D_m) koja predstavlja transport gasa iz alveola u cirkulaciju, i druga “intra-eritrocitna” faza koju čini proces ulaska samog gasa u eritrocite i vezivanje za oksihemoglobin. Teorijski, gas kao što je NO sa brzim vezivanjem za Hgb, mogao bi se koristiti za merenje ekstra-eritrocitne faze (D_mNO) (Greenbaum R i sar., 1967). Same komponente difuzijskog kapaciteta mogu pružiti detaljne informacije o mehanizmu gubitka kapaciteta gasne razmene. Prema modelu Roughton-a i Forster-a, DLCO je opisan kao serija otpora, što se može predstaviti jednačinom:

$$1/D_m + 1/\theta V_c = 1/DLCO$$

D_m se definiše kao ukupni volumen gasa koji difunduje kroz ukupnu membransku plućnu površinu pri jediničnoj razlici pritiska u jedinici vremena. U gornjoj jednačini θ predstavlja brzinu vezivanja CO za eritrocite podeljen sa

volumenom krvi i vremenom kontakta pri jediničnoj razlici parcijalnih pritisaka otopljenog ugljen monoksida između plazme i unutrašnjosti eritrocita.

Prvi metod koji je korišćen u rešavanju jednačine sa dve nepoznate u difuzijskom kapacitetu bio je merenje dva transfera CO; jednog u uslovima normooksije- ambijentalne koncentracije kiseonika, a drugi u uslovima hiperoksije u kojima je pritisak kiseonika veći od normalnog ambijentalnog. Određivanje alveolo-kapilarne membrane (Dm) i plućnih kapilara (Vc) predstavljao je tehnički izazov koji je rezultovao u teško izvodljivoj metodi koja je dovela do mnogih netačnosti u merenju čime se ograničila njegova upotrebljivost. Ranije postavljeni metod određivanja Dm sa NO pokazao se kao dobar i služi za direktno merenje Dm (Guenard H i sar., 1987). Novija istraživanja omogućavaju istovremeno merenje DLCO i DLNO čime se direktno određuje Dm i Vc metodom jednog udaha na jednom pritisku kiseonika (Borland CD i sar., 1989).

Glavni prediktori difuzijskog kapaciteta su visina, starost i pol. Od nekoliko tehnika merenja DLCO (steady state, rebreathing i metoda jednog udaha), najviše je u upotrebi metoda jednog udaha (Macintyre N i sar., 2005; Official Statement of the European Respiratory Society, 1993).

Modifikovana verzija po Forsteru iz 1954. godine kao metoda jednog udaha (single breath method, eng.) koristi se i danas. Dodatkom helijuma (He) mešavini (Forster RE i sar., 1955) omogućeno je merenje alveolarnog volumena i ukupnog plućnog kapaciteta. Izvodi se tako da pacijent udiše smešu gasova (niske koncentracije CO i He) i zadrži dah barem 8 - 10 sekundi blizu vitalnog kapaciteta. Tokom izdisaja uzorak alveolarnog gasa se analizira na CO i He. Iz razlike koncentracije ovih gasova pre i nakon izdaha određuje se alveolarni volumen i DLCO. On je nešto niži kod osoba ženskog pola, nego kod muškaraca i opada sa starošću (Quanjer PhH i sar., 1993).

DLCO je smanjen u stanjima narušene alveolo-kapilarne membrane (emfizem, intersticijska oboljenja, fibroza pluća), plućnom edemu kao i u teškoj anemiji, a povećan u policitemiji i slučajevima pojačane plućne cirkulacije (gojaznost, početna faza srčane slabosti, fizička aktivnost). DLCO je uredan ili blago snižen kod suženja disajnih puteva, a može biti blago povišen kod astme (Weitzman RG i sar., 1974). Snižena vrednost DLCO u restriktivskim plućnim bolestima povezuje se sa akutnim

neuromuskularnim bolestima, alveolarnom hemoragijom, resekcijom ili kolapsom pluća, difuznim oštećenjem alveola ili plućnom vaskularnom patologijom.

Vrednosti difuzionog kapaciteta za kiseonik tokom fizičke aktivnosti rastu: kod netreniranih osoba sa 23 ml min^{-1} u mirovanju, na 48 ml min^{-1} u uslovima fizičke aktivnosti, dok kod sportista ta vrednost može biti i 80 ml min^{-1} koliko iznosi kod nekih veslača. Ovako veliko povećanje objašnjava se ubrzanjem protoka krvi i perfuzijom kroz sve plućne kapilare, čime se povećava ukupna površina kroz koju difunduje kiseonik (Jeyaranjan R i sar., 1988).

Difuzijski koeficijent (KCO) predstavlja odnos DLCO i alveolarnoga volumena. Gubitak ili oštećenje plućne kapilarne arhitektonike mnogo je značajniji mehanizam smanjenja KCO od zadebljanja ili zapaljenskih promena u ekstravaskularnim delovima pluća.

Fiziološki uzroci visokog KCO jesu nepotpuno širenje alveola, kada pluća nisu ekspandovana do veličine očekivanoga ukupnog plućnog volumena (eng. total lung capacity; TLC), što dovodi do porasta plućnog krvnog protoka po jedinici plućnog volumena. Klinički se to vidi u pleuralnim bolestima, neuromuskularnim bolestima, alveolarnoj hemoragiji, atrijalnom septalnom defektu i astmi. Nedavna fiziološka istraživanja i postmortalna merenja na plućima upućuju kako najveći otpor prenosu CO možda se nalazi u samim eritrocitima (Hughes JMB, 2003).

Izmerene vrednosti DLCO se porede sa referentnim vrednostima izdatim od strane radnih grupa ERS i ATS (Macintyre N i sar., 2005). ERS preporuke izražavaju vrednost DLCO u SI jedinicama $\text{mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kPa}$, dok ATS preporuke preferiraju izražavanje u tradicionalnim jedinicama- mL (standardna temperatura, pritisak i suvoća (STPD)) $\text{min}^{-1} \cdot \text{mmHg}$. Generalno, nije bitno u kojim mernim jedinicama će se DLCO izražavati, jer se isti skup jedinica koristi u svim proračunima. Vrednosti izražene u SI jedinicama moraju se umnožiti sa 2.987 kako bi se dobile tradicionalne jedinice.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje je sprovedeno u cilju ispitivanje odgovora alveolo-kapilarne membrane na intenzivnu fizičku aktivnost kod vrhunskih sportista koji se bave različitom vrstom sportske aktivnosti.

Osnovni postavljeni ciljevi studije su bili:

- Ispitivanje razlike u disajnim volumenima između fizički aktivnih (sportista) i neaktivnih, zdravih ljudi u miru.
- Ispitivanje povezanosti antropometrijskih i spirometrijskih parametara.
- Određivanje i poređenje difuzijskog kapaciteta u miru kod sportista i fizički neaktivnih ljudi.
- Ispitivanje uticaja antropometrijskih parametara na difuzijski kapacitet pluća.
- Utvrđivanje moguće povezanosti između inteziteta i učestalosti treninga i disajnih volumena i difuzijskog kapaciteta pluća
- Poređenje dobijenih vrednosti respiratornih parametara sportista sa referentnim vrednostima za opštu populaciju

3. MATERIJAL I METODE

Studijom preseka je obuhvaćeno ukupno 157 ispitanika muškog pola, koji su prema obimu fizičke aktivnosti merene u toku nedelju dana podeljeni u dve grupe: prvu, eksperimentalnu grupu čine fizički aktivni ispitanici, odnosno vrhunski sportisti koji se bave ili predominantnom aerobnom ili predominantnom anaerobnom vrstom sporta; drugu grupu čine fizički neaktivni ispitanici, koji predstavljaju kontrolnu grupu osoba mečovanih po polu i starosti sa eksperimentalnom grupom. Ispitanici su uključivani u studiju konsekutivno, prema redosledu dolaska na redovni trening.

Grupu fizički aktivnih činilo je 115 ispitanika, a kontrolnu grupu 42 osobe. Grupu fizički aktivnih čine vrhunski sportisti koji se bave različitom vrstom sporta, a koji su podeljeni u dve grupe: prva grupa- aerobna vrsta sporta predstavljena sa ukupno 11 različitih sportova: fudbal, košarka, vaterpolo, rukomet, boks, maraton, trčanje u dužini od 5km, triatlon, veslanje, plivanje, biciklizam, i druga grupa-anaerobna, predstavljenom sa 9 različitih sportskih disciplina: dizanje tegova, karate, ragbi, kik boks, sprint, trčanje u dužini od 1500m, rvanje, kros fit (objedinjuje atletiku, gimnastiku, dizanje tegova) i MMA (eng. mixed martial arts; objedinjuje boks, tajlandski boks, rvanje, brazilsku džiu džicu i džudo).

Grupu aerobnih sportista činilo je ukupno 72 ispitanika prosečne starosti 24.35 ± 4.44 godina, a anaerobnu grupu 43 sportista prosečne starosti 23.91 ± 3.89 godina.

Svi fizički aktivni ispitanici (sportisti) bili su nepušači, najmanje su se pet godina aktivno, takmičarski, bavili sportom, tačnije najmanje pet godina su registrovani u nekom od sportskih klubova i trenirali su najmanje 10 sati nedeljno.

Kontrolnu grupu, grupu fizički neaktivnih ispitanika, ukupno 42 osobe, činili su studenti muškog pola (prosečne starosti 25.4 ± 4.41) izabrani metodom slučajnog izbora mečovani po polu i uzrastu sa grupom sportista.

Anamnestička studija je sprovedena posebno oformljenim upitnikom (u prilogu). Od svih ispitanika uzeti su opšti podaci, demografski podaci (pol, uzrast,

zanimanje, mesto stanovanja), podaci za prethodne bolesti: kardiovaskularne bolesti (lupanje ili prekakanje srca, bol u grudima, povišeni krvni pritisak, šum na srcu, miokarditis), respiratorne bolesti (astma, akutni bronhitis), povrede lokomotornog sistema (prelom kostiju, povreda mišića, uganuće i iščašenja zgloba, povreda ligamenta ili tetive), neurološke (intezivne glavobolje, gubitak svesti, potres mozga, epileptični napad, trnjenje duž ekstremiteta), problemi sa vidom i sluhom, bolesti organa za varenje, bolesti urogenitalnih organa, alergije ili druge medicinske značajne promene na koži. Osim toga, od svih ispitanika, uzeta je detaljna anamneza o prethodnim neinfektivnim i infektivnim bolestima, operacijama i povredama, vakcinacijama, kao i podaci o konzumiranju alkohola i cigareta.

Posebnim delom upitnika uzeti su podaci od svih sportista o sportskoj organizaciji, sportskoj grani i sportskoj disciplini, uzrastu na početku treniranja, članstvu u Nacionalnoj selekciji, učestalosti nedeljnog treninga (sati), dnevnog treninga (sati) (u prilogu).

U kontrolnoj grupi, iz ispitivanja su isključene sve osobe kojima je iz bilo kog razloga zabranjeno bavljenje fizičkom aktivnošću, koje su se nekada pre ispitivanja takmičarski bavile sportom, koje se bave fizičkom aktivnošću više od 10h nedeljno, pušači, kao i oni koji su imali bilo koje respiratorno ili hronično oboljenje.

Istraživanje je sprovedeno u periodu od novembra 2012. godine do septembra 2015. godine u Odeljenju za funkcionalnu dijagnostiku pluća, Klinike za pulmologiju, Kliničkog centra Srbije.

Rezultati istraživanja grupe fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika dobijeni su izvođenjem spirometrijskih testova i ispitivanjem difuzijskog kapaciteta pluća za ugljen monoksid kod svakog ispitanika ponaosob. Ispitanici kod kojih je nađen poremećaj u ventilaciji ili perfuziji, nisu bili uvršteni u studiju i upućivani su pulmologu na detaljniju dijagnostiku.

3-1. Priprema ispitanika za testiranje

Svi ispitanici su nekoliko dana pre testiranja pismeno informisani o protokolu, ciljevima i eventualnim rizicima testiranja. Svojim potpisom davali su pristanak za testiranje plućne funkcije. Lakši obrok (doručak) propisan je najkasnije 2 časa pre testiranja. Propisano je da se dan pre testiranja ispitanici ne zamaraju, ne obavljaju teške fizičke poslove ili intenzivniji trening. Pre testiranja nije bila dozvoljena upotreba stimulativnih sredstva (alkohol, kofein), niti bilo kog medikamenta. U istraživanju nisu učestvovali oni koji boluju od bilo kog akutnog ili hroničnog oboljenja, kao i pušači.

Testiranje je otpočinjano popunjavanjem standardizovanog sportsko-medicinskog upitnika, predložen od strane šest relevantnih asocijacija iz ove oblasti (upitnik u prilogu). Ovaj upitnik sadrži 36 pitanja na koja ispitanik odgovara sa DA ili NE. Pitanja se odnose na ličnu anamnezu, anamnezu po sistemima i porodičnu anamnezu. Svaki potvrdni odgovor je posebno obrazlagan. Upitnik je dopunjen podacima o tome kada je ispitanik počeo da trenira, koliko puta dnevno i nedeljno trenira, koji je tip treninga, kao i koliko je vremensko trajanje svakog treninga. Isti upitnik popunjavala je i kontrolna grupa, sa tom razlikom što se uvodni deo formulara odnosio samo na ukupno trajanje fizičke aktivnosti, da bi se dobio podatak da li je zbir manji ili veći od 10 sati nedeljno. Na kraju upitnika, ispitanici su svojim potpisom potvrdili tačnost podataka. Popunjen, a zatim pregledan upitnik služio je za definitivni odabir prijavljenih ispitanika.

Sva testiranja vršena su u laboratorijskim uslovima sa temperaturom vazduha između 18-22°C, atmosferskim pritiskom od 760mmHg i relativnom vlažnošću vazduha od 30 to 60%.

3-2. Antropometrijska merenja

Telesna visina (TV) određivana je prema uputstvima iz Internacionalnog biološkog programa (*IBP- International Biological Programme, Weiner i Lourie, 1981*), koji sadrži standardizovanu listu antropometrijskih mera koje se određuju prema uniformnoj proceduri. Pri merenju ispitanici su zauzimali standardni položaj tela, koji podrazumeva: sastavljene, jednako opterećene i ispružene noge, pete sastavljene, a stopala u odnosu na pete divergentno za oko 60° stepeni, ruke opuštene uz telo, glava u položaju tzv. "frankfurtske horizontale" (horizontalna linija koja spaja tragus heliksa levog uha sa tačkom na najnižem delu donjeg ruba leve orbite).

Za neposredno merenje TV korišćen je antropometar Seca (Seca, 214). To je 210 cm dugačak graduisani, štap ugaonog profila sa pomičnim delom koji klizi celom dužinom. Na pomičnom delu je horizontalna letvica koja se prisloni na fiksnu antropometrijsku tačku na temenu (vertex) ispitanika. Vrednosti se očitavaju na gornjem otvoru. Kod ispitanika koji su bili viši od 210 cm, korišćena je drvena klupa visine tačno 20 cm na koji je antropometar podizan. Tada je na očitavanu vrednost dodavano još 20 cm. Vrednosti su prema opštem matematičkom pravilu zaokruživanja decimalnih brojeva, zaokruživane na najbližu vrednost, sa greškom od $\pm 0,5$ cm.

Telesna masa (TM) direktno je očitavana na medicinskoj vagi sa tačnošću od 0,1kg. Iz neposredno izmerenih vrednosti telesne mase i visine, izračunavao se indeks telesne mase. Za izračunavanje indeksa telesne mase (body mass index- BMI) korišćena je formula: BMI: telesna masa u kilogramima/ (telesna visina u metrima)².

Pošto je kod svih ispitanika utvrđeno da nema kontraindikacija za izvođenje spirometrijskog testa, pristupilo se aktuelnom testiranju.

3-3. Protokol spirometrijskog i difuzijskog testiranja

Spirometrijska merenja su vršena na komercijalnom Lilly-jevom pneumotahografu (MasterScreen Diffusion, Viasys HealthCare, Nemačka) u skladu sa kriterijumima Američkog torakalnog društva (ATS) i Evropskog respiratornog udruženja (ERS) (Miller MR i sar., 2005). Merenje difuzije vršeno je metodom jednog udaha na komercijalnom aparatu (MasterScreen Diffusion, Viasys HealthCare, Nemačka), takođe u skladu sa kriterijumima Američkog torakalnog društva (ATS) i Evropskog respiratornog udruženja (ERS) (Macintyre N i sar., 2005).

Svi ispitanici su podvrgnuti spirometrijskom ispitivanju pluća i merenju difuzijskog kapaciteta. Nakon odmora u sedećem položaju u trajanju od 3 minuta, započinjalo se spirometrijsko ispitivanje koje je vršeno u sedećem položaju sa štikaljkom na nosu. Najpre, u mirnom (opuštenom) stanju određivao se vitalni kapacitet (VC)- količina vazduha koja se može maksimalno udahnuti ili izdahnuti. Nakon nekoliko serija normalnog disanja, ispitanik je u potpunosti ististnuo vazduh, a potom u potpunosti udahnuo. Za određivanje VC, radila su se najmanje dva pokušaja, kao i dodatno merenje, sve dok se dve najviše vrednosti VC nisu razlikovale više od 150ml. Posle određivanja VC, radio se test difuzije metodom jednom udaha (eng. single breath method-SB). Nakon merenja difuzijskog kapaciteta, ispitanici su nakon kratkog perioda normalnog disanja radi produkcije krivulje protok- volumen, maksimalno forsirano udahnuti i izdahnuti. Ovaj manevar ponavljan je iz početka dok se kriterijumi ATS i ERS-a nisu ispunili. Sledeći spirometrijski parametri bili su mereni: forsirani vitalni kapacitet – FVC, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi – FEV1, vršni ekspiratorni protok - PEF, odnos FEV1/FVC, a od parametara difuzije- difuzijski kapacitet (DLCO), transfer koeficijent (KCO), totalni plućni kapacitet (eng. total lung capacity - TLC), alveolarni volumen (Va). Sve vrednosti su izražavane u procentima ostvarenih vrednosti u odnosu na predviđene, da bi se izbegao uticaj antropometrijskih karakteristika na apsolutne (izmerene) vrednosti, izuzev odnosa FEV1/FVC koji se izražavao u apsolutnim vrednostima.

3-4. Statistička analiza rezultata

U ovoj studiji korišćene su deskriptivne i analitičke statističke metode.

Od deksriptivnih, korišćeni su:

- Apsolutni i relativni brojevi (n, %)
- Mere centralne tendencije (aritmetička sredina)
- Mere disperzije (standardna devijacija, interval varijacije)

Od analitičkih statističkih metoda korišćeni su testovi razlike i analiza povezanosti.

Testovi razlike korišćeni u ovoj studiji su parametarski testovi (analiza varijanse, t test) i neparametarski (Mann-Whitney U test) testovi. Prilikom ispitivanja razlike između tri grupe, inicijalno je testirana razlika pomoću analize varijanse, a zatim je pomoću LSD (Low Significant Difference) testa dobijena među grupna razlika svake grupe sa svakom. Pošto je prvi cilj ispitivanje razlike između aerobista i anaerobista, signifikantnost nije korigovana, ali pošto je drugi cilj ispitivanje razlike između aerobista i anaerobista sa kontrolnom grupom, signifikantnost je korigovana množenjem p vrednosti sa dva.

Za ispitivanje povezanosti korišćena je korelaciona analiza (Pirsonova).

Sve p vrednosti manje od 0,05 uzete su kao vrednosti za odbacivanje nulte hipoteze.

Svi podaci su obrađeni u SPSS 20.0 (IBM softverskom paketu).

4. REZULTATI

U toku studije skriningovano je ukupno 166 ispitanika, od čega je bilo 124 sportista i 42 pripadnika kontrolne grupe. Prema postavljenim kriterijumima, iz studije je isključeno 9 (5,4%) sportista. Od sportista koji nisu uključeni u studiju, ni jedan od njih nije imao tegobe od strane respiratornog sistema, ali je spirometrijskim testom uočen poremećaj ventilacije, zbog čega su sportisti upućivani na dopunska pulmološka testiranja. Među ispitanicima sa patološkim nalazom osmoro je imalo opstruktivne smetnje ventilacije, dok je restriktivni poremećaj uočen kod jednog sportiste. Među ispitanicima sa opstruktivnim smetnjama, našli su se pripadnici sledećih vrsta sportova: rukomet (1), dizanje tegova (2) i ragbi (5). Restriktivne smetnje ventilacije utvrđene su kod jednog košarkaša.

Od ukupnog broja uključenih ispitanika, u kontrolnoj grupi bilo je 42 ispitanika (26,8%), aerobista 72 (45,9%), a anaerobista 43 (27,4%). Prosečna starost ispitanika iznosila je $24,5 \pm 4,3$ godina. Najmlađi ispitanik imao je 19, a najstariji 36 godina.

U grupu aerobista uključeno je ukupno: 18 fudbalera (25%), dvanaest ragbista (16,7%), jedanaest rukometaša (15,3%), devet košarkaša (12,5%), sedam vaterpolista (9,7%), petoro maratonaca (6,9%), četiri veslača (5,6%), troje boksera (4,2%), jedan trkač na 5000m (1,4%), jedan triatlonac (1,4%) i jedan biciklista (1,4%) (Tabela 1).

Grupnu anaerobista činilo je: devet dizača tegova (20,9%), devet kik-boksera (20,9%), pet sprintera (11,6%), pet cross fit-era (11,6%), pet MMA (eng. mixed martial arts) (11,6%), četiri karatista (9,3%), četiri rvača (9,3%) i dvoje trkača na 1500m (4,7%) (Tabela 2).

Svi ispitanici kontrolne grupe su rekreativci. U kontrolnoj grupi nije uočen ni jedan patološki nalaz spirometrije ili merenja difuzijskog kapaciteta za ugljen monoksid.

Tabela 1. Distribucija ispitanika prema aerobnim sportovima

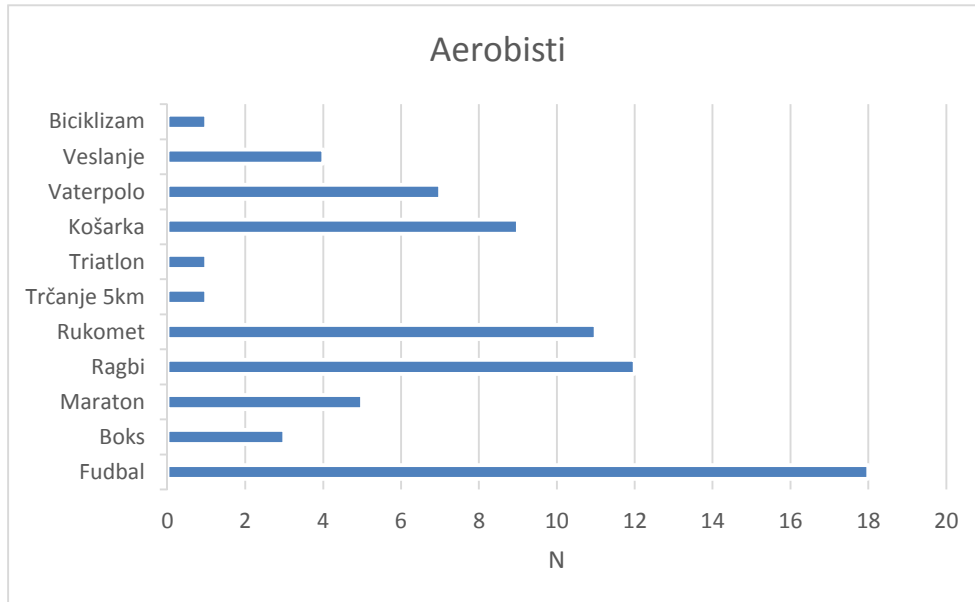
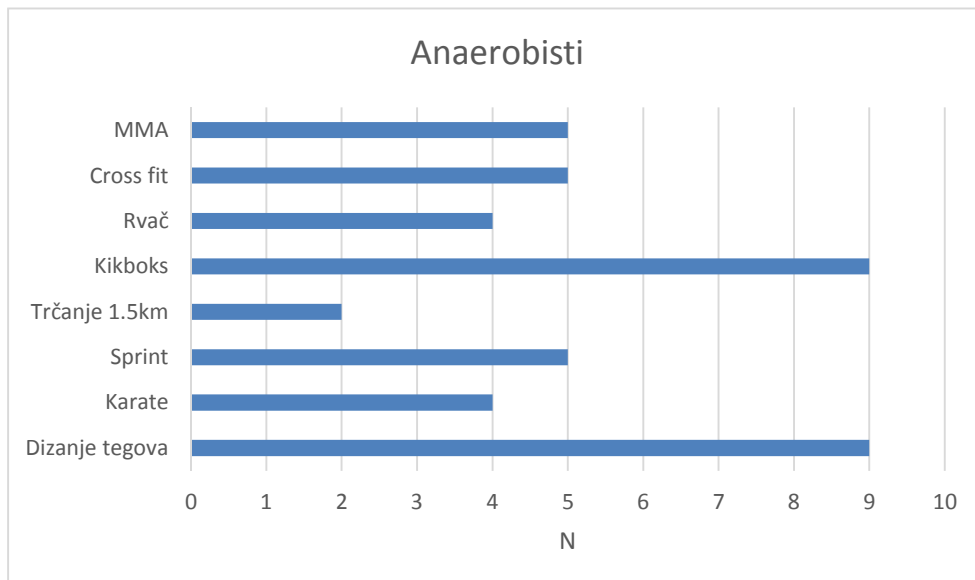


Tabela 2. Distribucija ispitanika prema anaerobnim sportovima



4-1. Karakteristike telesnog sastava kod fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika

Rezultati karakteristika telesnog sastava ispitanika su prikazani u Tabeli 3, u kojoj je prikazana i starost ispitanika u posmatranim grupama.

Tabela 3. Starost, telesna masa, telesna visina, indeks telesne mase u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

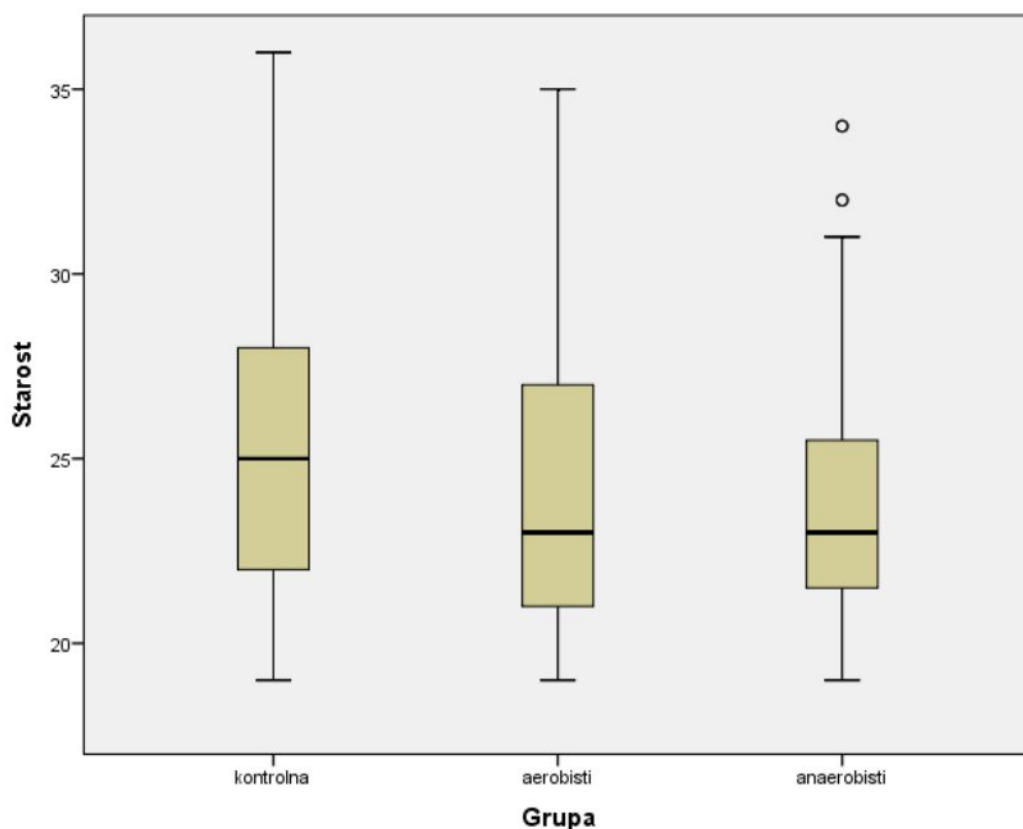
	Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs. Anaero.
Starost	kontrolna	25,40	4,42	19,00	36,00			
	aerobisti	24,35	4,44	19,00	35,00	0,412	0,220	0,595
	anaerobisti	23,91	3,89	19,00	34,00			
	Ukupno	24,51	4,30	19,00	36,00			
TM	kontrolna	85,86	12,40	62,00	119,00			
	aerobisti	83,44	10,69	61,00	113,00	0,482	0,046	0,162
	anaerobisti	80,58	8,10	65,00	98,00			
	Ukupno	83,31	10,67	61,00	119,00			
TV	kontrolna	180,81	7,13	169,00	202,00			
	aerobisti	182,71	6,94	167,00	203,00	0,318	1,000	0,138
	anaerobisti	180,72	6,66	161,00	193,00			
	Ukupno	181,66	6,94	161,00	203,00			
BMI	kontrolna	26,20	3,40	21,67	36,51			
	aerobisti	24,98	2,69	19,73	32,91	0,046	0,020	0,415
	anaerobisti	24,59	1,98	20,23	28,41			
	Ukupno	25,20	2,79	19,73	36,51			

^aKorigovana p vrednost (dobijena p vrednost pomnožena sa 2)

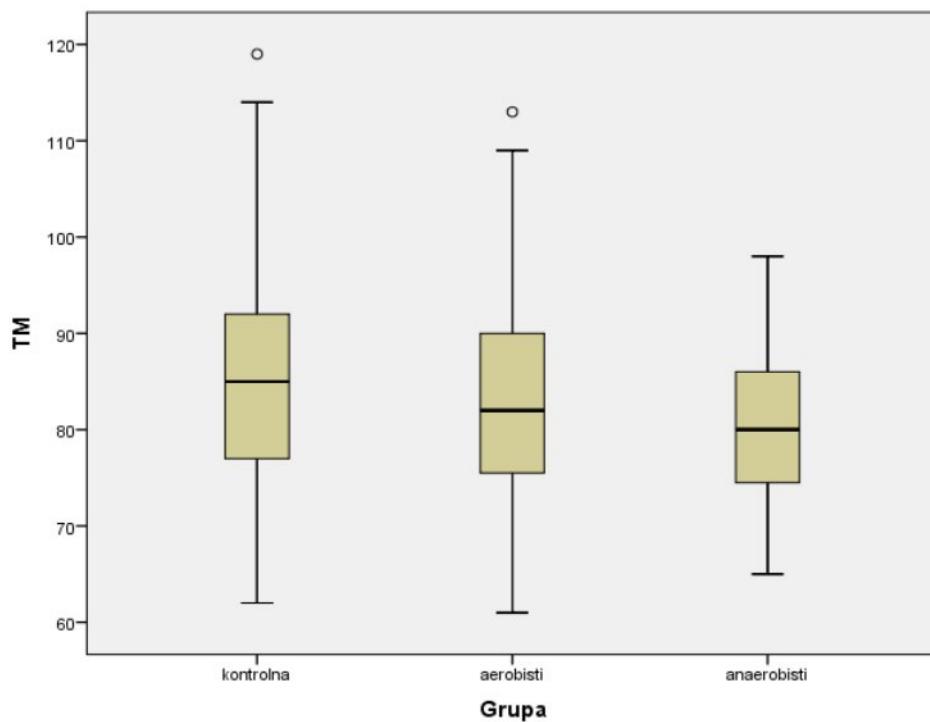
Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; TM, telesna masa; TV, telesna visina; BMI, indeks telesne mase

Na osnovu rezultata prikazanih u Tabeli 3 utvrđeno je da je nema statistički značajne razlike u prosečnoj starosti i visini između ispitivanih grupa. Jedino postoje varijacije u indeksu telesne mase (BMI) i telesne mase (TM) i ista se odnosi prvenstveno na veći indeks telesna mese u kontrolnoj grupi ispitanika. Statističkom analizom je utvrđeno da je značajna razlika između kontrolne grupe i sportista (i aeroba i anaeroba) kada je u pitanju BMI, odnosno razlika kontrolne grupe i anaeroba, kada je u pitanju TM.

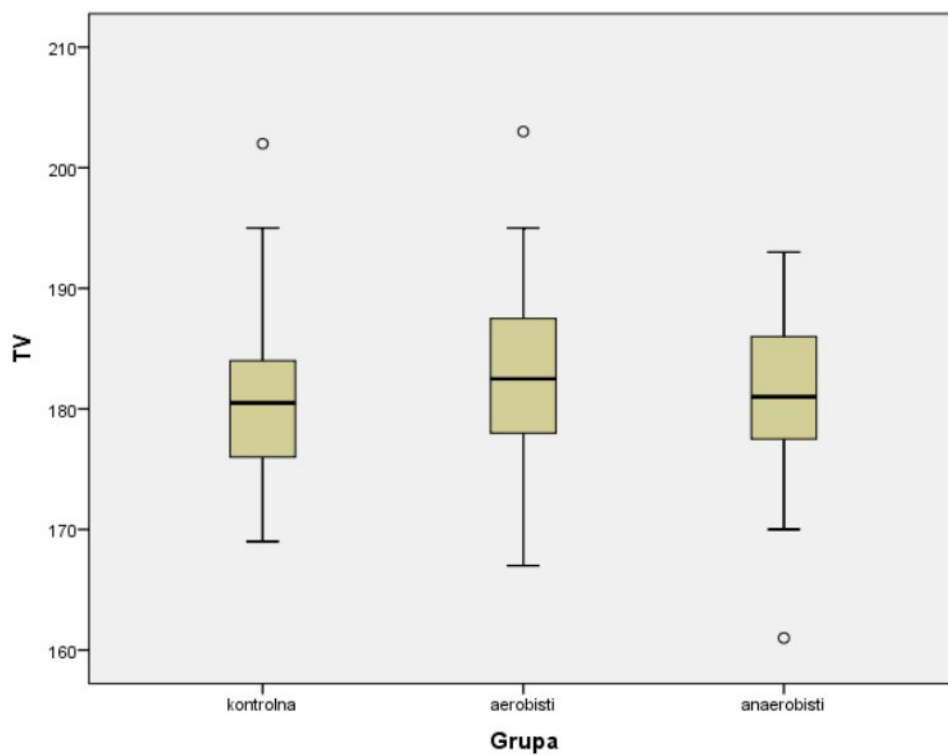
Rezultati su prikazani i na grafikonima 1, 2, 3, 4.



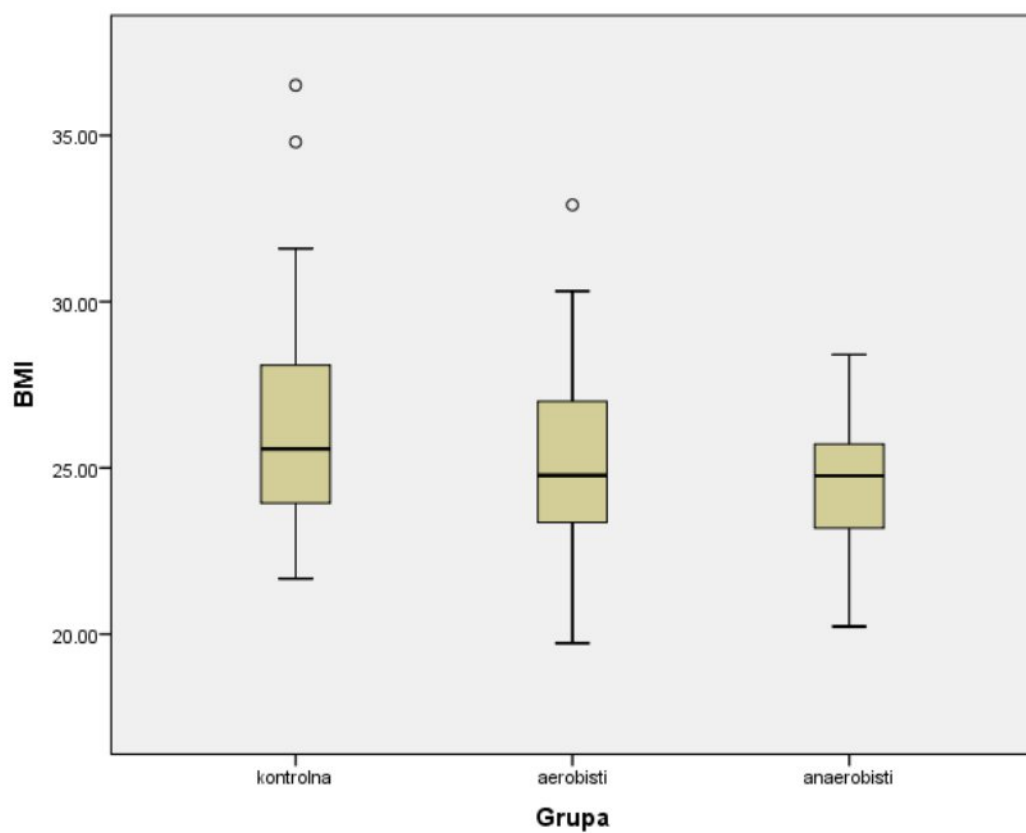
Grafikon 1. Prosečna starost ispitanika u grupi sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 2. Prosečna telesna masa ispitanika u grupi sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 3. Prosečna telesna visina ispitanika u grupi sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 4. Prosečna vrednost indeksa telesne mase (BMI) ispitanika u grupi sportista i u kontrolnoj grupi

4-2. Karakteristike sportske aktivnosti

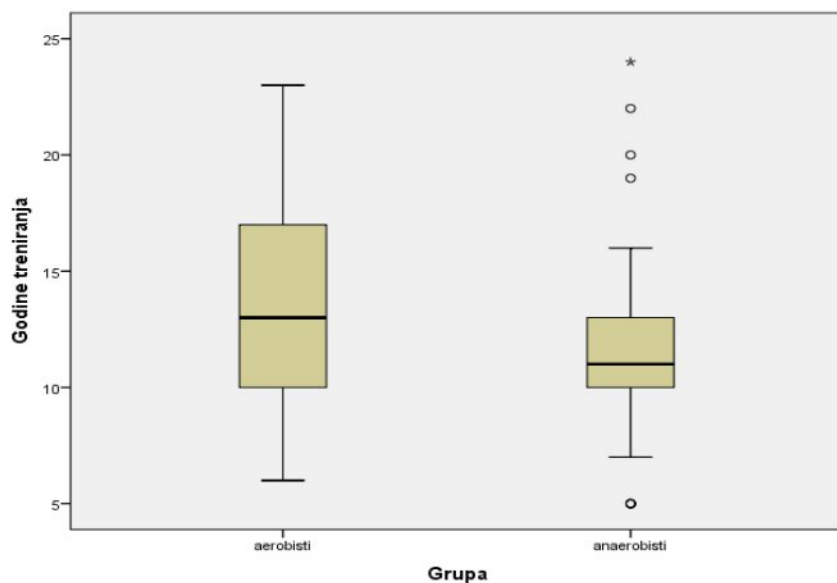
Tabela 4. Godine treniranja, učestalost treninga i sati treninga u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43)

	Grupa	AS	SD	Min	Maks	p vrednost*
Godine treniranja	aerobisti	13,82	4,42	6	23	0,007
	anaerobisti	11,49	4,29	5	24	
	Ukupno	12,95	4,49	5	24	
Učestalost treninga	aerobisti	6,22	0,58	5	7	<0,001
	anaerobisti	6,70	0,59	5	7	
	Ukupno	6,40	0,63	5	7	
Sati treninga	aerobisti	19,97	3,52	15	28	0,013
	anaerobisti	21,79	4,83	12	28	
	Ukupno	20,65	4,14	12	28	

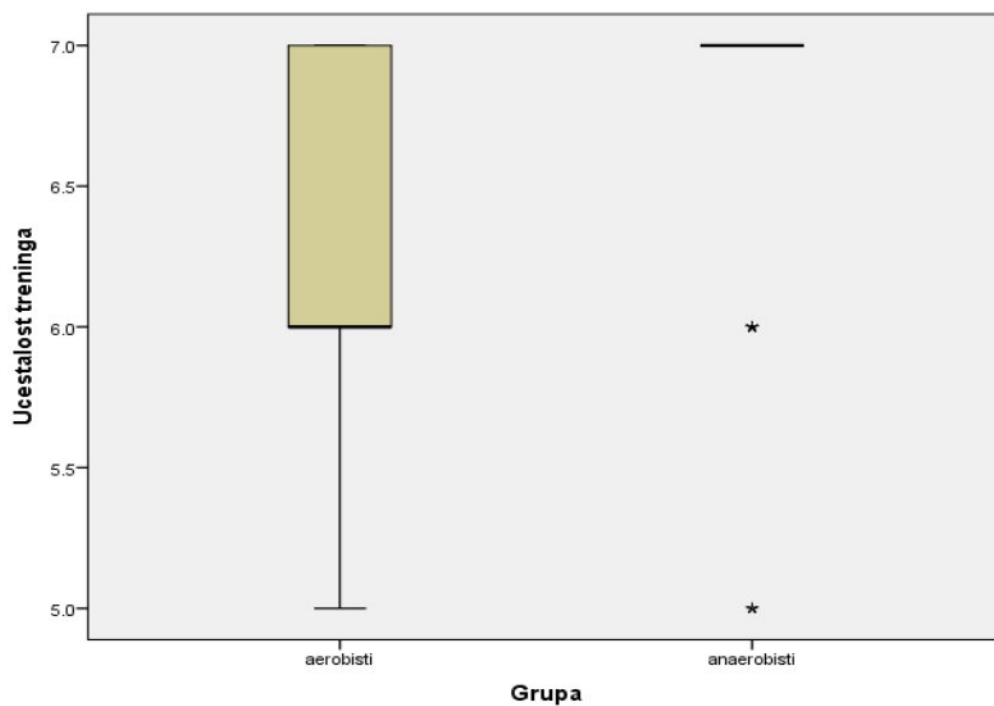
*t test

AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija, Min, minimalna vrednost; Maks, maksimalna vrednost

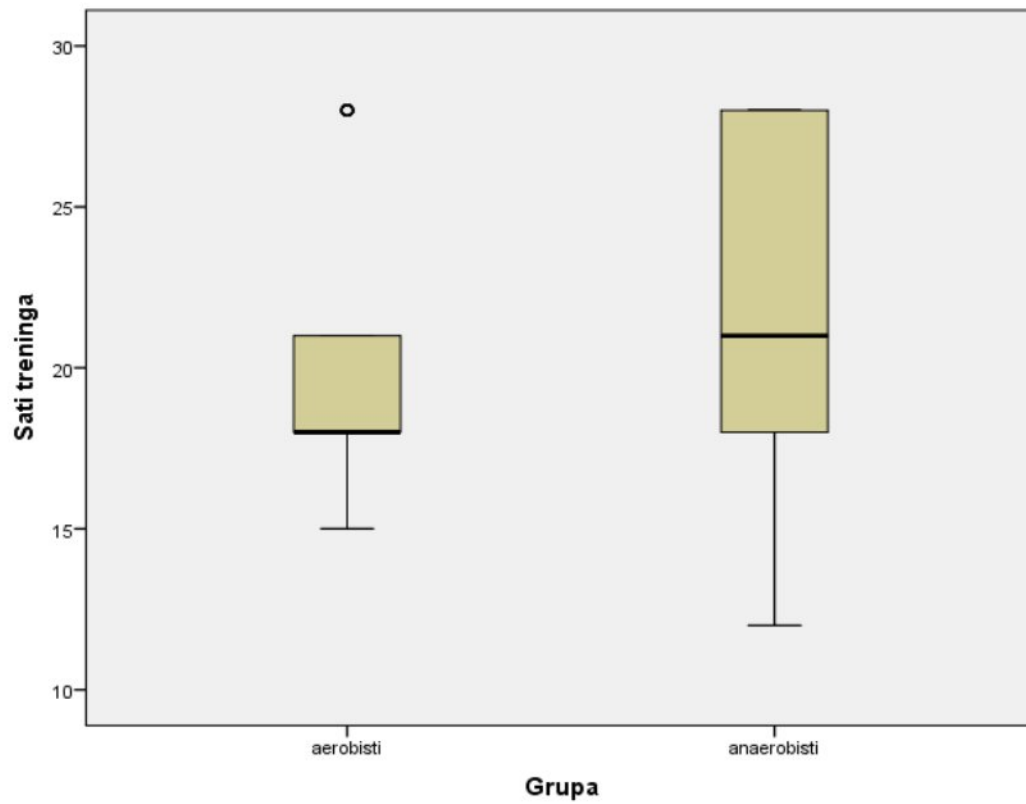
Iz tabele se vidi da je prosečna vrednost godina treniranja veća kod aerobista nego kada su u pitanju anaerobisti. Statističkom analizom je utvrđeno da je ova razlika značajna. Prosečna vrednost i medijana učestalosti treninga i trajanja treninga u satima je statistički značajno veća u grupi anaerobista. Rezultati su prikazani i na grafikonima 5, 6, 7.



Grafikon 5. Prosečne vrednosti godine treniranja u grupi aerobnih i anaerobnih sportista



Grafikon 6. Učestalost nedeljnog treninga u grupi aerobnih i anaerobnih sportista



Grafikon 7. Učestalost treninga u toku nedelju dana (sati) u grupi sportista

4-3. Spirometrijski parametri kod fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika

Funkcionalna ispitivanja respiratornog sistema vršena su merenjem statičkih i dinamičkim plućnih volumena i kapaciteta.

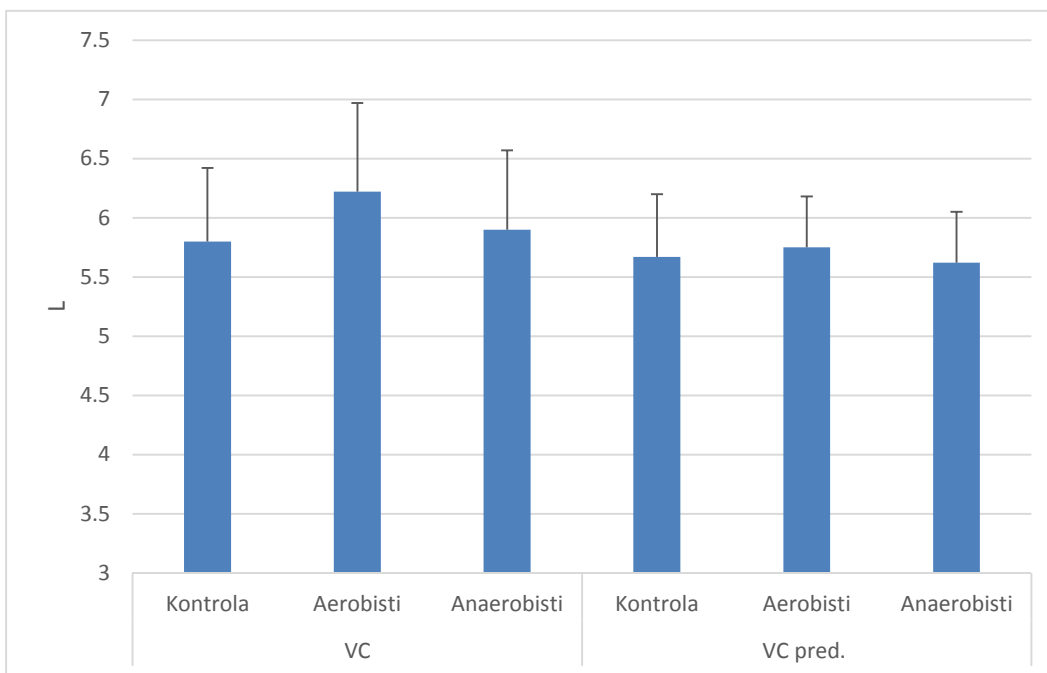
Tabela 5. Vrednosti vitalnog kapaciteta u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs	Anaero. vs	Aero. vs
					Kont. ^a	Kont. ^a	Anaero ^b
kontrolna	5,80	0,62	4,79	7,30			
VC (L)							
aerobisti	6,22	0,75	4,34	8,37	0,006	1,000	0,019
anaerobisti	5,90	0,67	4,58	7,55			
Ukupno	6,02	0,72	4,34	8,37			
kontrolna	103,83	9,02	82,00	125,00			
VC (%)							
aerobisti	108,14	10,20	90,00	146,00	0,046	1,000	0,042
anaerobisti	104,33	9,28	91,00	128,00			
Ukupno	105,94	9,80	82,00	146,00			

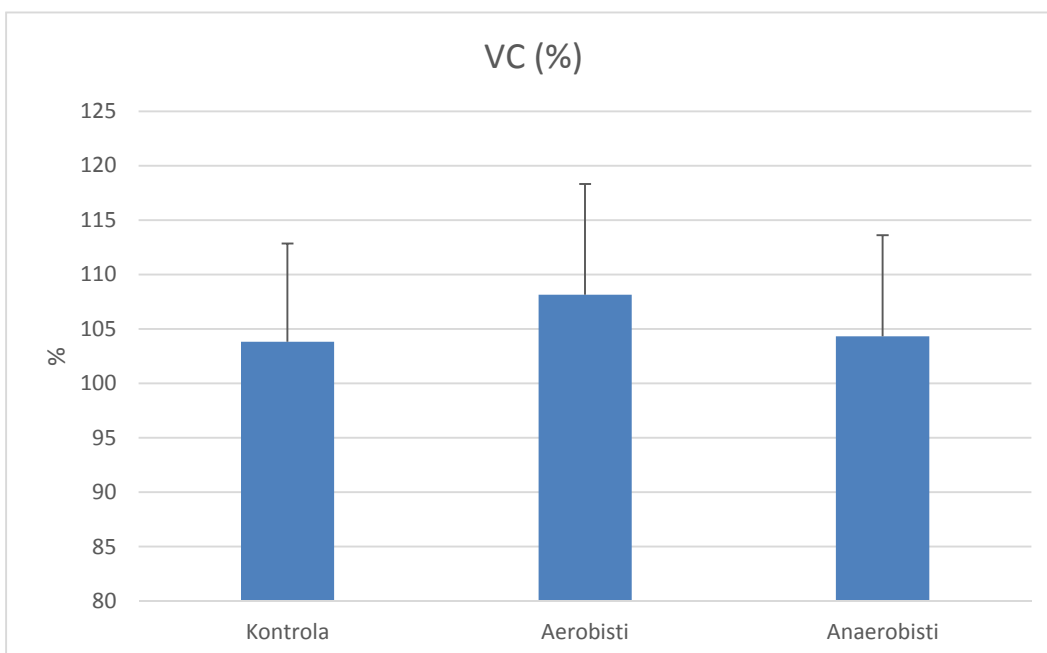
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*) 2)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; VC, vitalni kapacitet; VC %, procenat u odnosu na predviđenu vrednost;

Analizirajući svako obeležje posmatranja posebno utvrđeno je da je prosečna vrednost VC (L), kao i VC (%) najveća u grupi aerobista, dok su prosečne vrednosti ostale dve grupe vrlo slične. Statističkom analizom je utvrđeno da su značajne razlike po VC (L) i VC (%) između aeroba i kontrolne grupe, kao i anaeroba i aeroba, dok razlika nije postojala između anaerobista i kontrola. Rezultati su i grafički prikazani (Grafikoni 8, 9).



Grafikon 8. Vitalni kapacitet (L) i predviđeni vitalni kapacitet (L) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 9. Ostvareni vitalni kapacitet (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

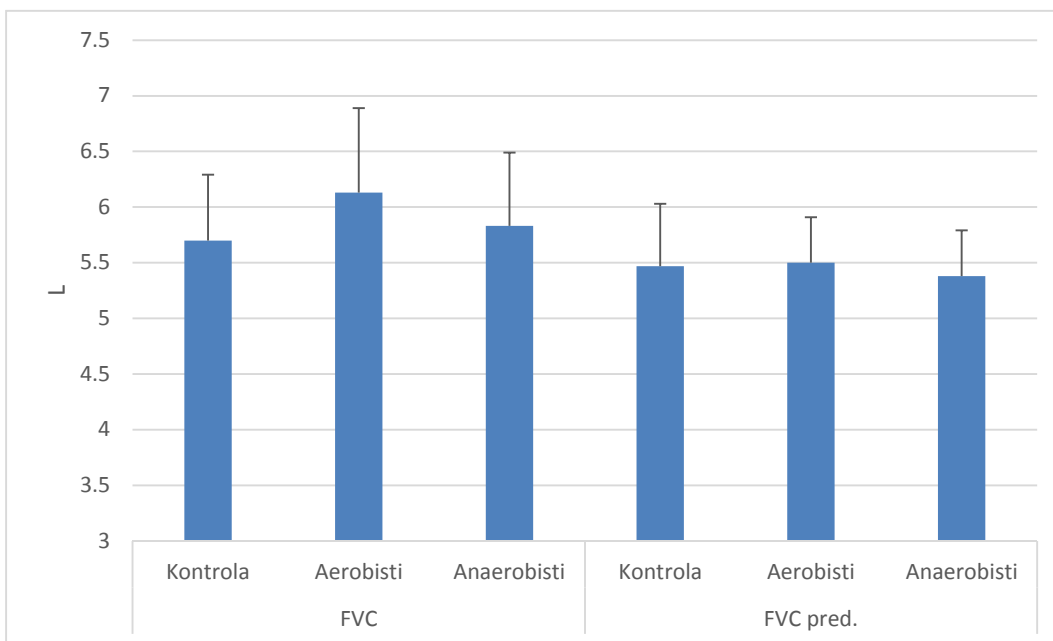
Tabela 6. Vrednosti forsiranog vitalnog kapaciteta (FVC) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

Grupa		AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs Anaero. ^b
FVC (L)	kontrolna	5,70	0,59	4,71	7,21			
	aerobisti	6,13	0,76	4,34	8,34	0,004	0,780	0,026
	anaerobisti	5,83	0,66	4,44	7,36			
	Ukupno	5,93	0,71	4,34	8,34			
FVC (%)	kontrolna	107,62	9,14	86,00	129,00			
	aerobisti	111,57	11,06	91,00	153,00	0,084	1,000	0,075
	anaerobisti	108,07	9,42	93,00	131,00			
	Ukupno	109,55	10,25	86,00	153,00			

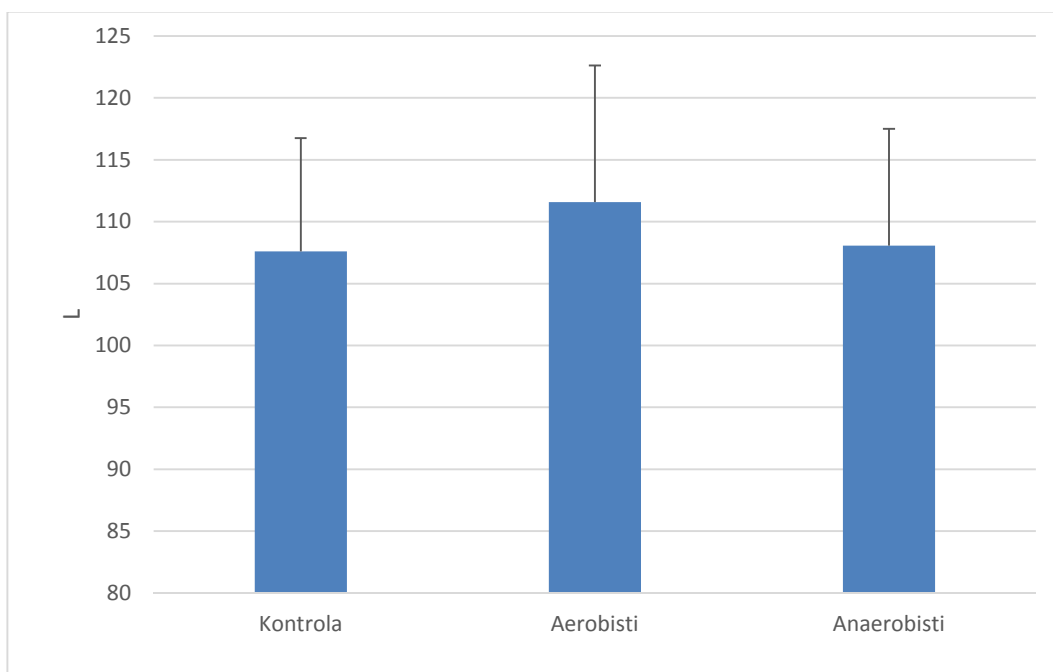
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference* 2)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC %, procenat u odnosu na predviđenu vrednost;

Iz tabele 6 može se videti da je prosečna vrednost FVC (L) i FVC (%) najveća u grupi aerobista, dok su prosečne vrednosti ostale dve grupe vrlo slične. Statističkom analizom je utvrđeno da postoji značajna razlika između aeroba i kontrolne grupe, kada je u pitanju FVC (L) kao i razlika između aeroba i anaeroba. Kada je u pitanju FVC (%), značajnosti su blizu konvencionalnog nivoa od 0,05, kada se porede aerobi i kontrolna grupa i aerobi i anaerobi. Rezultati su prikazani grafikonima 10 i 11.



Grafikon 10. Forsirani vitalni kapacitet (FVC) u litrima (L), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 11. Ostvareni forsirani vitalni kapacitet (FVC) u litrima (L), u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

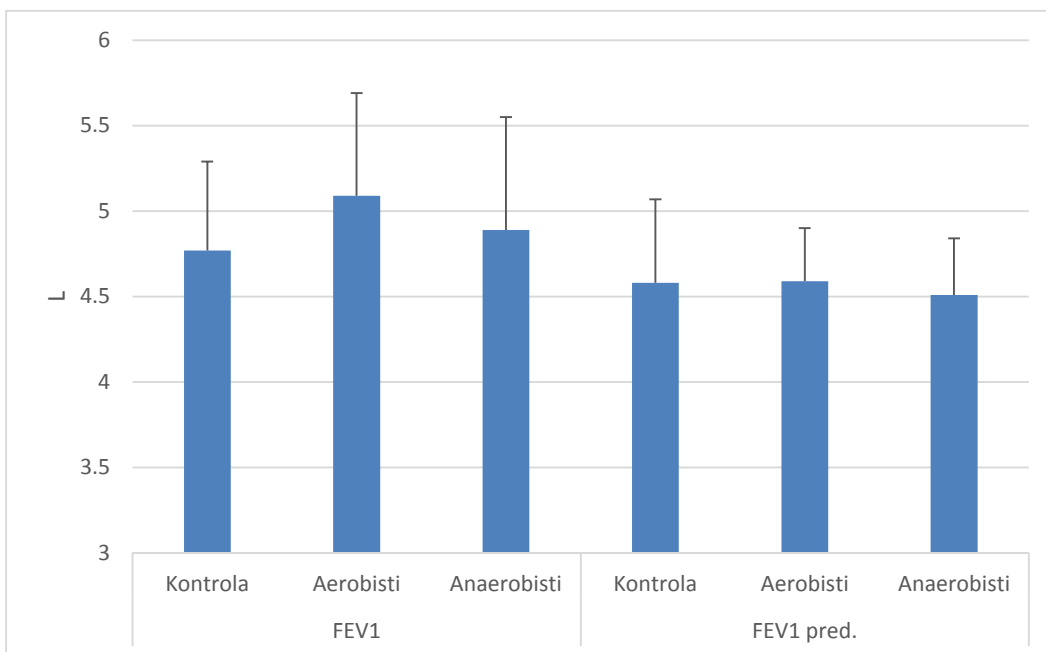
Tabela 7. Vrednosti forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

	Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs Anaero. ^b
FEV1 (L)	kontrolna	4,77	0,52	3,90	5,94			
	aerobisti	5,09	0,60	3,82	6,59	0,010	0,704	0,074
	anaerobisti	4,89	0,66	3,42	6,46			
	Ukupno	4,95	0,61	3,42	6,59			
FEV1 (%)	kontrolna	107,52	10,51	80,00	129,00			
	aerobisti	110,46	10,65	90,00	134,00	0,346	1,000	0,223
	anaerobisti	107,86	12,09	80,00	137,00			
	Ukupno	108,96	11,04	80,00	137,00			

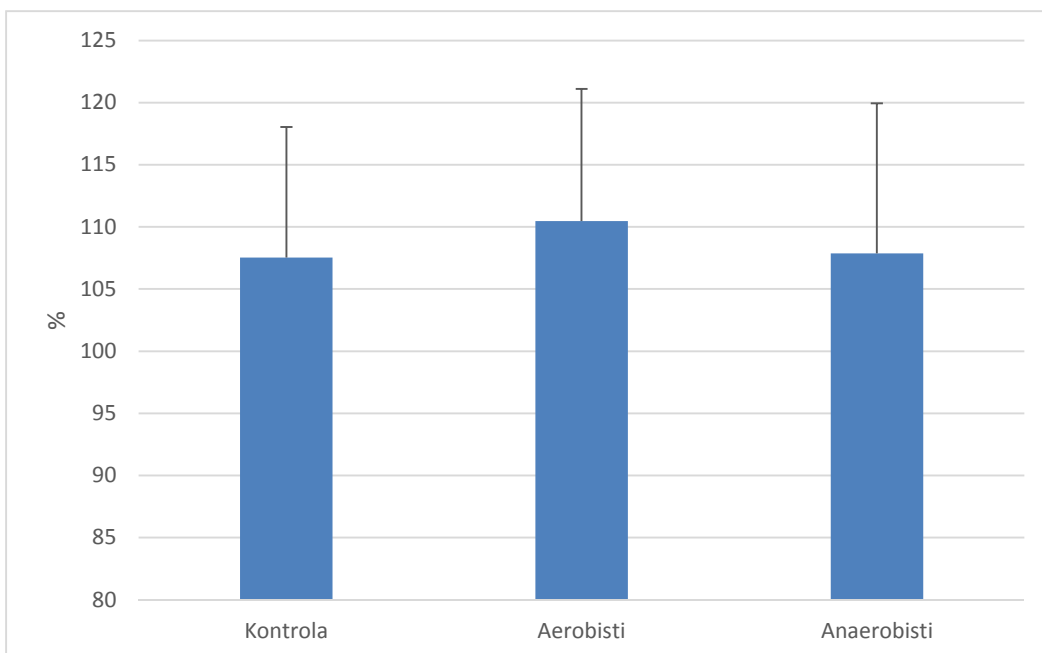
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Iz tabele 7 vidi se da je prosečna vrednost FEV1 (L) najveća u grupi aerobista, dok su prosečne vrednosti ostale dve grupe vrlo slične. Kada je u pitanju FEV1 pred. i FEV1 (%) vidi da su prosečne vrednosti sve tri grupe vrlo slične. Statističkom analizom je utvrđeno da postoji značajna razlika između aeroba i kontrolne grupe, kada je u pitanju FEV1 (L), dok je razlika između aeroba i anaeroba blizu konvencionalnog nivoa značajnosti od 0,05. Ostale razlike, kada su u pitanju FEV1 pred. i FEV1 (%) nisu statistički značajne. Rezultati su prikazani u grafikonima 12 i 13.



Grafikon 12. Forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV1) u litrima (L), ostvareni i predviđeni u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 13. Forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

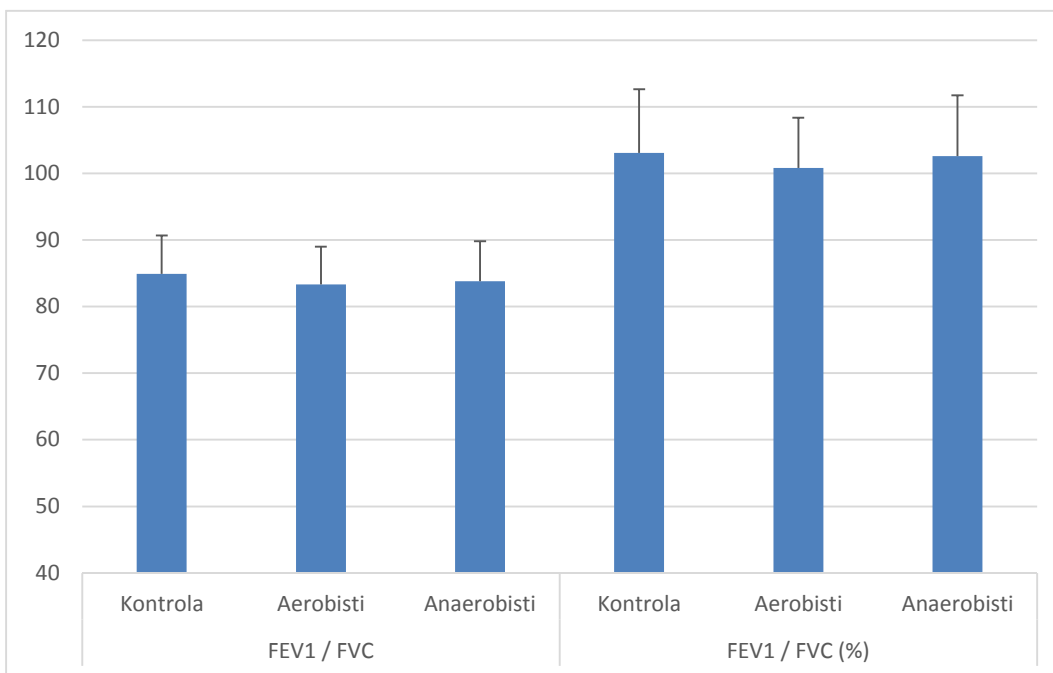
Tabela 8. Forsirani ekspiratornog volumen u prvoj sekundi (FEV1) / forsirani vitalni kapacitet (FVC), u litrima (L) i procentima (%) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. Vs Anaero.
kontrolna	84,90	5,79	74,67	99,36			
FEV1 / FVC (L)							
aerobisti	83,32	5,66	70,32	94,94	0,320	0,782	0,651
anaerobisti	83,82	5,97	70,89	95,65			
Ukupno	83,88	5,78	70,32	99,36			
kontrolna	103,05	9,58	88,00	141,00			
FEV1 / FVC (%)							
aerobisti	100,82	7,56	85,00	126,00	0,366	1,000	0,282
anaerobisti	102,60	9,12	86,00	128,00			
Ukupno	101,90	8,58	85,00	141,00			

^aKorigovana p vrednost (dobijena p vrednost pomnožena sa 2)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta;

Iz tabele 8 vidi se da su sve prosečne vrednosti vrlo slične kada su u pitanju oba ispitivana obeležja posmatranja. Statističkom analizom je, takođe, utvrđeno da nema značajnih razlika između ispitivanih grupa.



Grafikon 14. Forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi (FEV1)/ forsirani vitalni kapacitet (FVC), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

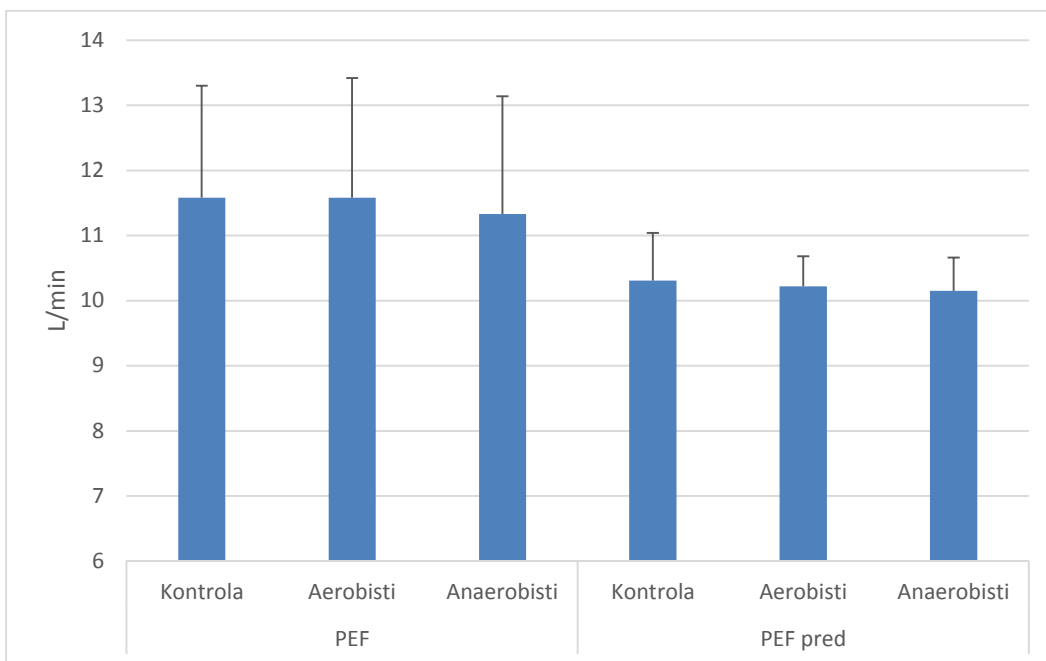
Tabela 9. Vršni ekspiratorni protoka (PEF), u litrima (L) i procentima (%) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

	Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs Anaero. ^b
PEF (L)	kontrolna	11,58	1,72	7,77	17,40			
	aerobisti	11,58	1,84	6,92	16,96	1,000	1,000	0,467
	anaerobisti	11,33	1,81	7,81	15,19			
	Ukupno	11,51	1,79	6,92	17,40			
PEF (%)	kontrolna	116,67	17,13	81,00	171,00			
	aerobisti	112,83	17,23	74,00	164,00	0,282	0,436	0,836
	anaerobisti	112,16	15,59	82,00	148,00			
	Ukupno	113,68	16,77	74,00	171,00			

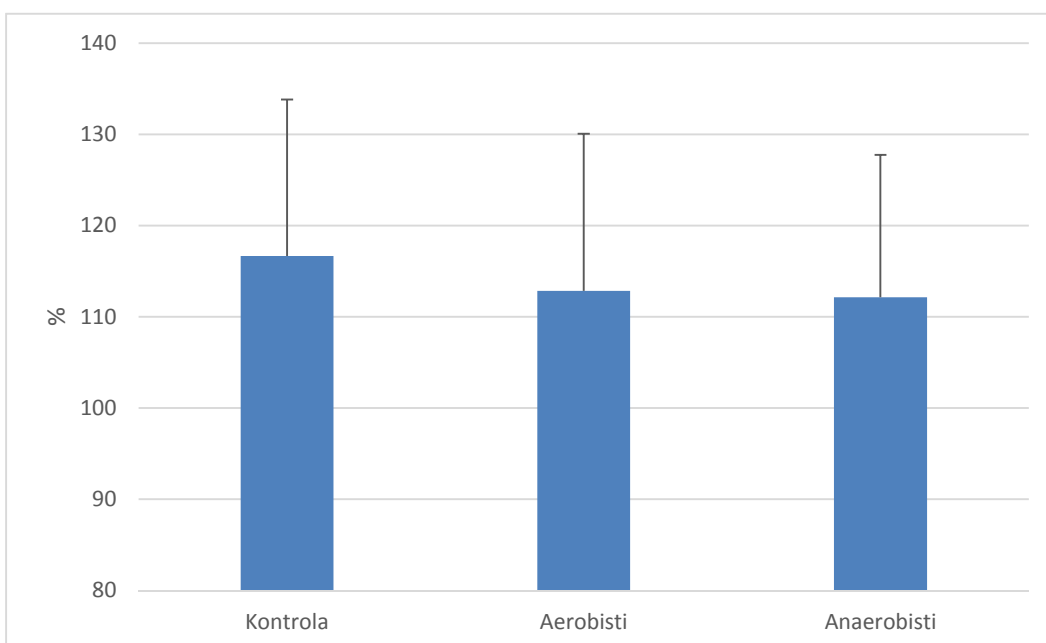
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; PEF, vršni protok; PEF %, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Iz tabele 9 može se uočiti da su prosečne vrednosti PEF-a vrlo slične u svim grupama za svako ispitivano obeležje posmatranja. Statističkom analizom je utvrđeno da nema značajnih razlika između grupa po ispitivanim obeležjima posmatranja.



Grafikon 15. Vršni ekspiratorni protok (PEF) u litrima (L), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 16. Vršni ekspiratorni protok (PEF) u procentima (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

4-4. Difuzijski kapacitet pluća kod fizički aktivnih i neaktivnih ispitanika

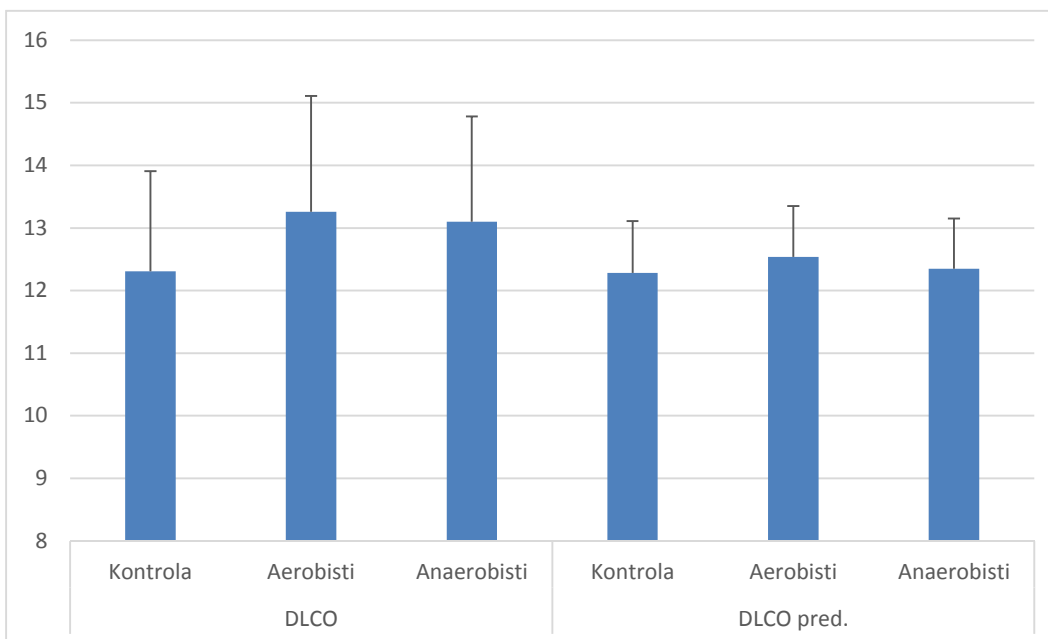
Tabela 10. Difuzijski plućni kapacitet (DLCO), u litrima (L) i procentima (%) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

Grupa		AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs Anaero. ^b
DLCO (L)	kontrolna	12,31	1,60	9,32	15,79			
	aerobisti	13,26	1,85	9,29	18,01	0,012	0,080	0,629
	anaerobisti	13,10	1,68	9,05	16,97			
	Ukupno	12,96	1,78	9,05	18,01			
DLCO (%)	kontrolna	100,36	12,92	72,00	126,00			
	aerobisti	105,72	13,45	83,00	146,00	0,068	0,082	0,867
	anaerobisti	106,14	11,99	80,00	127,00			
	Ukupno	104,40	13,07	72,00	146,00			

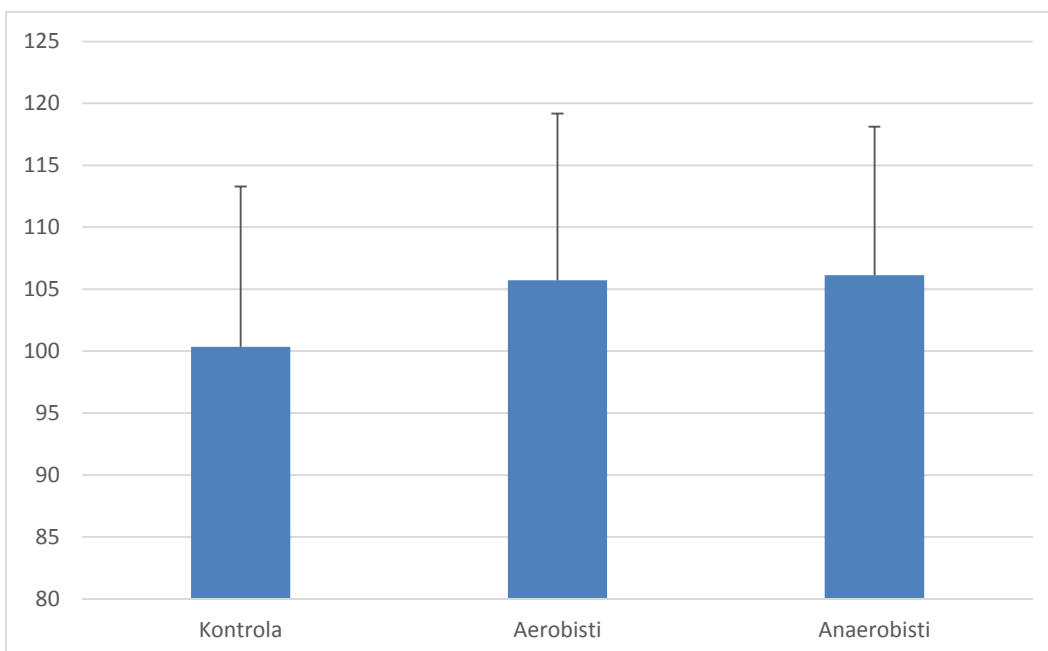
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Iz tabele se vidi da su prosečne vrednosti kontrolne grupe manje u odnosu na ostale dve grupe sportista, kada je u pitanju DLCO (L) i DLCO (%). Statističkom analizom je utvrđeno da je značajna razlika između aeroba i kontrolne grupe, kada je u pitanju DLCO (L), dok je kod iste varijable razlika između anaeroba i kontrolne grupe blizu konvencionalnog nivoa značajnosti od 0,05. Kada analiziramo DLCO (%), značajnost razlike između aeroba i kontrolne grupe je blizu konvencionalnog nivoa značajnosti. Isto važi i za razliku anaeroba i kontrolne grupe. Rezultati su prikazani grafikonima 17 i 18.



Grafikon 17. Difuzijski kapacitet za ugljen monoksid (DLCO) u litrima (L), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 18. Difuzijski kapacitet za ugljen monoksid (DLCO) u procentima (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

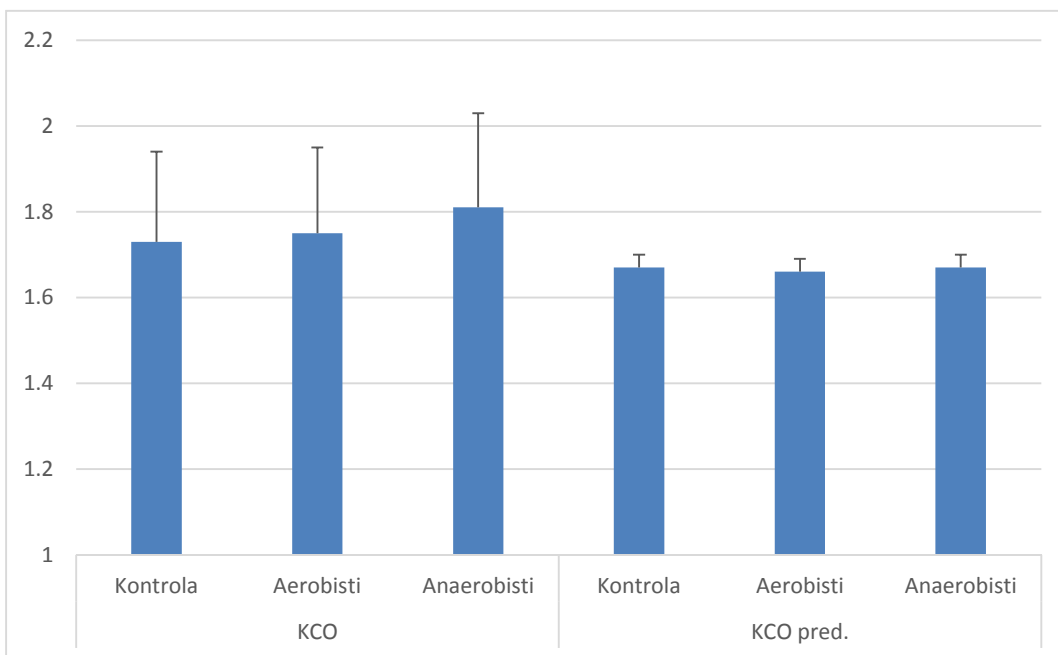
Tabela 11. Transfer koeficijent za CO (KCO), u litrima (L) i procentima (%) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

	Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs Anaero. ^b
KCO (L)	kontrolna	1,73	0,21	1,29	2,18			
	aerobisti	1,75	0,20	1,36	2,34	1,000	0,134	0,134
	anaerobisti	1,81	0,22	1,30	2,34			
	Ukupno	1,76	0,21	1,29	2,34			
KCO (%)	kontrolna	103,62	11,57	81,00	128,00			
	aerobisti	104,86	11,71	82,00	138,00	1,000	0,156	0,145
	anaerobisti	108,26	12,99	77,00	137,00			
	Ukupno	105,46	12,09	77,00	138,00			

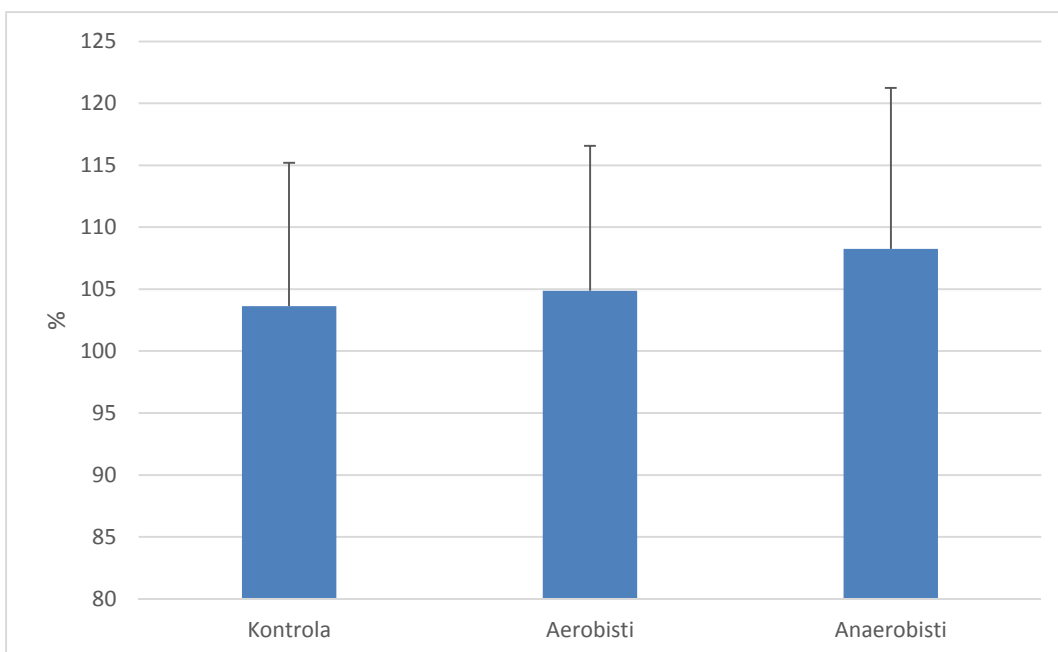
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost;

Kada je u pitanju KCO, evidentno je da su prosečne vrednosti sve tri varijable vrlo slične u svakoj od ispitivanih grupa. Statističkom analizom je utvrđeno da nema značajnih razlika između grupa. Rezultati su prikazani grafikonom 19 i 20.



Grafikon 19. Transfer koeficijent za ugljen monoksid (KCO) u litrima (L), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 20. Transfer koeficijent za ugljen monoksid (KCO) u procentima (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

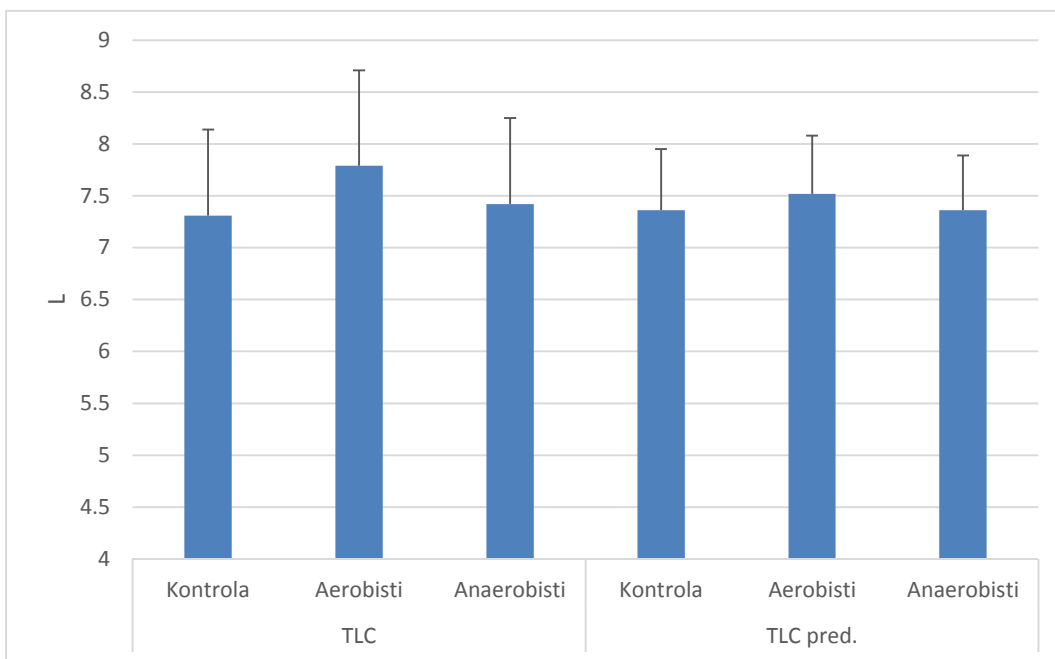
Tabela 12. Totalni plućni kapacitet (TLC), u litrima (L) i procentima (%) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

	Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero. vs Anaero. ^b
TLC (L)	kontrolna	7,31	0,83	5,85	9,21			
	aerobisti	7,79	0,92	5,31	10,00	0,010	1,000	0,030
	anaerobisti	7,42	0,83	5,30	9,23			
	Ukupno	7,56	0,89	5,30	10,00			
TLC (%)	kontrolna	99,36	8,43	79,00	119,00			
	aerobisti	103,63	9,09	85,00	134,00	0,030	0,864	0,113
	anaerobisti	100,88	9,11	82,00	119,00			
	Ukupno	101,72	9,06	79,00	134,00			

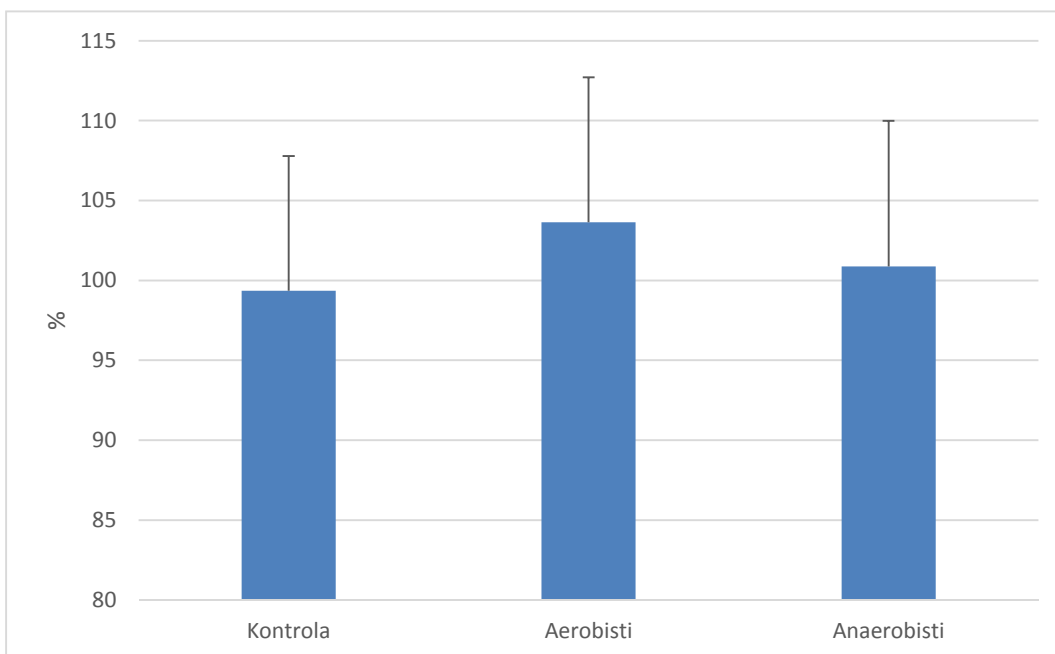
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Iz tabele se vidi da postoji značajna razlika između aerobista i kontrola kada je u pitanju TLC i TLC (%). Takođe, značajna razlika postoji između aerobista i anaerobista, ali samo kada je u pitanju TLC. Rezultati su i grafički prikazani grafikonima 21 i 22.



Grafikon 21. Totalni plućni kapacitet (TLC) u litrima (L), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 22. Totalni plućni kapacitet (TLC) u procentima (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

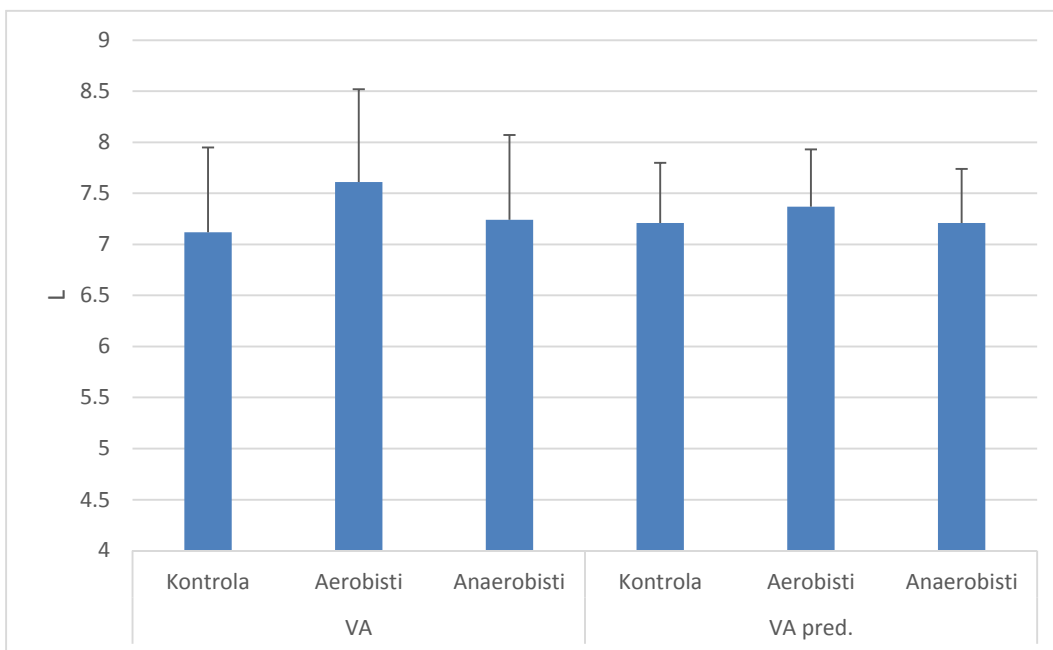
Tabela 13. Alveolarni volumen (VA), u litrima (L) i procentima (%) u grupi fizički aktivnih (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivnih ispitanika (kontrolna grupa, n=42)

	Grupa	AS	SD	Min	Maks	Aero. vs Kont. ^a	Anaero. vs Kont. ^a	Aero vs Anaero. ^b
VA (L)	kontrolna	7,12	0,83	5,61	9,03			
	aerobisti	7,61	0,91	5,16	9,94	0,008	1,000	0,030
	anaerobisti	7,24	0,83	5,13	9,01			
	Ukupno	7,38	0,89	5,13	9,94			
VA (%)	kontrolna	98,83	8,78	77,00	119,00			
	aerobisti	103,27	9,22	84,00	133,00	0,026	0,834	0,111
	anaerobisti	100,44	9,25	81,00	118,00			
	Ukupno	101,29	9,25	77,00	133,00			

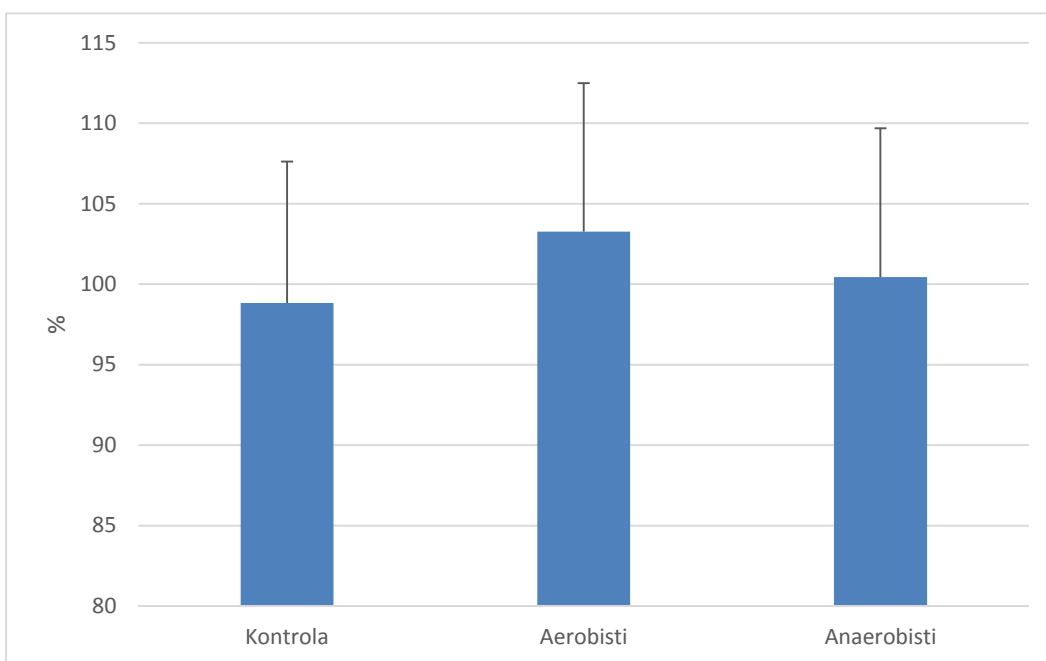
^aBonferroni korekcija ^bLSD (*Low Significant Difference*)

Aero, grupa aerobnih sportista; Anaero, grupa anaerobnih sportista; Kont, Kontrolna grupa; AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija; Med, medijana; Min, najmanja vrednost; Max, najveća vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Iz tabele se vidi da su prosečne vrednosti najveće u grupi aerobista. Kada je u pitanju VA, statističkom analizom je utvrđeno da postoji značajna razlika između aerobista i kontrolne grupe, ali i između aerobista i anaerobista. Rezultati su prikazani grafikonima 23 i 24.



Grafikon 23. Alveolarni volumen (VA) u litrima (L), ostvareno i predviđeno u grupama sportista i u kontrolnoj grupi



Grafikon 24. Alveolarni volumen (VA) u procentima (%) u grupama sportista i u kontrolnoj grupi

4-5. Korelacija antropometrijskih parametara i disajne funkcije

Tabela 14. Korelacije između starosti, antropometrijskih parametara i disajne funkcije kod svih ispitivanih grupa

	Starost		TM		TV		BMI	
	r	p	r	p	r	p	r	p
VC	0,013	0,871	0,296	<0,001	0,640	<0,001	-0,093	0,248
VC %	0,109	0,173	0,003	0,969	0,016	0,841	-0,005	0,954
FVC	0,018	0,823	0,278	<0,001	0,616	<0,001	-0,098	0,224
FVC %	0,084	0,294	-0,021	0,790	0,013	0,871	-0,030	0,709
FEV 1	-0,029	0,716	0,185	0,020	0,579	<0,001	-0,173	0,030
FEV 1 %	0,093	0,245	-0,067	0,408	0,077	0,339	-0,119	0,137
FEV1/FVC%	0,024	0,763	-0,226	0,004	-0,107	0,182	-0,180	0,024
PEF	0,084	0,298	0,332	<0,001	0,381	<0,001	0,131	0,101
PEF %	0,093	0,247	0,182	0,022	0,143	0,075	0,117	0,145

TM, telesna masa; TV, telesna visina, BMI, indeks telesne mase;

VC, vitalni kapacitet; VC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta; PEF, vršni ekspiratorni protok; PEF%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Značajne korelacije TM i TV su sa VC, FVC PEF i PEF%. Takođe, značajne su korelacije sa FEV1/FVC ostvareno i isti parameter u procentima sa TM, dok ova korelacija nije značajna sa TV. Kada je BMI u pitanju, značajne su korelacije sa FEV1 i FEV1/FVC.

Tabela 15. Korelacije između starosti, antropometrijskih parametara i disajne funkcije u ispitivanim grupama (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivni ispitanici (kontrolna grupa, n=42)

Grupa		Starost		TM		TV		BMI	
		r	p	r	p	r	p	r	p
kontrolna	VC	-0,014	0,928	0,151	0,340	0,606	<0,001	-0,215	0,171
	VC %	0,002	0,990	-0,262	0,094	-0,089	0,576	-0,243	0,121
	FVC	0,074	0,643	0,146	0,358	0,567	<0,001	-0,201	0,201
	FVC %	-0,009	0,953	-0,282	0,071	-0,085	0,593	-0,268	0,087
	FEV 1	-0,054	0,735	-0,051	0,750	0,500	0,001	-0,367	0,017
	FEV 1 %	-0,045	0,775	-0,431	0,004	0,029	0,857	-0,487	0,001
	FE1/VCostvareno	0,077	0,630	-0,389	0,011	-0,052	0,742	-0,380	0,013
	%FEV1/VC ostvareno	0,133	0,401	-0,378	0,014	-0,137	0,386	-0,335	0,030
	PEF	0,277	0,076	0,257	0,101	0,198	0,209	0,172	0,277
	PEF %	0,059	0,712	-0,034	0,829	0,038	0,810	-0,060	0,705
aerobisti	VC	0,109	0,362	0,371	0,001	0,628	<0,001	0,026	0,826
	VC %	0,188	0,113	0,134	0,263	0,031	0,796	0,147	0,217
	FVC	0,112	0,351	0,343	0,003	0,608	<0,001	0,007	0,952
	FVC %	0,171	0,150	0,087	0,468	0,029	0,809	0,095	0,427
	FEV 1	0,099	0,410	0,325	0,005	0,612	<0,001	-0,018	0,878
	FEV 1 %	0,247	0,036	0,143	0,231	0,079	0,508	0,124	0,299
	FE1VC ostvareno	-0,009	0,941	-0,07	0,560	-0,082	0,495	-0,031	0,798
	%FE1VC ostvareno	0,067	0,575	-0,157	0,188	-0,089	0,458	-0,125	0,297
	PEF	0,137	0,252	0,413	<0,001	0,398	0,001	0,226	0,056
	PEF %	0,203	0,087	0,324	0,006	0,135	0,259	0,298	0,011
anaerobisti	VC	-0,063	0,688	0,443	0,003	0,677	<0,001	-0,089	0,570
	VC %	0,124	0,427	0,074	0,638	-0,022	0,889	0,104	0,506
	FVC	-0,116	0,457	0,438	0,003	0,661	<0,001	-0,083	0,599
	FVC %	0,047	0,764	0,071	0,650	-0,025	0,871	0,103	0,511
	FEV 1	-0,142	0,363	0,287	0,062	0,572	<0,001	-0,161	0,303
	FEV 1 %	-0,005	0,975	-0,015	0,922	0,061	0,699	-0,055	0,724
	FE1VC ostvareno	-0,113	0,470	-0,156	0,318	0,056	0,720	-0,203	0,192
	%FE1VC ostvareno	-0,183	0,241	-0,167	0,284	-0,050	0,748	-0,119	0,448
	PEF	-0,206	0,185	0,261	0,091	0,532	<0,001	-0,164	0,292
	PEF %	-0,169	0,278	0,125	0,425	0,312	0,041	-0,126	0,421

TM, telesna masa; TV, telesna visina, BMI, indeks telesne mase; VC, vitalni kapacitet; VC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta; PEF, vršni ekspiratorni protok; PEF%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Kada se ispitanici podele u grupe, dobijaju se slični rezultati, ali sa varijacijama po grupama. Naime, neki od korelacionih koeficijenata gube značajnost, dok neki postaju značajni.

Tabela 16. Korelacije između starosti, antropometrijskih parametara i difuzijskog kapaciteta pluća u svim ispitivanim grupama

	Starost		TM		TV		BMI	
	r	p	r	p	r	p	r	p
DLCO ostvareno	-0,131	0,102	0,081	0,313	0,346	<0,001	-0,146	0,068
DLCO C %	-0,060	0,456	-0,135	0,093	-0,115	0,153	-0,082	0,306
KCO ostvareno	-0,166	0,038	-0,086	0,282	-0,230	0,004	0,048	0,548
KCO C %	-0,099	0,218	-0,011	0,891	-0,141	0,077	0,076	0,343
TLC ostvareno	0,010	0,902	0,203	0,011	0,663	<0,001	-0,212	0,008
TLC %	0,023	0,780	-0,158	0,049	0,037	0,644	-0,205	0,010
VA ostvareno	0,000	1,000	0,176	0,028	0,652	<0,001	-0,236	0,003
VA %	0,014	0,861	-0,189	0,018	0,024	0,766	-0,230	0,004

TM, telesna masa; TV, telesna visina, BMI, indeks telesne mase; DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Značajna korelacija TM i TV sa DLCO, KCO, TLC i VA, sa određenim varijacijama posebno za TM i TV. BMI značajno korelira sa KCO, TLC i VA dok je sa DLCO na granici konvencionalnog nivoa značajnosti.

Tabela 17. Korelacije između starosti, antropometrijskih parametara i difuzijskog kapaciteta pluća u ispitivanim grupama (aerobni sportisti, n=72 i anaerobni sportisti, n=43) i neaktivni ispitanici (kontrolna grupa, n=42)

Grupa		Starost		TM		TV		BMI	
		r	p	r	p	r	p	r	p
kontrolna	DLCO ostvareno	-0,318	0,040	-0,092	0,561	0,164	0,298	-0,0218	0,165
	DLCO C %	-0,205	0,192	-0,314	0,043	-0,317	0,041	-0,170	0,282
	KCO ostvareno	-0,270	0,084	-0,094	0,556	-0,363	0,018	0,115	0,469
	KCOC %	-0,194	0,219	-0,051	0,750	-0,294	0,059	0,121	0,446
	TLC ostvareno	-0,114	0,472	0,052	0,742	0,653	<0,001	-0,350	0,023
	TLC %	-0,107	0,498	-0,378	0,014	-0,029	0,854	-0,416	0,006
	VA ostvareno	-0,119	0,453	0,017	0,914	0,638	<0,001	-0,381	0,013
	VA %	-0,112	0,479	-0,404	0,008	-0,048	0,763	-0,435	0,004
aerobisti	DLCO ostvareno	-0,092	0,442	0,170	0,153	0,401	<0,001	-0,066	0,579
	DLCO C %	-0,049	0,681	-0,015	0,904	-0,025	0,832	0,002	0,988
	KCO ostvareno	-0,170	0,154	-0,065	0,587	-0,189	0,111	0,037	0,754
	KCOC %	-0,099	0,406	0,037	0,759	-0,080	0,502	0,085	0,478
	TLC ostvareno	0,085	0,480	0,270	0,023	0,681	<0,001	-0,124	0,303
	TLC %	0,049	0,685	-0,055	0,650	0,073	0,546	-0,096	0,426
	VA ostvareno	0,072	0,551	0,242	0,042	0,669	<0,001	-0,148	0,217
	VA %	0,042	0,727	-0,088	0,466	0,063	0,604	-0,128	0,288
anaerobisti	DLCO ostvareno	0,079	0,616	0,276	0,073	0,387	0,010	-0,038	0,809
	DLCO C %	0,190	0,223	-0,024	0,880	-0,128	0,413	0,071	0,650
	KCO ostvareno	-0,012	0,938	-0,012	0,941	-0,160	0,307	0,121	0,440
	KCOC %	0,041	0,793	0,064	0,685	-0,083	0,598	0,145	0,352
	TLC ostvareno	0,063	0,686	0,356	0,019	0,614	<0,001	-0,134	0,392
	TLC %	0,172	0,271	-0,080	0,611	-0,058	0,712	-0,055	0,725
	VA ostvareno	0,058	0,713	0,336	0,028	0,605	<0,001	-0,151	0,333
	VA %	0,161	0,302	-0,108	0,489	-0,073	0,642	-0,074	0,636

TM, telesna masa; TV, telesna visina, BMI, indeks telesne mase;

DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCOC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Statistička značajna korelacija je utvrđena između TM i TV sa svim predviđenim vrednostima difuzijskog kapaciteta pluća u sve tri ispitivane grupe. Telesna masa i visina su pozitivno korelisale sa ostvarenim vrednostima TLC% i VA% u grupi sportista.

4-6. Karakteristike treniranja u odnosu na parametre plućne funkcije

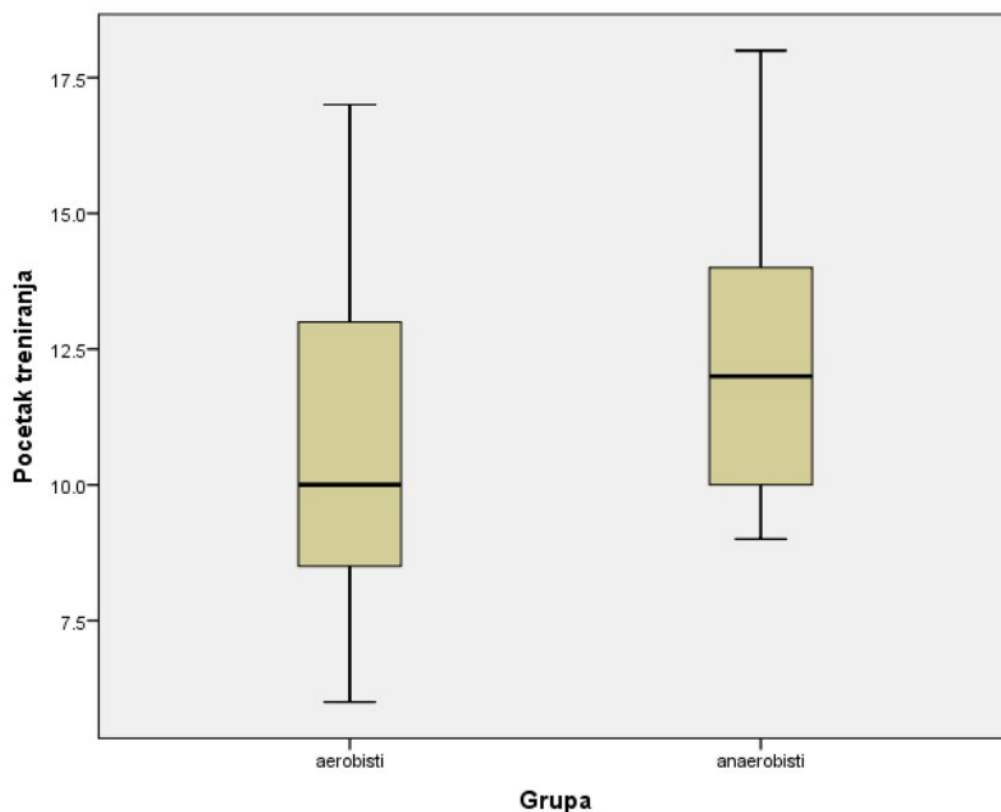
Tabela 18. Godine starosti na početku treniranja u grupi sportista

Grupa	AS	SD	Min	Max
aerobisti	10,53	3,03	6	17
anaerobisti	12,42	2,44	9	18
Ukupno	11,23	2,96	6	18

AS, aritmetička sredina; SD, standardna devijacija, Min, najmanja vrednost; Max, maksimalna vrednost

Na osnovu rezultata iz tabele 18, može se zaključiti da su anaerobisti imali nešto kasniji početak bavljenja sportom, ali je ta razlika statistički značajna ($t=-3,665$; $p<0,001$).

Rezultati su prikazani grafikonom broj 25.



Grafikon 25. Prosečna starost na početku treniranja u grupi aerobnih i anaerobnih sportista

Korelaciona analiza početka treniranja u odnosu na parametre plućne funkcije i protoka kod svih zajedno i po grupama (Tabela 19, 20).

Tabela 19. Korelacije između početka treniranja i parametara plućne funkcije i protoka za sve ispitivane grupe

	Početak treniranja	
	r	p
VC	-0,100	0,290
VC %	-0,107	0,253
FVC	-0,100	0,289
FVC %	-0,101	0,283
FEV 1	-0,107	0,257
FEV 1 %	-0,062	0,514
FEV1 / FVC ostvareno	-0,033	0,727
FEV1 / FVC ostvareno (%)	0,008	0,936
PEF	0,015	0,870
PEF %	0,050	0,596
DLCO ostvareno	-0,043	0,649
DLCO C %	-0,018	0,846
KCO ostvareno	0,046	0,622
KCO C %	0,064	0,496
TLC ostvareno	-0,084	0,373
TLC %	-0,111	0,239
VA ostvareno	-0,087	0,359
VA %	-0,112	0,236

VC, vitalni kapacitet; VC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta; PEF, vršni ekspiratorni protok; PEF%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Gledajući korelacionu analizu grupe sportista (i aeroba i anaeroba) nije utvrđena korelacija između difuzijskih parametara i početka treninga.

Tabela 20. Korelacije između početka treniranja i parametara plućne funkcije i protoka u grupi aerobnih i anaerobnih sportista

	Grupa			
	aerobisti		anaerobisti	
	Početak treniranja		Početak reniranja	
	r	p	r	p
VC	-0,006	0,962	-0,110	0,484
VC %	0,019	0,871	-0,222	0,153
FVC	-0,007	0,954	-0,125	0,424
FVC %	0,018	0,882	-0,232	0,134
FEV 1	-0,047	0,697	-0,089	0,570
FEV 1 %	0,029	0,809	-0,135	0,388
FEV1 / FVC ostvareno	-0,089	0,456	0,031	0,843
FEV1 / FVC ostvareno (%)	-0,052	0,662	0,016	0,918
PEF	0,004	0,975	0,113	0,472
PEF %	0,033	0,781	0,119	0,448
DLCO ostvareno	0,024	0,839	-0,158	0,311
DLCO C %	0,065	0,588	-0,235	0,130
KCO ostvareno	0,050	0,677	-0,085	0,587
KCO C %	0,078	0,515	-0,078	0,620
TLC ostvareno	0,022	0,857	-0,119	0,447
TLC %	0,010	0,934	-0,230	0,138
VA ostvareno	0,020	0,871	-0,123	0,430
VA %	0,006	0,959	-0,222	0,152

VC, vitalni kapacitet; VC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta; PEF, vršni ekspiratorni protok; PEF%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO %, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Kada se sportisti podele u grupe prema predominantnoj vrsti aktivnosti - aerobi i anaerobi, ne registruje se statistička značajnost u povezanosti između plućnih parametara i početka godina treniranja.

Tabela 21. Korelacija između treninga i plućne funkcije u grupi sportista

	Godine treniranja		Učestalost treninga		Sati treninga	
	r	p	r	p	r	p
VC	0,075	0,425	0,008	0,936	-0,135	0,150
VC %	0,247	0,008	0,027	0,777	-0,123	0,190
FVC	0,058	0,541	0,010	0,914	-0,150	0,110
FVC %	0,206	0,028	0,039	0,676	-0,131	0,164
FEV 1	0,030	0,750	-0,095	0,314	-0,202	0,031
FEV 1 %	0,187	0,045	-0,071	0,451	-0,213	0,022
FEV1 / FVC ostv.	-0,046	0,624	-0,223	0,016	-0,093	0,324
FEV1 / FVC ostv.(%)	-0,059	0,532	-0,136	0,147	-0,117	0,211
PEF	-0,003	0,972	-0,116	0,216	-0,166	0,077
PEF %	0,059	0,533	-0,107	0,255	-0,142	0,129

VC, vitalni kapacitet; VC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta; PEF, vršni ekspiratorni protok; PEF%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO %, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

U grupi sportista, utvrđena je pozitivna korelacija između godina treniranja i VC %, FVC% i FEV1%. Učestalost treninga je u negativnoj korelaciji sa FEV1/FVC, a sati treninga su negativno korelisali sa FEV1 (L) i FEV1 (%).

Tabela 22. Korelacije između parametara treninga i plućnih kapaciteta u grupi aerobnih i anaerobnih sportista

Grupa		Godine treniranja		Učestalost treninga		Sati treninga		
		r	p	r	p	r	p	
aerobisti	VC	0,045	0,708	0,269	0,022	0,018	0,882	
	VC %	0,146	0,220	0,244	0,039	0,041	0,731	
	FVC	0,040	0,741	0,262	0,026	-0,007	0,953	
	FVC %	0,126	0,292	0,245	0,038	0,012	0,923	
	FEV 1	0,081	0,499	0,085	0,479	-0,072	0,550	
	FEV 1 pred	-0,141	0,238	0,096	0,421	-0,037	0,759	
	FEV 1 %	0,225	0,057	0,044	0,712	-0,128	0,282	
	FEV1 / FVC ostv.	0,084	0,485	-0,377	0,001	-0,060	0,615	
	FEV1 / FVC ostv.(%)	0,134	0,262	-0,321	0,006	-0,148	0,214	
	PEF	0,127	0,288	-0,012	0,919	-0,110	0,356	
	PEF %	0,198	0,096	-0,051	0,673	-0,125	0,296	
	anaerobisti	VC	-0,018	0,906	-0,232	0,134	-0,254	0,101
		VC %	0,333	,029	-0,153	0,326	-0,265	0,086
FVC		-0,055	0,726	-0,240	0,122	-0,270	0,080	
FVC %		0,270	0,080	-0,161	0,303	-0,268	0,082	
FEV 1		-0,155	0,320	-0,225	0,146	-0,290	0,059	
FEV 1 %		0,075	0,634	-0,144	0,357	-0,269	0,081	
FEV1 / FVC ostv.		-0,235	0,130	-0,068	0,664	-0,158	0,312	
FEV1 / FVC ostv.(%)		-0,275	0,074	-0,009	0,953	-0,141	0,368	
PEF		-0,283	0,066	-0,245	0,114	-0,216	0,163	
PEF %		-0,218	0,161	-0,211	0,174	-,0171	0,272	

VC, vitalni kapacitet; VC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FVC, forsirani vitalni kapacitet; FVC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1, forsirani ekspiratorni volumen u prvoj sekundi; FEV1%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; FEV1/FVC, odnos forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta; PEF, vršni ekspiratorni protok; PEF%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO %, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Posmatrajući sportiste zasebno po grupama, u grupi aerobista, utvrđena je pozitivna korelacija između godina treniranja i FEV1 (%); učestalost treninga je pozitivno korelirala sa VC (L), VC (%), FEV1 (%) i FEV1/FVC; statistička značajnost nije utvrđena između sati treniranja i disajnih kapaciteta.

U grupi anaerobnih sportista nađena je pozitivna korelacija između godina treniranja i VC (%). Nije nađena statistički značajna povezanost između učestalosti treniranja i plućnih kapaciteta. Sati treninga su negativno korelirali sa FEV1 (L).

Tabela 23. Korelacije između parametara treninga i difuzijskog kapaciteta pluća u grupi sportista

	Godine treniranja		Učestalost treninga		Sati treninga	
	r	p	r	p	r	p
DLCO ostvareno	-0,142	0,129	-0,077	0,414	-0,049	0,602
DLCO C %	-0,062	0,510	-0,048	0,612	-0,030	0,753
KCO ostvareno	-0,247	0,008	-0,004	0,966	0,041	0,661
KCO C %	-0,174	0,062	0,006	0,952	0,044	0,641
TLC ostvareno	0,079	0,406	-0,057	0,545	-0,125	0,185
TLC %	0,137	0,145	-0,056	0,557	-0,091	0,335
VA ostvareno	0,071	0,454	-0,054	0,566	-0,120	0,203
VA %	0,129	0,171	-0,054	0,565	-0,086	0,365

DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Analizirajući sve sportiste zajedno, iz tabele 23 može se zaključiti da godine treniranja, učestalost i sati treniranja ne korelišu sa parametrima difuzijskog kapaciteta pluća, tj. ne postoji statistička značajnost.

Tabela 24. Korelacije između parametara treninga i difuzijskog kapaciteta pluća u grupi aerobnih i anaerobnih sportista

Grupa		Godine treniranja		Učestalost treninga		Sati treninga	
		r	p	r	p	r	p
aerobisti	DLCO pred	-0,135	0,258	0,065	0,587	0,022	0,853
	DLCO ostvareno	-0,245	0,038	-0,071	0,554	-0,073	0,542
	DLCO C %	-0,204	0,085	-0,110	0,358	-0,093	0,438
	KCO pred	-0,435	<0,001	-0,048	0,688	0,109	0,361
	KCO ostvareno	-0,319	0,006	-0,235	0,047	-0,148	0,214
	KCO C %	-0,239	0,043	-0,223	0,060	-0,154	0,196
	TLC pred	0,012	0,920	0,131	0,277	-0,061	0,616
	TLC ostvareno	0,006	0,958	0,184	0,124	0,012	0,920
	TLC %	-0,006	0,957	0,135	0,260	0,053	0,662
	VA pred	0,012	0,920	0,131	0,277	-0,061	0,616
	VA ostvareno	-0,006	0,961	0,184	0,124	0,016	0,895
	VA %	-0,017	0,886	0,128	0,288	0,055	0,648
anaerobisti	DLCO pred	-0,375	0,013	-0,146	0,350	-0,068	0,666
	DLCO ostvareno	0,005	0,974	-0,055	0,725	0,001	0,993
	DLCO C %	0,221	0,154	0,039	0,803	0,046	0,769
	KCO pred	-0,499	0,001	-0,064	0,685	-0,093	0,554
	KCO ostvareno	-0,067	0,672	0,205	0,187	0,192	0,218
	KCO C %	-0,001	0,993	0,215	0,166	0,205	0,188
	TLC pred	-0,232	0,134	-0,140	0,372	-0,084	0,594
	TLC ostvareno	0,071	0,651	-0,287	0,062	-0,224	0,149
	TLC %	0,294	0,055	-0,229	0,139	-0,205	0,188
	VA pred	-0,235	0,129	-0,135	0,388	-0,080	0,608
	VA ostvareno	0,071	0,652	-0,279	0,070	-0,217	0,162
	VA %	0,288	0,061	-0,212	0,173	-0,193	0,214

DLCO, difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid; DLCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; KCO, transfer koeficijent za ugljen monoksid; KCO%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; TLC, ukupni plućni kapacitet; TLC%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost; VA, alveolarni volumen; VA%, procenat u odnosu na predviđenu vrednost

Analizirajući zasebno grupe sportista, u grupi aerobista je utvrđena negativna korelacija između godina treniranja i DLCO (L) i KCO%. Učestalost i sati treniranja nisu statistički značajno uticali na parametre difuzijskog kapaciteta.

U anaerobnoj grupi, godine treniranja su pozitivno korelirale sa TLC%. Kao i u grupi aerobista, učestalost i sati treniranja nisu statistički značajno uticali na parametre difuzijskog kapaciteta.

5. DISKUSIJA

Kako pod telesnom kompozicijom podrazumevamo postojanje međusobno zavisnih odnosa mišićne, masne i koštane komponente, to njihovo merenje, predstavlja bitnu kariku u selekciji sportista (Duncan i sar., 2006). Ovo proističe iz činjenice da odnos mišićne komponente telesnog sastava kao “aktivnog” supstrata u motornim radnjama i masnog tkiva kao relativno nepotrebnog “balasta” može predstavljati početnu komponentu u analizi opšte motoričke efikasnosti zasnovanoj na morfološkoj podlozi. Dakle, definitivni izgled tela i njegov sastav u određenom sportu rezultira kao fenomen poznat pod nazivom „sportska morfološka optimizacija“ (Lozovina i Pavičić, 2004).

Poznato je da morfološke karakteristike organizma u velikoj meri određuju sposobnost za podnošenje fizičkog napora, odnosno uspešnost u sportu. Koliko je velika povezanost govori činjenica da se određeni funkcionalni parametri obračunavaju upravo u odnosu na telesnu masu, telesnu visinu ili telesnu površinu (Lozovina i Pavičić, 2004).

U našem istraživanju, obe grupe sportista pokazale su specifičnost telesnog sastava u odnosu na kontrolnu grupu. Analizirajući telesnu masu (TM), uočeno je da su najveću telesnu težinu imali pripadnici kontrolne grupe, a najnižu pripadnici anaerobne vrste sporta. Statističkim testiranjem utvrđeno je da nema značajne razlike između tri posmatrane grupe, ali ipak, signifikantnost je bila blizu konvencionalnog nivoa značajnosti, pa je promena dizajna i uvođenje korekcije za naknadna poređenja kontrolne grupe sa aerobistima i anaerobistima, dovela do statistički značajne razlike između anaerobista i kontrola, u smislu manje telesne težine kod anaerobista, dok razlika nije uočena između aerobista i kontrola. Za razliku od TM, prosečne vrednosti telesne visine (TV) bile su gotovo identične po grupama, čak i u slučaju uvođenja korektivnog faktora u poređenju grupe sportista i kontrola. Izračunavanjem indeksa telesne mase (BMI) utvrđena je statistička značajnost između grupe sportista i kontrola, u smislu nižeg indeksa za grupu sportista, dok statistička značajnost nije postojala unutar same grupe sportista, tj. između aerobista i anaerobista.

U literaturi, brojni autori navode značajne razlike u telesnoj kompoziciji, TM i TV kod fizički aktivnih ispitanika (Bandyopadhyay A, 2004; Lozovina i Pavičić, 2004; Duncan i sar., 2006). Naša studija je utvrdila značajne razlike u TM između sportista i kontrolne grupe, bez razlike u TV, sa postojanjem značajne razlike u njihovom odnosu, tj. proporciji između mase tela i visine. Prema sprovedenoj studiji, grupa sportista imala je proporcionalni odnos između mase tela i visine, sa vrednošću BMI u normalnom opsegu ($18 < \text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$), ali ipak bližem gornjoj granici od 25 (24.97 ± 2.69 kod aerobista, 24.58 ± 1.97 kod anaerobista). Postojanjem statističke značajnosti između sportista i kontrola u BMI, može se zaključiti da fizička aktivnost dovodi do optimalnijih vrednosti BMI. Rezultati naše studije pokazuju približno iste BMI indekse u grupi sportista, ukazujući da vrsta sporta ne menja njegovu vrednost. Naši nalazi su u suprotnosti sa ranije objavljenim rezultatima, koji ističu da fudbaleri, kao pripadnici aerobne grupe, imaju najbolji proporcionalni odnos između mase tela i visine. Telesna kompozicija kod fudbalera, kao najpopularnijeg i najmasovnijeg sporta, izučavana je preko 30 godina. Sa poboljšanjem i uvođenjem novih kondicionih programa, kao i programa snage, zaključeno je da sa svakom dekodom fudbaleri postaju bolji, "idealniji" u odnosu na svoje prethodnike. Ovo se može više pripisati većoj snazi, brzini i agilnosti u sportskim disciplinama u današnje vreme, naročito u fudbalu (Santos DA i sar., 2014).

Međutim treba imati u vidu da BMI nije tačna i precizna mera procenta masti ili gojaznosti neke osobe. Nedavne studije (Harp JB i sar., 2005) objavile su visoku prevalencu gojaznosti kod profesionalnih fudbalera računajući samo BMI. Upravo ovakva kalkulacija kod profesionalnih fudbalera može dovesti do dramatičnih preceanjivanja u pogledu celokupnog zdravstvenog stanja u smislu "lažno pozitivne" gojaznosti. Međutim treba imati na umu da BMI ne razlikuje procenat masti i "čistog" tkiva. Ukoliko se u takvim slučajevima uzme u razmatranje procenat masti, sportisti se smatraju zdravi ili "dobrog" zdravlja i to uzimajući u obzir samo jednu dimenziju procene zdravstvenog stanja.

Prema većini studija, BMI je najšire korišćeni parametar za procenu gojaznosti opšte populacije (Duncan i sar., 2006; Galić i sar., 2010; Kokkinos i sar., 2011). Prema ovom indeksu naši ispitanici iz grupe sportista spadaju u grupu normalno uhranjenih. Gledajući zasebno svaku grupu sportista, u aerobnoj grupi se registruje čak 41,7%

sportista sa $BMI > 25 \text{ kg/m}^2$, a u anaerobnoj grupi 39,5% ispitanika. Vrednosti $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ nisu ustanovljene ni kod jednog ispitanika. Posmatrajući ove rezultate, moglo bi se reći da BMI indeks možda nije najvalidniji parameter za procenu uhranjenosti kod sportista.

Ranije studije sprovedene ispitivanjem fizički aktivnih pojedinaca su ukazale da je procenat masti specifičniji parametar od BMI, jedini prema kojem se može procenjivati uhranjenost sportista i da ovaj parametar vraća ovu grupu sportista u normalno uhranjenu populaciju. Objašnjenje ove hipoteze je da fizički aktivni ispitanici imaju veći procenat mišića u telu koji imaju veću specifičnu težinu u odnosu na masno tkivo, posledično i veću telesnu masu (Sargeant AJ i sar., 2007).

Ova činjenica najbolje je prezentovana u radu Prentice i Jebba (Prentice i Jebb, 2001) koji su objasnili zašto BMI nije najbolji način procene gojaznosti, tj. količine telesnih masti u strukturi tela kod sportista. Mišićno tkivo ima veću specifičnu težinu u odnosu na masno tkivo, tako da osobe koje imaju veći procenat mišića u strukturi tela imaju i veću telesnu masu. Takođe, kod sportista u nekim disciplinama, mišićna masa prelazi 50% ukupne telesne mase, što doprinosi povećanju BMI iznad granice normalne uhranjenosti.

Pošto je i pothranjenost povezana sa zdravstvenim rizikom, proveravali smo da li se vrednosti za BMI nekog od ispitanika iz grupe fizički aktivnih, naročito anaerobista nalazi u zoni pothranjenosti ($BMI < 18 \text{ kg/m}^2$). Najmanja preračunata vrednost BMI među sportistima iznosila je $19,73 \text{ kg/m}^2$, što znači da u ispitivanoj grupi nije bilo pothranjenih osoba.

Navedeni podaci pokazuju da se za procenu stanja uhranjenosti sportista ne mogu koristiti preporuke za opštu populaciju. Svaka fizička aktivnost ima određene morfološko-funkcionalne zahteve, tako da se za svaku fizičku aktivnost moraju koristiti posebne preporuke za BMI koje se odnose isključivo na tu sportsku disciplinu.

U našoj grupi ispitanika, aerobisti su se statistički značajno duže vremena (godina) bavili sportskom aktivnošću (13.82 ± 4.42 godina vs. 11.49 ± 4.29). Međutim, prosečna vrednost i medijana učestalosti treninga i trajanja treninga u satima je statistički značajno bila veća u grupi anaerobista (6.70 ± 0.59 vs. 6.22 ± 0.58 za učestalost, odnosno u satima 21.79 ± 4.83 vs. 19.97 ± 3.52). Bez obzira na gore navedene razlike,

grupa sportista nije pokazala da različita vrsta treninga, godine, učestalost i sati treninga dovode do razlika u telesnom sastavu kod sportista.

Redovna fizička aktivnost, a naročito ukoliko je intenzivna, dovodi do promena u kardiovaskularnom i mišićnom sistemu, povećavajući aerobni kapacitet i veću izdržljivost tokom napora. O adaptaciji respiratornog sistema tokom napora postoji nekoliko oprečnih mišljenja, pre svega zavisno od vrste sporta. Prema Degens-u i saradnicima (2003g.), respiratorni sistem nije pokazao adaptaciju tokom redovne fizičke aktivnosti. Ovo je potencijalno veoma bitno, s obzirom na to da respiratorni sistem omogućava gasnu razmenu, a time i snabdevenost mišića kiseonikom. Generalno gledano, aerobni kapacitet nije ograničen respiratornom funkcijom, ali odsustvo adaptacije respiratornog sistema kod fizičke aktivnosti koja iziskuje izdržljivost, može dovesti do hipoksemije koja je indukovana naporom ($SaO_2 < 95\%$). Kod starijih sportista, ovo može biti izraženije pri treningu sa čak znatno manjim aerobnim potrebama (Préfaut C i sar., 1994).

Sa druge strane, veći broj studija ukazuje na značajno povećane disajne volumene i kapacitete kod sportista nego kod fizički neaktivnih ljudi približno istih godina (Cordain L i sar., 1990; Wagner IM, 1998; Lazović B i sar., 2015). Respiratorni mišići, baš kao i ostali mišići, menjaju svoju snagu i izdržljivost kao odgovor na odgovarajući napor, odnosno programiranu fizičku aktivnost (Khosravi M i sar., 2013). Snaga respiratornih mišića može se meriti kao vrednosti okluzivnih pritisaka na nivou usta pri maksimalnom inspirijumu ili ekspirijumu (Leith DE i sar., 1976).

Spirometrija predstavlja metodu koja je od ključnog značaja u skriningu, dijagnostici i praćenju respiratornih oboljenja, a u poslednje vreme se sve više nameće kao neophodna dijagnostička metoda i u primarnoj zdravstvenoj zaštiti (Golshan M i sar., 2003). Kako su FEV1 i FVC zavisni od pola, starosti, visine i etničke/rasne pripadnosti, sva merenja moraju biti podešena u skladu sa istim pre izvođenja samog testa.

Interpretacija spirometrijskog nalaza bazira se na poređenju dobijenih sa referentnim vrednostima koja su merena i izračunata na uzorku koji čini zdrava nepušačka populacija. Opseg vrednosti dobijen za "zdravu" populaciju pretpostavlja se da predstavlja normalu u odnosu na koju se vrše poređenja. Pojedinci sa vrednostima izvan centralnih 95% od pretpostavljenih normalnih vrednosti (što može biti definisano

i kao normalni opseg, takođe), često se smatraju da imaju atipičan nalaz i upućuju se na dalja testiranja.

U svakodnevnoj kliničkoj praksi, parametri plućne funkcije se prikazuju kao procenat ostvarenih vrednosti (ostvareno/predviđeno), gde su predviđene vrednosti izvedene iz referentnih jednačina. Srednja predviđena vrednost je 100% i svaka druga vrednost predstavlja odstupanje od iste. Konvencionalno, za varijabilnost među zdravom populacijom uzima se SD od 10%. Na osnovu ovoga, normalni predviđeni opseg bi bio od 80 do 120% sve dok je između ispitanika SD 10% u svim uzrastima i za sve parametre plućne funkcije, što u praksi to nije slučaj (Stanojević S i sar., 2008).

Sledeći ATS/ERS smernice (Miller MR i sar., 2005) rezultati forsirane spirometrije, smatrani su verodostojnim ako između dva merenja nije bilo varijabilnosti FVC veće od 5%, odnosno 150ml.

Na osnovu naše sprovedene studije može se zaključiti da fizički aktivni ispitanici imaju veće vrednosti disajnih kapaciteta, što je u nekim slučajevima (VC, FVC, FEV1 izraženo u litrima i procentima) i statističkom značajnošću potvrđeno. Naši rezultati su u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima sprovedenim na velikom broju ispitanika, pripadnika različitih vrsta sportova (Lazović B i sar., 2015), da fizička aktivnost dovodi do povećanja disajnih kapaciteta. Čak, našom studijom je utvrđeno da pripadnici aerobne grupe sportova imaju statistički veće disajne kapacitete od anaerobnih sportova. U slučaju vršnog ekspiratornog protoka nije utvrđena statistička značajnost između posmatranih grupa.

Kada se izvrši korelaciona analiza karakteristike treninga sportista, dobija se značajnost između godina treniranja i procentualno ostvarenih vrednosti VC, FVC i FEV1, što može ukazati da kod vrhunskih sportista, ipak, dolazi do adaptacije respiratornog sistema usled intenzivne fizičke aktivnosti.

Difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid (DLCO ili transfer faktor) meri transfer gasa iz spoljne sredine do eritrocita u plućnim kapilarima čime određuje ukupnu "transportnu" sposobnost pluća za gas u i iz cirkulacije (Macintyre N i sar., 2005). Sam termin "difuzijski kapacitet" može se smatrati pogrešnim s obzirom na to da ne predstavlja niti difuziju niti kapacitet, jer se obično meri pod submaksimalnim uslovima. Osim toga transport gasa putem difuzije vrši se samo u ekstremnim uslovima kada je npr. niska ambijentalna koncentracija kiseonika ili visok pulmonalni krvni

protok. Stoga je umesto termina difuzijski kapacitet ranije predlagan naziv “difuzijska provodljivost”, ali ni ovaj termin ne opisuje adekvatno sam proces, pa je prethodni sačuvan do novih, savremenijih saznanja u ovom domenu (Cotes JE i sar., 1993).

Osnovni postulat difuzijskog kapaciteta sadržan je u jednačini koju su postavili Roughton i Forster 1957. godine. Jednačina je koncipirana na dva nezavisna otpora raspoređena u nizu: ukupna otpornost ($1/DL$) predstavlja zbir otpora od strane alveolo-kapilarne membrane ($1/DM$) i krvi [$(1/\Theta) \times Vc$], gde Θ predstavlja stopu potrošnje gasa po mililitru krvi izmerenu u in vitro uslovima. U slučaju CO, otpornost difuzijske membrane i eritrocita, doprinose podjednako ukupnom difuzijskom otporu. S obzirom na to da se kiseonik i ugljen monoksid vezuju na istom mestu za hemoglobin (Hgb), brzina vezivanja CO za Hgb je u inverznom odnosu sa parcijalnim pritiskom kiseonika u alveolama i direktno povezana sa koncentracijom Hgb. Difuzijska membrana za CO (DMCO) i volumen plućnih kapilara (Vc) mogu se izračunati merenjem DLCO na dve ili više različite vrednosti parcijalnog pritiska kiseonika. Postavljena jednačina implicitno pretpostavlja sledeće: 1. difuzijski otpor u alveolarnoj gasnoj fazi je zanemarljiv, 2. ne postoji interakcija između septuma alveolarnog tkiva i eritrocitne membrane, 3. alveolarni pritisak kiseonika ne utiče značajno na DLCO ili Vc (Hsia CCW i sar., 1995).

Alveolarni septum se sastoji od 55% tkiva i 45% kapilarne krvi, sa eritrocitima koji deluju kao zaseban deo za resorpciju gasa (Gehr P i sar., 1978). Difuzijska membrana je direktno povezana sa dostupnom alveolo-kapilarnom površinom, a u inverznom je odnosu sa srednjom debljinom granice između tkiva i plazme.

U anatomskom smislu, površina, debljina granice između tkiva i plazme, kao i Vc mogu se proceniti korišćenjem morfometrijskih tehnika na “fiksni” plućima (Weibel ER i sar., 1984). Morfometrijski procenjen difuzijski kapacitet odgovara izmerenom DL pri maksimalnom naporu (Takeda S i sar., 1978). Ove bliske strukturno-funkcionalne korelacije odražavaju velike fiziološke rezerve DL koje se ne koriste u mirnom stanju. Kapacitet difuzijskog transporta, određen samo strukturom pluća, obično se ne uzima u razmatranje, osim u uslovima maksimalnog napora. Ovakvo zapažanje ima ogroman značaj u tumačenju rezultata DLCO u miru.

Naše istraživanje bazirano je na merenju difuzijskog kapaciteta pluća za CO u miru kod zdrave populacije. Istraživanje je pokazalo da fizički aktivni ispitanici imaju

veće vrednosti DLCO od kontrolne grupe, a statističkom analizom utvrđena je značajnost blizu konvencionalnog nivoa, koja bi bila mnogo veća ako bi se izostavio korektivni faktor za kontrolnu grupu (p vrednost pomnožena sa 2), ali i u slučaju većeg uzorka. S obzirom na to da su u pitanju ispitanici mlađe životne dobi, bez prisustva komorbiditeta, može se zaključiti da intenzivna fizička aktivnost doprinosi značajno višim vrednostima DLCO, koji bi se mogli objasniti različitim fiziološkim mehanizmima. Fizička aktivnost, nezavisno da li je aerobna ili anaerobna, skoro podjednako doprinosi većem DLCO. Takođe, našim istraživanjem pokazano je da aerobna vrsta sporta dovodi do statistički značajno većeg ukupnog plućnog kapaciteta (eng. total lung capacity; TLC) u odnosu na kontrolnu grupu, dok takva razlika nije uočena kod anaerobnih sportista.

Poređenjem alveolarnog volumena (V_a) između svih ispitivanih grupa, utvrđena je najveća vrednost u grupi aerobnih sportista. Alveolarni volumen bio je statistički značajno veći u grupi aerobista nego u kontrolnoj grupi, dok takva razlika nije postojala u slučaju anaerobista i kontrola, kao i u grupi sportista zajedno. Ovakvi rezultati bi se takođe mogli objasniti jednim od fizioloških mehanizama; u mirnom disanju kada zdrava osoba udahne ili izdahne volumen vazduha koji iznosi oko 500ml, 350ml dospeva do alveola, a ostatak od 150ml se zadržava u delovima pluća gde nema razmene gasova, tzv. mrtvi prostor. Mrtvi prostor može biti fiziološki ili anatomski. Fiziološki mrtvi prostor obuhvata i alveole čiji su kapilari zatvoreni i nema razmene gasova. Kada zdrava osoba mirno diše oko 15-20% alveola nije u funkciji, jer su kapilari zatvoreni. Prilikom rada mišića ovi kapilari se otvaraju i povećava se površina respiratorne membrane (Wasserman K, 2002). Takođe, minutna alveolarna ventilacija predstavlja zapreminu vazduha koja dolazi u alveole i u susedna područja disajnih puteva u kojima se obavlja razmena gasova u toku jednog minuta. Ona je jednaka proizvodu frekvencije disanja i količine svežeg vazduha koji ulazi u ta područja pri svakom udisaju; uz normalan respiratorni volumen od 500 ml, normalan mrtvi prostor od 150 ml i frekvenciju disanja od 12 udisaja u minuti, alveolarna ventilacija iznosi 4200 ml u minuti. U našoj studiji, grupa aerobista je imala statistički značajno veće vrednosti alveolarnog volumena i totalnog plućnog kapaciteta u odnosu na kontrolnu grupu, čime bi se mogao objasniti veći difuzijski kapacitet pluća, odnosno brža razmena gasova na nivou alveola. Međutim, to nije bio slučaj u grupi anaerobista. Kod njih se

registruju veće vrednosti alveolarnog volumena i totalnog plućnog kapaciteta u odnosu na kontrolnu grupu, ali statističkom analizom nije utvrđena značajnost. Statistička značajnost u alveolarnom volumenu i TLC nije uočena ni između sportista. Sa druge strane, DLCO kod anaerobista bio je statistički značajno veći (konvencionalni nivo značajnosti) u odnosu na kontrolnu grupu.

Totalni plućni kapacitet sportista bio je predmet nekoliko studija, ali njegovo konzistentno povećanje nije uočeno (Pyörälä K i sar., 1968). Druge studije utvrdile su povećani TLC kod plivača, a objašnjenje je nađeno u sledećim činjenicama: 1. horizontalni položaj tela (parcijalni pritisci u plućima se razlikuju sa položajem tela; pritisak i zapremina su indirektno povezani; dok jedan raste, drugi se smanjuje, što dovodi do povećanja zapremine u različitim režnjevima pluća, potencijalno dovodeći do povećanja TLC); 2. Minimalni otpor (voda ima veću gustinu od vazduha; ovo povećanje u gustini dovodi do toga da grudni koš plivača mora da proizvede stotine, hiljade, milione udara protiv malog otpora, tokom cele karijere plivanja). Ovakvi minimalni treninzi grudnog koša, mogu da razviju sama pluća i inspiratorne mišiće, dovodeći do povećanja TLC; 3. Forsirano disanje (samo plivanje dovodi do akutne hipoksične aktivnosti i izaziva snažno izdisanje, dovodeći do obrnutog vakuma pritiska; sa promenom pritiska menja se i volumen što može izazvati dodatni "stres" pluća i poboljšati rad inspiratornih mišića); 4. Akutna hipoksija može dovesti do pritiska ("stresa") samih pluća i inspiratornih mišića, zbog čega nastaje povećanje TLC i disajnih volumena). Sve gore navedeno, može poslužiti kao metod za poboljšanje totalnog plućnog kapaciteta (Armour J i sar., 1993; Courteix D i sar., 1997).

Iz stanja mirovanja do maksimalnog opterećenja (VO_2 max), vrednosti DLCO, DmCO, volumen krvnih kapilara (V_c) rastu linearno u odnosu na volumen krvi koji je istisnut iz srca u toku jednog minuta (eng. cardiac output), ali bez dostizanja gornje (maksimalne) granice (Hsia CCW i sar., 1995). Kako se pluća šire, regrutovanje (aktiviranje) DL proizilazi iz nekoliko izvora: 1. alveolarne pregrade se rastežu, 2. otvaraju se i/ili šire kapilari, 3. povećava se kapilarni hematokrit, 4. dolazi do veće homogenosti distribucije eritrocita unutar i između kapilara. DL se takođe povećava do 25% sa porastom alveolarnog volumena i dovodi do histereze slične onoj koja nastaje u odnosu na transpulmonalni pritisak - plućni volumen (Cassidy S i sar., 1980). Broj perfundovanih alveolarnih kapilara povećava se direktno sa perfuzionim pritiskom, koji

dovodi do povećanja V_c i kapilarne površine za apsorpciju gasa (Hanson WL i sar., 1989). Volumen krvnih kapilara (V_c) povećava se u skladu sa povećanjem celokupnog volumena krvi tokom vežbanja, infuzije slanog rastvora ili mikrogravitacije (Prisk GK, i sar., 1993).

Međutim, ono što se slabije prepoznaje je interakcija između promene oblika, distribucije i razmaka kapilarnih eritrocita u odnosu na DL.

Studije sprovedene na životinjama pokazale su velike regionalne varijacije u plućnom kapilarnom hematokritu, distribuciji eritrocita i eritrocitnog tranzitnog vremena (Baile EM i sar., 1979). Ove zavisne promene protoka, obezbeđuju drugi izvor za regionalnu regrutaciju DL. Povećavanjem protoka krvi, smanjuju se regionalne varijacije u dinamičkim karakteristikama eritrocita, rezultujući povećanim DL, čak i u uslovima kada je vrednost sistemskog hematokrita konstantna. U toku kapilarnog tranzita, eritrociti mogu da se deformišu u različite nepravilne oblike kao što je npr. u obliku padobrana; ove deformacije mogu smanjiti otpor protoku, ali takođe i DLCO (Hsia CCW i sar., 1997). Stoga, deformacija eritrocita praktično ispoljava izvesnu vrstu "kompromisa" poboljšanjem raspodele protoka uz povećanje difuzijskog otpora za razmenu gasova kako raste udarni volumen srca. Krajnji rezultat, pod različitim fiziološkim uslovima, ostaje tek da se definiše narednim studijama (Geiser J i sar., 1989).

Da bi se bolje razjasnila uloga eritrocita u DL, rađeni su različiti eksperimenti koji su simulirali eritrocitnu distribuciju u kapilarima. Oni su pokazali da bi vrednost DLCO trebala da bude najveća kada su kapilarni eritrociti ravnomerno raspoređeni, a najniža kada su isti eritrociti čvrsto grupisani, jer susedne eritrocitne površine postaju manje efikasne za transport CO; nasumična distribucija eritrocita dovodi do osrednjih vrednosti DLCO (Hsia CCW i sar., 1999).

U toku napora (treninga, vežbanja), povećani protok, pritisak i dinamika promene oblika eritrocita povećavaju jednolikost toka kao i distribucije eritrocita u odnosu na alveolarnu površinu, povećavajući difuzijsko - perfuzijsko podudaranje (eng. matching). Takođe, ovi eksperimenti pokazuju da samo poboljšanje eritrocitne distribucije, bez promene drugih parametara, može da objasni 30-50% povećanja u DmCO u maksimalnom naporu (Hsia CCW i sar., 1999).

Treba istaći da se DL ne povećava istom brzinom kao maksimalna potrošnja kiseonika tj. minutni volumen istisnute krvi iz srca (udarni volumen; UV) tokom napora. Stoga, odnos DL i UV progresivno opada iz stanja mirovanja do maksimalnog napora. Imajući to u vidu, ovaj odnos, u većoj meri nego apsolutna vrednost DL, određuje saturaciju kiseonikom (SaO₂), pa stoga može dovesti do arterijske hipoksemije čak i u uslovima kada DL nastavlja da raste tj. povećava se. Kod prosečnog, neutreniranog čoveka, napor (vežbanje) je ograničeno kada se dosegne relativno mali udarni minutni volumen srca; u maksimalnom naporu, ovaj odnos ne opada u toj meri da bi uticao na SaO₂. Stoga se može zaključiti da intenzivan trening ne povećava DL na zadati UV, ali jednostavno proširuje linearni odnos između DL i UV na viši, maksimalni, dozvoljavajući da odnos DL/UV nastavlja da opada i izaziva preterani pad u SaO₂ pri maksimalnom naporu. Tako, hipoksemija indukovana naporom kod vrhunskih sportista predstavlja prirodnu pojavu i očekivanu posledicu selektivnog kardiovaskularnog kondicioniranja (Saltin B i sar., 1999).

Uobičajeno objašnjenje za nepotpunu oksigenaciju krvi koja izlazi iz pluća zbog smanjene difuzije je skraćeno vreme (tranzitno vreme; (Δt)) kontakta kapilarne krvi i površine za gasnu razmenu. Srednje vreme (Δt) ovog kontakta je teško direktno izmeriti, ali može biti indirektno procenjeno iz vrednosti UV i Vc (Presson RG i sar., 1995). Normalno tranzitno vreme je oko 0.75 do 1 s u stanju mirovanja, i oko 0,5 s pri maksimalnom naporu. Povećanjem UV, ne skraćuje se samo tranzitno vreme, već dolazi i do regionalne distribucije krvnih sudova, kako bi Δt postalo uniformnije (Hogg JC i sar., 1994). Kratko Δt nastaje kao rezultat povećanog UV kod sportista pri maksimalnom naporu, ili niskog volumena plućnih kapilara u obliterativnim procesima kao što je emfizem, plućna fibroza ili vaskularno oboljenje (Lien DC i sar., 1990). Smanjeno tranzitno vreme predstavlja samo jednu komponentu u okviru klasičnog koncepta mečovanja difuzija - perfuzija koje bolje razjašnjava mehanizam oksigenacije alveolarnih kapilara.

Imajući u vidu gore navedene fiziološke mehanizme, objašnjenje većih vrednosti difuzijskog kapaciteta u miru kod vrhunskih sportista možemo potencijalno naći upravo u njima. Kontinuirana, intenzivna fizička aktivnost moguće je da dovodi do adaptibilnih promena i u komponentama difuzijskog kapaciteta, ali i ukupnom cirkulatornom volumenu. Dugotrajna fizička aktivnost skraćuje „tranzitni“, kontakti

period za razmenu gasova, povećava uniformnost eritrocita i volumen plućnih kapilara. Brojne polemike na temu da li dolazi do adaptacije respiratornog sistema i da li je on limitirajući u vršenju fizičke aktivnosti kod sportista, ovom studijom gde je DLCO „referent“ za strukturna i funkcionalna svojstva pluća, pruža potvrđan odgovor u smislu adaptacije i značajnosti respiratornog sistema u vršenju intenzivnih, fizičkih aktivnosti.

Difuzijski kapacitet koreliše sa ekspanzijom pluća u dva slučaja: izlaganjem visokom atmosferskom pritisku i pneumonektomiji (Droma TS i sar., 1991). Ljudi koji su rođeni i odrasli na velikim nadmorskim visinama imaju veće disajne volumene, DLCO, DmCO i Vc nego oni koji su rasli na nivou mora (na nula metara nadmorske visine) (DeGraff AC i sar., 1970), a razlike u parametrima ostaju čak i u uslovima aklimatizacije na normalan vazdušni pritisak (na nivou mora) (Guleria JS i sar., 1971).

U eksperimentalnim uslovima povećane ventilacije i metaboličkih potreba za kiseonikom usled izloženosti hladnoći ili indukovanom hipertireoidizmu, ne dolazi do bržeg (većeg) rasta pluća ili većeg morfometrijskog DL procenjenog na osnovu strukturnih parametara postmortem (Hoppeler H i sar., 1995; Bartlett D i sar., 1970).

Eksperimenti sprovedeni na nezrelim psima gajenim do sazrevanja u uslovima velike nadmorske visine, pokazuju veću alveolarnu površinu, plućne volumene i DLCO u miru, nego psi koji su istovremeno gajeni na nivou mora (Johnson RL, i sar., 1985). Kod nezrelih pasa koji se podvrgavaju resekciji 55% desnog plućnog krila zapaža se snažni, kompezatorni plućni rast koji vraća DLCO na početnu vrednost unutar osam nedelja (Takeda S i sar., 1996). Po dostizanju zrelosti, DLCO je do nivoa maksimalnog opterećenja kompletno normalan, što se tumači normalizacijom septalnog ćelijskog volumena i alveolo-kapilarne površine (Hsia CCW i sar., 1993).

Kod odraslih pasa, ne postoji kompezatorni rast pluća nakon resekcije 45% levog plućnog krila, a regrutovanje DL rezervi u preostalom delu plućnog krila, postaje glavni izvor funkcionalne nadoknade (Hsia CCW i sar., 1990). Regrutovanje preostalog dela pluća povećava DLCO po jedinici pluća, za skoro 50%, ublažava očekivani pad SaO₂ i održava skoro normalan kapacitet vežbanja (Hsia CCW i sar., 1994). Kod odraslih pasa nakon resekcije 55% desnog plućnog krila, same fiziološke rezerve ne mogu održati adekvatnu gasnu razmenu tokom vežbanja; ograničeni kompezatorni rast septalnog tkiva je takođe stimulisan, povezan sa progresivnim rastom DL u odnosu na udarni minutni volumen srca (Hsia CCW i sar., 1993). Fiziološki DL meren pri

maksimalnom naporu visoko koreliše sa DL procenjenim iz strukturnih parametara u preostalom delu pluća postmortem (Hsia CCW i sar., 1991).

Pored toga, narušavanje (pertubacije) SaO₂ u toku vežbanja zbog pneumonektomije, mogu biti precizno praćeni promenama u DL. Stoga, odnos DL/UV može se koristiti kao neinvazivni metod za procenu rasta septalnog tkiva (Takeda S i sar., 1996).

Kod ljudi, kao i kod animalnih modela, alveolo-kapilarno regrutovanje može nastati u preostalim delovima pluća nakon hiruške resekcije, jer krv protiče kroz manju alveolo-kapilarnu mrežu. Ovo dovodi do manjeg gubitka Vc od očekivanog, u odnosu na veličinu uklonjenog plućnog tkiva. Nasuprot tome, Valsavin manevar (ekspiratorni napor protiv zatvorenog glotisa) može smanjiti Vc, a time i DLCO (Smith TC i sar., 1969). Kada se pluća šire, povećava se Dm (zbog širenja membrane i povećanja površine), dok su Vc efekti promenljivi (usled različitog istezanja i vraćanja u prvobitno stanje alveolarnih i ekstra alveolarnih kapilara) (Johnson DC, 2000). Sve ovo rezultuje u povećanju DLCO. Vežbanje, ležanje na leđima i Milerov manevar (inspiratorni napor protiv zatvorenog glotisa) mogu regrutovati i dilatirati alveolarne kapilare čime se povećava Vc i DLCO (Huang YC i sar., 1994).

Plućna cirkulacija ima visoki protok i nizak pritisak sa prosečnom otpornošću od 1mmHg/min/l kod mladih osoba, povećavajući otpor na 2.5 mmHg/min/l tokom četiri do šest decenija života. Mehanizam plućne vaskulature najbolje se opisuje kroz model rastegljivosti. Intezivno vežbanje izgleda da ne utiče na vremensku konstantu plućne cirkulacije ili pak na uzdužnu raspodelu otpora (Naeije R i sar., 2012). Vrlo visoki tokovi su povezani sa visokim kapilarnim pritiskom, čak do 20-25 mmHg u slučajevima intersticijskog edema ili izmenjenog odnosa ventilacija- perfuzija. Pulmonalni arterijski pritisak može dosegnuti čak do 40-50 mmHg u slučajevima maksimalnog opterećenja, na račun ekstremne tolerantnosti opterećene DK. Širenje plućnih kapilara koji smanjuju otpor, može imati adaptivnu vrednost tokom vežbanja, ali je ono limitirano hipoksemijom koja nastaje usled izmenjenog odnosa difuzije i perfuzije. Vežbanje u uslovima hipoksemije je povezano sa većim plućnim vaskularnim pritiskom i nižim udarnim volumenom, kao i povećanom verovatnoćom ograničenja funkcije desne komore i izmenjene gasne razmene usled intersticijskog plućnog edema.

Farmakološke intervencije koje imaju za cilj smanjenje plućnog vaskularnog tonusa imaju mali uticaj na odnos između plućnog vaskularnog pritiska i protoka u uslovima normalnog atmosferskog pritiska, ali mogu smanjiti otpor u hipoksiji, čime smanjuju opterećenje DK i tako povećavaju kapacitet vežbanja (Naeije R i sar., 1994).

Heinonen i saradnici (2013g.) ispitivali su plućni protok, njegovu distribuciju i heterogenost na početku i tokom intravenske infuzije adenozina kod 10 utreniranih sportista i 10 zdravih, normalno uhranjenih kontrola, koristeći pozitronsku emisionu tomografiju (PET) u ležećem položaju. Oni su pokazali da sportisti nemaju veće vrednosti plućnog protoka krvi u miru kao i tokom farmakološke vazodilatacije adeonozinom. Takođe, kod sportista je uočena normalna - gravitacijom indukovana distribucija plućnog krvotoka između dorzalne i prednje strane pluća, kao i u slučaju kontrolne grupe. Međutim, sportisti su pokazali smanjenje u heterogenosti protoka krvi u plućima kao odgovor na farmakološku dilataciju, za razliku od kontrola. Ovakva zapažanja mogu se tumačiti, ali ujedno i ukazati na mogućnost postavljanja hipoteze o uvećanju kapilarne rezerve, koja je veća kod utreniranih sportista nego zdravih kontrola. U prilog tome, naše istraživanje je pokazalo statistički znatno veći DLCO kod sportista u miru, sa čak blago većom značajnošću u grupi aerobnih sportista u odnosu na kontrolnu grupu. Heinonen i saradnici naglašavaju potrebu za direktnim određivanjem plućne kapilarne gustine na animalnim modelima u cilju rasvetljenja ove postavljene hipoteze (Heinonen i sar., 2013).

Prva ispitivanja difuzijskog kapaciteta kod sportista vršena su šezdesetih godina prošlog veka (Anderson TW i sar., 1967). Nekoliko studija je pokazalo da sportisti imaju veću vrednost DLCO nego fizički neaktivni pojedinci. Najveća vrednost DLCO među sportistima uočena je kod plivača i objašnjena je specifičnim načinom treninga (Reuschlein PS i sar., 1968). Međutim, u svim sprovedenim studijama istaknuta je mogućnost istraživačke pristranosti, greške u selekciji sportista, ali i mogućeg psihološkog fenomena da su pojedinci bolji u atletici nego njihovi "bogati vršnjaci" što im daje više entuzijazma u takmičarskim sportovima. Takođe je istaknuto da više vrednosti DLCO kod plivača mogu da budu povezane sa nekim drugim, još uvek neutvrđenim stvarima u procesu transporta kiseonika i gasne razmene (Anderson TW i sar., 1967).

Druge studije poredile su samo plivače i prosečno aktivne ispitanike. Kod vrhunskih plivača nađena je značajno viša vrednost DLCO u stabilnom stanju nego kod prosečno fizički aktivnih ispitanika približnih godina, testiranim na istom nivou opterećenja. Sa druge strane, fizički neaktivni, umereno aktivni, prosečni plivači, maratonci i stariji bivši sportisti pokazali su značajno odstupanje od predviđenih vrednosti za DLCO ili u apsolutnom iznosu ili u vezi sa površinom tela. Zaključci ovih studija su višestruki i nedovoljno razjašnjeni. Najzastupljenija je hipoteza da povišena vrednost DLCO kod vrhunskih plivača proizilazi radije iz povećane plućne cirkulacije koja odstupa od njene prosečne vrednosti kod plivača. Drugo, zapaženo je da “obični” ispitanici mogu povećati svoj DLCO tokom napora manevrom “zadržavanja inspiracije” čime se povećava membranska difuzijska komponenta po litru do sredine plućnog kapaciteta. Ovaj manevr ne dovodi do povećanja volumena plućnih kapilara. Treće, vrhunski plivači imaju posebnu potrebu za DLCO s obzirom na to da moraju da transportuju velike volumene kiseonika u pluća u momentima kada alveolarni pritisak O₂ padne na nizak nivo u toku plivanja (Mostyn EM i sar., 1963). Isti autori navode da uvećani plućni volumeni i DLCO kod vrhunskih plivača mogu biti i genetski uslovljeni.

Anderson i saradnici (1968g.) ponavljano su merili DLCO poboljšanom tehnikom “udah - stanje mirovanja” kod 13 fizički aktivnih ispitanika i 4 fizički neaktivnih kontrola. Vrednosti DLCO u miru i tokom treninga su inicijalno bile nešto više u grupi sportista. Međutim, fizički trening koji je bio dovoljan da poveća maksimalnu potrošnju kiseonika u proseku za 12% tokom 6-15 nedelja nije imao značajan uticaj na DLCO u miru, kao ni u naporu. Kada se uzelo u razmatranje povećanje potrošnje kiseonika tokom maksimalnog napora, uočeno je povećanje u maksimalnoj vrednosti DLCO od <5%. S obzirom na to da u ovom istraživanju, intenzivna fizička aktivnost nije dovela do povećanja DLCO u miru, a da dolazi do malog povećanja DLCO u naporu, ovo povećanje vrednosti objašnjeno je bliskom povezanošću D_m i plućnog krvotoka. Rezultati naše studije su pokazali veću vrednost DLCO u grupi vrhunskih sportista u miru. Prosečna vrednost godina treniranja iznosila je 13.82±4.42 kod aerobista i ona je negativno korelisala sa procentualno ostvarenim vrednostima DLCO (konvencionalni nivo značajnosti) i KCO. Ovo ukazuje da način treninga, u ovom slučaju sa više trčanja, ne utiče na bržu razmenu gasova. Ipak, DLCO je značajno veći u grupi sportista, što može ukazati da tokom intenzivne fizičke

aktivnosti dolazi do adaptacije celokupnog respiratornog sistema, a ne samo do uvećanja disajnih volumena.

U grupi anaerobnih sportista, prosečne godine treniranja iznosile su 11.49 ± 4.29 i one su pozitivno korelisale sa ostvarenim vrednostima ukupnog plućnog kapaciteta i alveolarnim volumenom. Učestalost i sati treniranja nisu statistički značajno uticali na parametre difuzijskog kapaciteta kod anaerobista. O uticaju, vrsti i dužini treninga na difuzijski kapacitet pluća ne postoje podaci u literaturi.

Pyörälä i saradnici (1968g.) ispitivali su DLCO kod bivših trkača, cross-country skijaša i zdravih ispitanika približno istih godina. Kod sportista su utvrdili povišene vrednosti DLCO, kao i značajno pozitivnu korelaciju između DLCO u miru i maksimalne potrošnje kiseonika, što nije bio slučaj u kontrolnoj grupi.

Galy i saradnici (2013g.) su uočili negativnu korelaciju između DLCO i aerobnog kapaciteta – što je veći aerobni kapacitet to je manji pad DLCO nakon fizičke aktivnosti. Sa druge strane, Zavorsky i Lands su našli pozitivnu korelaciju, uočivši da se sa porastom aerobnog kapaciteta registruje i porast DLCO, dok Sheel i saradnici tvrde da ne postoji povezanost između aerobnog kapaciteta i DLCO (Zavorsky i Lands, 2005; Sheel AW i sar., 1998). Takođe, u svojoj studiji, Zavorsky i Lands su pronašli pozitivnu korelaciju između promene u DLNO i DLCO sa treniranjem; ukoliko postoji pad u DLCO, dolazi do sličnog pada u DLNO ukazujući na slabljenje Dm.

Stewart IB i saradnici (2000g.) ispitivali su uticaj položaja tela na DLCO nakon treninga. Utvrdili su da smanjenje u DLCO nije ublaženo promenom položaja tela, već smanjenim plućnim kapilarnim volumenom. Ovi rezultati ukazuju da smanjenje u plućnim kapilarima ne nastaje usled redistribucije krvi, sugerišući da aktivna vazokonstrikcija plućne vaskulature i/ili periferna vazodilatacija može nastati nakon treninga.

Caillaud i saradnici (1995g.) ispitivali su DLCO koristeći kompjuterizovanu tomografiju (CT) grudnog koša kod osam sportista pre i nakon triatlona. Naime, oni su simultano merili DLCO i alveolarni volumen (VA) tokom 9 sekundi zadržavanja udaha, a potom računali transfer koeficijent ($KCO = DLCO/VA$); u istom vremenskom periodu rađeno je snimanje grudnog koša u ležećem položaju. CT analiza je vršena računajući linearne i poligonarne opacitete (kao indeks intersticijalne akumulacije tečnosti) i računata je srednja plućna gustina i srednja masa po sekvencama snimanja. Rezultati

ovakve studije pokazali su značajan pad DLCO i KCO nakon triatlona, a u radiografskom smislu povećanje srednje vrednosti gustine pluća kao i broja poligonalnih i linearnih opaciteta nakon trke.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata ovog istraživanja mogu se doneti sledeći zaključci:

- Vrednost indeksa telesne težine se statistički značajno razlikovala između grupa sportista i kontrola. Poređenjem BMI između dve grupe sportista, nije utvrđena razlika u TV, TM i BMI.
- Grupa aerobnih sportista se više godina bavila sportskom aktivnošću od anaerobista.
- Aerobisti su ranije započeli sa bavljenjem sportske aktivnosti.
- Prosečna vrednost i medijana učestalosti treninga i trajanja treninga u satima je statistički značajno veća u grupi anaerobista.
- Vrednosti izmerenog vitalnog kapaciteta u litrima i procentima bile su statistički značajno veće u grupi aerobista u odnosu na kontrolnu grupu, ali i na grupu anaerobista.
- Statistički značajno veće vrednosti forsiranog vitalnog kapaciteta u litrima (FVC (L)) imala je grupa aerobnih sportista u odnosu na anaerobiste i kontrolnu grupu. U slučaju ostvarene procentualne vrednosti FVC, značajnost je bila blizu konvencionalnog nivoa od 0,05, kada se porede aerobi i kontrolna grupa, kao i aerobi i anaerobi.
- Vrednosti izmerenog forsiranog ekspiratornog volumena u prvoj sekundi u litrima, bile su značajno više u grupi aerobista u odnosu na kontrolu, dok je razlika između aeroba i anaeroba bila blizu konvencionalnog nivoa značajnosti.
- Difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid (DLCO) bio je statistički značajno veći u grupi sportista. Vrednosti DLCO između pripadnika aerobne i anaerobne grupe sportiste bile su bez statističke značajnosti.
- Nije utvrđena značajnost u vrednosti koeficijenta difuzije (KCO) između ispitivanih grupa.

- Totalni plućni kapacitet (TLC) bio je statistički značajno veći u grupi aerobnih sportista. Nije utvrđena razlika između anaerobista i kontrolne grupe u TLC.
- Alveolarni volumen (VA) bio je statistički značajno veći u grupi aerobnih sportista. Nije utvrđena razlika između anaerobista i kontrolne grupe u VA.
- Ne postoji statistički značajna korelacija između početka treniranja i parametara plućne funkcije i difuzijskog kapaciteta.
- U grupi sportista zajedno, utvrđena je pozitivna korelacija između godina treniranja i procentualno ostvarenih vrednosti VC, FVC i FEV1. Učestalost treninga je u negativnoj korelaciji sa FEV1/FVC odnosom, a sati treninga su negativno korelisali sa FEV1 (L) i FEV1 (%).
- U aerobnoj grupi utvrđena je pozitivna korelacija između godina treniranja i FEV1 (%); učestalost treninga je pozitivno korelisala sa VC (L), VC (%), FEV1 (%) i FEV1/FVC; statistička značajnost nije utvrđena između sati treniranja i disajnih kapaciteta.
- U grupi anaerobnih sportista nađena je pozitivna korelacija između godina treniranja i VC (%). Nije nađena statistički značajna povezanost između učestalosti treniranja i plućnih kapaciteta. Sati treninga su negativno korelisali sa FEV1 (L).
- Između učestalosti i sati treninga i parametara difuzijskog kapaciteta pluća nije utvrđena statistička značajnost.
- U grupi aerobista je utvrđena negativna korelacija između godina treniranja i DLCO (L), DLCO % i KCO%. Učestalost i sati treniranja nisu statistički značajno uticali na parametre difuzijskog kapaciteta.
- U anaerobnoj grupi, godine treniranja su pozitivno korelisale sa TLC% i VA% (konvencionalni nivo značajnosti). Kao i u grupi aerobista, učestalost i sati treniranja nisu statistički značajno uticali na parametre difuzijskog kapaciteta.
- Sportisti imaju bržu razmenu gasova na nivou alveolo-kapilarne membrane kao rezultat fizičke aktivnosti.

- Brža razmena gasova na nivou alveolo-kapilarne membrane može biti posledica bržeg “kontaktnog” vremena između alveola i kapilara kod sportista.
- Sportisti imaju bržu plućnu cirkulaciju kao posledicu fizičke aktivnosti.
- Merenje DLCO predstavlja neinvazivnu metodu u proceni integriteta (mikrovaskularne) plućne cirkulacije.
- DLCO može služiti kao parameter u proceni odgovora respiratornog sistema na fizičku aktivnost.
- Način treniranja (vežbe) kojim se kontinuirano, dugotrajno bave sportisti, naročito aerobisti, mogu poslužiti kao „model“ u jačanju respiratorne muskulature, ali i brže razmene gasova na nivou alveolo-kapilarne membrane.
- Rezultati naše studije otvaraju nova poglavlja u ispitivanju plućne hipertenzije, fiziologije respiratornog sistema, sportske i fizikalne medicine, odnosno plućne rehabilitacije.

7. LITERATURA:

1. Anderson TW, Shepartd RJ. Physical training and exercise diffusing capacity. *Int. Y. Angev. Physio. Elinsc. Abeitsphysio* 1967; 25:198-209.
2. Andreoli A, Melchiorri G, Brozzi M, Di Marco A, Volpe SL, Garofano P, Di Daniele N, De Lorenzo A. Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetol* 2003; 40(1): S122-125.
3. Armour J, Donnelly PM, Bye PT. The large lungs of elite swimmers: an increased alveolar number? *Eur Respir J.* 1993. Feb; 6 (2): 237-47.
4. Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology.* 2nd Edition. New York: McGraw-Hill Book Company, 1977.
5. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 518-624.
6. Baile EM, Pare PD, Dahlby RW, et al. Regional distribution of extravascular water and hematocrit in the lung. *J Appl Physiol* 1979; 46: 937-42.
7. Bandyopadhyay A. Anthropometry and body composition in soccer and volleyball players in West Bengal, India. *J Physiol Anthropol* 2007; 26(4): 501-5.
8. Bartlett D, Jr. Postnatal growth of the mammalian lung: influence of exercise and thyroid activity. *Respir Physiol* 1970; 9: 50-57.
9. Baulch DL. In: *Evaluation kinetic data for high temperaturereactions.* Butterworths, London, 1972: 202
10. Behnke AR Jr, Feen BG, Welham WC (1995). The specific gravity of healthy men. Body weight divided by volume as an index of obesity. *Obes Res* 1992; 3 (3): 295-300.
11. Bernstein RJ, Ford RL, Clausen JL, Moser KM: Membrane diffusion and capillary blood volume in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Chest* 1996; 110(6): 1430–36.

12. Blanchet F, Kanfer A, Cramer E, et al. Relative contribution of intrinsic lung dysfunction and hypoventilation to hypoxemia during hemodialysis. *Kidney Int* 1984; 26: 430-35.
13. Bohr C. Ueber die spezifische tätigkeit der lungen bei der respiratorischen gasaufnahme und ihr verhalten zu der durch alveolarwand stattfindenden gasdiffusion. *Skand Arch Physiol* 1909; 22: 221-80.
14. Borland C, Cox Y, Higenbottam T: Reduction of pulmonary capillary blood volume in patients with severe unexplained pulmonary hypertension. *Thorax* 1996; 51(8): 855–56.
15. Borland CD, Higenbottam TW: A simultaneous single breath measurement of pulmonary diffusing capacity with nitric oxide and carbon monoxide. *Eur Respir J* 1989; 2(1): 56–63.
16. Caillaud C, Serre-Cousiné O, Anselme F, Capdevilla X, Préfaut C. Computerized tomography and pulmonary diffusing capacity in highly trained athletes after performing a triathlon. *J Appl Physiol* (1985). 1995; 79(4): 1226-32.
17. Cassidy SS, Ramanathan M, Rose GL, et al. Hysteresis in the relation between diffusing capacity of the lung and lung volume. *J Appl Physiol* 1980; 49: 566-70.
18. Cherniack RM. *Pulmonary function testing*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders comp., 1992: 19-64.
19. Clausen JL. Prediction of normal values in pulmonary function testing. *Clin Chest Med*. 1989; 10: 135-43.
20. Cohen CA, Zigelbaum G, Gross D, Roussos CH, Macklen PT. Clinical manifestation of inspiratory muscle fatigue. *Am J Med* 1982; 73 :308-16
21. Cordain L, Tucker A, Moon D, Stager JM. Lung volumes and maximal respiratory pressures in collegiate swimmers and runners. *Res Q Exerc Sport*. 1990; 61(1): 70-4.
22. Cotes JE, Chinn DJ, Quanjer PH, Roca J, Yernault JC. Standardization of the measurement of transfer factor (diffusing capacity). *Eur Respir J*. 1993; 6(16): 41-52.

23. Cotes JE, Dabbs JM, Elwood PC, et al. Iron-deficiency anemia: its effect on transfer factor for the lung (diffusing capacity) and ventilation and cardiac frequency during sub-maximal exercise. *Clin Sci* 1972; 42: 325-35.
24. Cotton DJ, Prabhu MB, Mink JT, Graham BL. Effect of ventilation inhomogeneity on “intradbreath” measurements of diffusing capacity in normal subjects. *J Appl Physiol* 1993; 75: 927–32.
25. Courteix D, Obert P, Lecoq AM, Guenon P, Koch G. Effect of intensive swimming training on lung volumes, airway resistance and on the maximal expiratory flow-volume relationship in prepubertal girls. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 76(3): 264-9.
26. Cureton KJ, Mahar MT. Critical measurement issues/challenges in assessing aerobic capacity in youth. *Res Q Exerc Sport*. 2014; 85(2): 136-43.
27. Cureton KJ, Sharp CR, Rozanski EA. Physical Examination of the Respiratory System. *Topics in Companion Animal Medicine* 2013; 28(3): 79-85.
28. Degens H, Maden-Wilkinson TM, Ireland A, Korhonen MT, Suominen H, Heinonen A, Radak Z, McPhee JS, Rittweger J. Relationship between ventilatory function and age in master athletes and a sedentary reference population. *Age (Dordr)*. 2013; 35(3): 1007-15.
29. Degens H, Rittweger J, Parviainen T, Timonen KL, Suominen H, Heinonen A, Korhonen MT. Diffusion capacity of the lung in young and old endurance athletes. *Int J Sports Med*. 2013; 34(12): 1051-7.
30. DeGraff AC Jr, Grover RF, Johnson RL Jr, et al. Diffusing capacity of the lung in Caucasians native to 3,100 m. *J Appl Physiol* 1970; 29: 71-76.
31. Dinakara P, Blumental WS, Johnston RF, et al. The effect of anemia on pulmonary diffusing capacity with derivation of a correction equation. *Am Rev Respir Dis* 1970; 102: 965-69.
32. Doyle MP, Hoekstra JW. Oxidation of nitrogen oxides by bound dioxygen in haemoproteins. *J Inorg Biochem*. 1981; 14: 351- 58.
33. Droma TS, McCullough RG, McCullough RE, et al. Increased vital and total lung capacities in Tibetan compared to Han residents of Lhasa (3658 m.). *Am J Phys Anthropol* 1991; 86: 341-51.

34. Duncan MJ, Woodfield L, Al-Nakeeb Y. Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *Br J Sports Med* 2006; 40: 649–51.
35. Epler GR, Saber FA, Gaensler EA. Determination of severe impairment (disability) in interstitial lung disease. *Am Rev Respir Dis* 1980; 121: 647–59.
36. Evans SE, Scanlon PD. *Current Practice in Pulmonary Function Testing*. Mayo Clin Proc 2003; 78: 758-63.
37. Fontan JP, Hadad GG. Respiratory pathophysiology. In: Behrman RE, Kliegman RM, Jenson HB, editors. *Nelson textbook of pediatrics*. 16th ed. Philadelphia: WB Saunders Comp. 2000: 1240-51.
38. Forster RE, Cohn JE, Briscoe WA, Blakemore WS, Riley RL. A modification of the Krogh carbon monoxide breath-holding technique for estimating the diffusing capacity of the lung: a comparison with three other methods. *J Clin Invest* 1955; 34: 1417-26.
39. Forster RE, Fowler WS, Bates DV, van de Lingen B. The absorption of carbon monoxide by the lungs during breath holding. *J Clin Invest* 1954; 33: 1135-45.
40. Foster G, McKenzie D, Sheel W. Effects of enhanced human chemosensitivity on ventilatory responses to exercise. *Exp Physiol*. 2005; 91(1): 221-8.
41. Galy O, Maimoun L, Coste O, Manetta J, Boussana A, Préfaut C, Hue O. Aggravation of pulmonary diffusing capacity in highly trained athletes by 6 weeks of low-volume, low-intensity training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2013; 8(6): 648-62.
42. Gehr P, Bachofen M, Weibel ER. The normal human lung: ultrastructure and morphometric estimation of diffusion capacity. *Respir Physiol* 1978; 32: 121-140.
43. Geiser J, Betticher DC. Gas transfer in isolated lungs perfused with red cell suspension or hemoglobin solution. *Respir Physiol* 1989; 77: 31-39.
44. Gibson QH. The kinetics of reactions between haemoglobin and gases. *Prog Biophys Chem* 1959; 9: 1-54.
45. Gjedde A. "Diffusive insights: on the disagreement of Christian Bohr and August Krogh". *Adv Physiol Educ* 2014; 34(4): 174–185.

46. Golshan M, Nematbakhsh M, Amra B, Crapo RO. Spirometric reference values in a large Middle Eastern population. *Eur Respir J*. 2003; 22(3): 529-34.
47. Gould GA, Redpath AT, Ryan M, et al. Lung CT density correlates with measurements of airflow limitation and the diffusing capacity. *Eur Respir J* 1991; 4: 141–46.
48. Greenbaum R, Bay J, Hargreaves MD. Effects of higher oxides of nitrogen on the anaesthetised dog. *Br J Anaesth* 1967; 39: 393-403.
49. Guenard H, Varene N, Vaida P: Determination of lung capillary blood volume and membrane diffusing capacity in man by the measurements of NO and CO transfer. *Respir Physiol* 1987; 70(1): 113–120.
50. Gujic M, Laude D, Houssiere A, Beloka S, Argacha JF, Adamopoulos D et al. Differential effects of metaboreceptor and chemoreceptor activation on sympathetic and cardiac baroreflex control following exercise in hypoxia in human. *J Physiol*. 2007; 585(1): 165-74.
51. Guleria JS, Pande JN, Sethi PK, et al. Pulmonary diffusing capacity at high altitude. *J Appl Physiol* 1971; 31: 536-43.
52. Guyenet PG. Neural structures that mediate sympathoexcitation during hypoxia. *Respir Physiol*. 2000; 121: 147-62.
53. Hanel B, Clifford PS, Secher NH. Restricted postexercise pulmonary diffusion capacity does not impair maximal transport for O₂. *J Appl Physiol* 1994; 77: 2408-12.
54. Hanel B, Teunissen I, Rabol A, et al Restricted postexercise pulmonary diffusion capacity and central blood volume depletion. *J Appl Physiol* 1997; 83: 11-17.
55. Hanson WL, Emhardt JD, Bartek JP, et al. Site of recruitment in the pulmonary microcirculation. *J Appl Physiol* 1989; 66: 2079-83.
56. Harp JB, Hecht L. Obesity in the National football League. *JAMA*. 2005; 1061-2.
57. Heinonen I, Savolainen AM, Han C, Kemppainen J, Oikonen V, Luotolahti M, Duncker DJ, Merkus D, Knuuti J, Kalliokoski KK. Pulmonary blood flow and its distribution in highly trained endurance athletes and healthy control subjects. *J Appl Physiol* (1985). 2013; 114(3): 329-34.

58. Hogg JC, Coxson HO, Brumwell ML, et al. Erythrocyte and polymorphonuclear cell transit time and concentration in human pulmonary capillaries. *J Appl Physiol* 1994; 77: 1795-1800.
59. Hollander AP, Bouman LN. Cardiac acceleration in man elicited by a muscle-heart reflex. *J Appl Physiol*. 1975; 38(2): 272-8.
60. Hoppeler H, Altpeter, E, Wagner M, et al. Cold acclimation and endurance training in guinea pigs: changes in lung, muscle and brown fat tissue. *Respir Physiol* 1995; 101: 189-98.
61. Hsia CCW, Carlin JI, Ramanathan M, et al. Estimation of diffusion limitation after pneumectomy from carbon monoxide diffusing capacity. *Respir Physiol* 1991; 83: 11-21.
62. Hsia CCW, Carlin JI, Wagner PD, et al. Gas exchange abnormalities after pneumectomy in conditioned foxhounds. *J Appl Physiol* 1990; 68: 94-104.
63. Hsia CCW, Chuong CJC, Johnson RL, Jr. Critique of the conceptual basis of diffusing capacity estimates: a finite element analysis. *J Appl Physiol* 1995; 79: 1039-47.
64. Hsia CCW, Chuong CJC, Johnson RL, Jr. Red cell distortion and conceptual basis of diffusing capacity estimates: a finite element analysis. *J Appl Physiol* 1997; 83: 1397-1404.
65. Hsia CCW, Fryder-Doffey F, Reynolds RC, et al. Structural changes underlying compensatory increase of diffusing capacity after left pneumectomy in adult dogs. *J Clin Invest* 1993; 92: 758-64.
66. Hsia CCW, Herazo LF, Fryder-Doffey F, et al. Compensatory lung growth occurs in adult dogs after right pneumectomy. *J Clin Invest* 1994; 94: 405-12.
67. Hsia CCW, Herazo LF, Ramanathan M, et al. Cardiopulmonary adaptations to pneumectomy in dogs: II. Ventilation-perfusion relationships and microvascular recruitment. *J Appl Physiol* 1993; 74: 1299-1309.
68. Hsia CCW, Johnson RL, Jr, Shah D. Red cell distribution and the recruitment of pulmonary diffusing capacity. *J Appl Physiol* 1999; 86: 1460-67.
69. Hsia CCW, McBrayer DG, Ramanathan M. Reference values of pulmonary diffusing capacity during exercise by a rebreathing technique. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 658-65.

70. Huang YC, Helms MI, MacIntyre NR. Normal values for single exhalation diffusing capacity and pulmonary capillary blood flow in sitting, supine positions and during mild exercise. *Chest* 1994; 105: 501–508.
71. Hughes JMB. The single breath transfer factor (TLCO) and the transfer coefficient (KCO): a window onto the pulmonary microcirculation. *Clin Physiol Func Im* 2003; 23: 63-71.
72. Islam MS. Differential diagnosis of ventilatory disorders with the help of volume/flow diagram. *Respiration* 1976; 33: 104-11.
73. Jaeger MJ, Otis AB. Effects of compressibility of alveolar gas on dynamics and work of breathing. *J Appl Physiol* 1964; 19: 83-91.
74. Jeyaranjan R, Goode R, Duffin J. Changes in respiration in the transition from heavy exercise to rest. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988; 57(5): 606-10.
75. Johnson DC. Importance of adjusting carbon monoxide diffusing capacity (DLCO) and carbon monoxide transfer coefficient (KCO) for alveolar volume. *Respir Med* 2000; 94: 28–37.
76. Johnson RL, Jr, Cassidy SS, Grover RF, et al. Functional capacities of lungs and thorax in beagles after prolonged residence at 3,100 m. *J Appl Physiol* 1985; 59: 1773-82.
77. Khosravi M, Tayebi SM, Safari H. Single and concurrent effects of endurance and resistance training on pulmonary function. *Iran J Basic Med Sci*. 2013; 16 (4): 628-34.
78. Kokkinos P, Myers J. Exercise and physical activity: clinical outcomes and applications. *Circulation* 2010; 122(16): 1637-48.
79. Kory RC. Screening techniques for early pulmonary function impairment. *Arch Environ Health* 1963; 6: 155-66.
80. Krogh A, Krogh M. On the rate of diffusion of carbonic oxide into the lungs of man. *Skand Arch Physiol* 1910; 23: 236-47.
81. Kuster SP, Kuster D, Schindler C, Rochat MK, Braun J, Held L, Brändli O. Reference equations for lung function screening of healthy never-smoking adults aged 18-80 years. *Eur Respir J*. 2008; 31(4): 860-8.
82. La Gerche A, Roberts T, Claessen G. The response of the pulmonary circulation and right ventricle to exercise: exercise-induced right ventricular dysfunction

- and structural remodeling in endurance athletes (2013 Grover Conference series). *Pulm Circ* 2014; 4(3): 407-16.
83. Lane DJ. Pulmonary function testing in clinical practice. In: Lane DJ, editor. *Respiratory disease*. London: William Heinemann Medical Books LTD, 1976: 60-91.
 84. Lätt E, Jürimäe J, Mäestu J, Purge P, Rämson R, Haljaste K, Keskinen KL, Rodriguez FA, Jürimäe T. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *J Sports Sci Med*. 2010; 9(3): 398-404.
 85. Lazovic B, Mazic S, Suzic-Lazic J, Djelic M, Djordjevic-Saranovic S, Durmic T, Zikic D, Zugic V. Respiratory adaptations in different types of sports. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2015; 19 (12): 2269-74.
 86. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J appl. Physiol* 1976; 41: 508-16.
 87. Lien DC, Worthen GS, Capen RL, et al Neutrophil kinetics in the pulmonary microcirculation: effects of pressure and flow in the dependent lung. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 953-59.
 88. Lozovina V, Pavicic L. Anthropometric changes in elite male water polo players: Survey in 1980 and 1995. *Croat Med J* 2004; 45(2): 202-5.
 89. Macintyre N, Crapo RO, Viegi G, Johnson DC, van der Grinten CP, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Enright P, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Wanger J. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J*. 2005; 26(4): 720-35.
 90. Marrades RM, Diaz O, Roca J, et al. Adjustment of Dlco for hemoglobin concentration. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 236-41.
 91. McCormack DG, Mehta S, Tyml, K, et al. Pulmonary microvascular changes during sepsis: evaluation using intravital videomicroscopy. *Microvasc Res* 2000; 60: 131-140.
 92. McKenzie DC, Lama IL, Potts JE, et al. The effect of repeat exercise on pulmonary diffusing capacity and EIH in trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 99-104.

93. Mead J. Analysis of the configuration of maximum expiratory flow-volume curves. *J Appl Physic: Respirat Environ Exercise*. 1978; 44/2: 156-165.
94. Mead J. Control of respiratory frequency. *J Appl Physiol* 1960; 12: 882-87.
95. Meyer M, Schuster KD, Schulz H, et al. Pulmonary diffusing capacities for nitric oxide and carbon monoxide determined by rebreathing in dogs. *J Appl Physiol* 1990; 68: 2344-57.
96. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, CRAPO R, Enright P, Van Der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, Macintyre N, Mckay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J; ATS/ERS Task Force. Standardization of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26: 319-338.
97. Mostyn EM, Helle S, Gee JB, Bentivoglio LG, Bates DV. Pulmonary diffusing capacity of athletes. *J Appl Physiol*. 1963; 18: 687-95.
98. Nadel JA, Gold WM, Burgess JH: Early diagnosis of chronic pulmonary vascular obstruction. Value of pulmonary function tests. *Am J Med* 1968, 44(1): 16–25.
99. Naeije R, Chesler N. Pulmonary Circulation at Exercise. *Compr Physiol* 2012; 2: 711-41.
100. Newman F, Smalley BF, Thomson ML. Effect of exercise, body and lung size on CO diffusion in athletes and nonathletes. *J Appl Physiol*. 1962; 17: 649-55.
101. Official Statement of the European Respiratory Society. Standardization of the measurement of transfer (diffusing capacity). *Eur Respir J* 1993; 6(16): 41-52.
102. Oppenheimer BW, Berger KI, Hadjiangelis NP, Norman RG, Rapoport DM, Goldring RM. Membrane diffusion in diseases of the pulmonary vasculature. *Respir Med* 2006; 100(7): 1247–53.
103. Orfei L, Strachan DP, Rudnicka AR, Wadsworth ME. Early influences on adult lung function in two national British cohorts. *Arch Dis Child*. 2008; 93(7): 570-4.
104. Palmer RMJ, Ferrige AG, Moncada S. Nitric oxide release accounts for the biological activity of endothelium-derived relaxing factor. *Nature* 1987; 327: 524-26.

105. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005; 26(5): 948-68.
106. Pesant C, Santschi M, Praud JP, Geoffroy M, Niyonsenga T, Vlachos-Mayer H. Spirometric pulmonary function in 3- to 5-year-old children. *Pediatr Pulmonol*. 2007; 42(3): 263-71.
107. Pistelli F, Bottai M, Carrozzi L, Baldacci S, Simoni M, Di Pede F, Viegi G. Reference equations for spirometry from a general population sample in central Italy. *Respir Med*. 2007; 101(4): 814-25.
108. Préfaut C, Anselme F, Caillaud C, Massé-Biron J. Exercise-induced hypoxemia in older athletes. *J Appl Physiol* (1985). 1994; 76(1): 120-6.
109. Prentice AM, Jebb SA. Beyond body mass index. *Obes Rev*. 2001; 2(3): 141-7
110. Presson RG, Jr, Graham JA, Hanger CC, et al. Distribution of pulmonary capillary red blood cell transit times. *J Appl Physiol* 1995; 79: 382-88.
111. Prisk GK, Guy HJ, Elliott AR, et al. Pulmonary diffusing capacity, capillary blood volume, and cardiac output during sustained microgravity. *J Appl Physiol* 1993; 75: 15-26.
112. Pulmonary disorders. U: Berkow R, Fletcher AJ, urednici. *The Merc Manual of diagnosis and therapy*. Rahway: Merc & Co; 1992: 07-20.
113. Pyörälä K, Heinonen AO, Karvonen MJ. Pulmonary function in former endurance athletes. *Acta Med Scand*. 1968; 183(3): 263-73.
114. Quanjer PhH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault J-C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report working party, Standardisation of lung function tests, European community for steel and coal. Official statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993; 6(16): 5-40.
115. Reuschlein PS, Reddan WG, Burpee J, Gee JB, Rankin J. Effect of physical training on the pulmonary diffusing capacity during submaximal work. *J Appl Physiol*. 1968; 24(2): 152-8.
116. Roughton FJW, Forster RE. Relative importance of diffusion and chemical reaction rates in determining rate of exchange of gases in the human lung with special reference to true diffusing capacity of pulmonary membrane and volume of blood in the lung capillaries. *J Appl Physiol*, 1957; 11: 292-302.

117. Roussel M, Mattei JP, Le Fur Y, et al. Metabolic determinants of the onset of acidosis in exercising human muscle: a ³¹P-MRS study. *J Appl Physiol.* 2003; 94: 1145–1152.
118. Saltin B, Blomqvist G, Mitchell JH, et al. Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation* 1968; 37(38): 1-78.
119. Sancier KM, Freeman G, Mills JS. Electron spin resonance of nitric oxide haemoglobin complexes in solution. *Science* 1962; 137: 752- 54.
120. Santos DA, Dawson JA, Matias CN, Rocha PM, Minderico CS, Allison DB, Sardinha LB, Silva AM. Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoS One.* 2014; 9(5): e97846.
121. Sargeant AJ. Structural and functional determinants of human muscle power. *Exp Physiol.* 2007; 92(2): 323-31.
122. Sheel AW, Coutts KD, Potts JE, McKenzie DC. The time course of pulmonary diffusing capacity for carbon monoxide following short duration high intensity exercise. *Respir Physiol.* 1998; 111(3): 271–281.
123. Smith TC, Rankin J. Pulmonary diffusing capacity and the capillary bed during Valsalva and Muller maneuvers. *J Appl Physiol* 1969; 27: 826–33.
124. Stedman RL. The chemical composition of tobacco smoke. *Chem Rev.* 1968; 68: 153- 207.
125. Steenhuis LH, Groen HJ, Koeter GH, van der Mark TW: Diffusion capacity and haemodynamics in primary and chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Eur Respir J* 2000; 16(2): 276–81.
126. Stewart IB, Potts JE, McKenzie DC, Coutts KD. Effect of body position on measurements of diffusion capacity after exercise. *Br J Sports Med.* 2000; 34(6): 440-4.
127. Stickland M, Fuhr D, Haykowsky M, Jones K, Paterson I, Ezekowitz J et al. Carotid chemoreceptor modulation of blood flow during exercise in healthy humans. *J Physiol.* 2011; 589(24): 6219-30.
128. Stickland M, Morgan B, Dempsey J. Carotid chemoreceptor modulation of sympathetic vasoconstrictor outflow during exercise in healthy humans. *J Physiol.* 2008; 586(6): 1743-54.

129. Takeda S, Hsia CCW, Wagner E, et al. Compensatory alveolar growth normalizes gas exchange function in immature dogs after pneumonectomy. *J Appl Physiol* 1999; 86: 1301-1310.
130. Takeda S, Ramanathan M, Wu EY, et al. Temporal course of gas exchange and mechanical compensation after right pneumonectomy in immature dogs. *J Appl Physiol* 1996; 80: 1304-12.
131. Tamhane RM, Johnson RL, Hsia CC. Pulmonary membrane diffusing capacity and capillary blood volume measured during exercise from nitric oxide uptake. *Chest* 2001; 120: 1850-56.
132. Thurlbeck WM, Abell RM: *The Lung: Structure, Function and Disease*. Williams i Wilkins, 1978.
133. Viegi G, Paoletti P, Prediletto R, et al. Carbon monoxide diffusing capacity, other indices of lung function and respiratory symptoms in a general population sample. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 1033–39.
134. Wagner IM, Wagner PD. Effect of prolonged, heavy exercise on pulmonary gas exchange in athletes. *J Appl Physiol* 1998; 85: 1523-32.
135. Wanger J. *Pulmonary function testing: A practical approach*. Bal-timore, Maryland, USA: Williams&Wilkins, 1992: 1-221.
136. Warshawski FJ, Sibbald WJ, Driedger AA, et al. Abnormal neutrophil-pulmonary interaction in the adult respiratory distress syndrome: qualitative and quantitative assessment of pulmonary neutrophil kinetics in humans within vivo ¹¹¹indium neutrophil scintigraphy. *Am Rev Respir Dis* 1986; 133: 797-804.
137. Wasserman K. Exercise gas exchange, breath-by-breath. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002; 165(3): 325-6.
138. Weibel ER. Morphometric and stereological methods in respiratory physiology, including fixation techniques. Otis, AB eds. *Techniques in the life sciences: respiratory physiology* 1984; 1-35.
139. Weiner JS, Lourie JA (1981). *Practical Human Biology (International Biological Programme Handbook No. 9)*. Academic Press INC Ltd: London.
140. Weitzman RG, Wilson AF. Diffusing capacity and overall ventilation: perfusion in asthma. *Amer J Med* 1974; 57: 767-74.

141. West JB. Pulmonary pathophysiology-The essentials. 4th ed. Baltimore, USA, Williams & Wilkins, 1992: 1-219.
142. West JB. Thoughts on the pulmonary blood-gas barrier. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2003; 285(3): L501-13.
143. Williamson JW, Nobrega AC, Garcia JA, Friedman DB, Mitchell JH. Cardiovascular responses at the onset of static exercise in patients with dual-chamber pacemakers. *J Appl Physiol.* 1995; 79(5): 1668-72.
144. Wright A, Marino FE, Kay D, Micalos P, Fanning C, Cannon J, Noakes TD. Influence of lean body mass on performance differences of male and female distance runners in warm, humid environments. *Am J Phys Anthropol.* 2002; 118(3): 285-91.
145. Zavorsky GS, Lands LC. Lung diffusion capacity for nitric oxide and carbon monoxide is impaired similarly following short-term graded exercise. *Nitric Oxide.* 2005; 12(1): 31-38.

PRILOG. Upitnik o ličnim podacima, sportskoj i medicinskoj anamnezi

1 – А Општи подаци

Име, имеоцаипрезиме		Пол	
Датумрођења		ЈМБГ	
Бр.здр.књж/филијала Фонда		Рег. број такмич. књижице	
Телефон/мобилни		Е-маил	
Адреса становања		Општина	
Занимање		Радно место/школа	
Датумпрегледа			

1 – Б Спортска активност

Спортска организација / клуб (назив и адреса)	
Национални грански спортски савез (назив и адреса)	
Спортска грана	
Спортска категорија	
Спортска дисциплина	
Позиција у тиму	
Тренер	
Број такмичења (индивидуални спорт) у претходној години?	До 10-20-30 више од 30
Број утакмица(колективни спорт) у претходној години?	До 10-20-30 више од 30
Да ли се такмичите ван своје узрастне категорије?	
Наведите свој најбољи спортски успех	
Да ли сте члан Националне селекције?	
Које године сте почели да тренирате?	
Колико пута (сати) недељно тренирате?	
Колико сати дневно тренирате?	
Фаза такмичарског циклуса?	Паузаприпреметакмичење
Да ли је сте упознати са законским прописима о коришћењу забрањених супстанци у сврху постизања боље спортске форме и резултата	Да Не

1 – В Медицинска анамнеза спортисте

Питање	ДА	НЕ
Да ли сте имали неко обољење или повреду од последњег лекарског прегледаобављеногради утврђивања здравствене способности?		
Да ли сте тренутно болесни или имате неки медицински проблем?		
Да ли сте из било ког разлога престајали са спортским активностима на више од месец дана?		
Да ли Вам је икада лекар забранио или ограничио бављење физичким активностима?		
Да ли редовно / дуже време узимате неки лек?		
Да ли тренутно узимате неки лек (таблете, капсуле, ињекције, креме, масти, средства за инхалирање...)?		
Да ли сте имали срчаних проблема, лупање или прескакање срца у миру, током или након физичке активности?		
Да ли сте икада имали бол у грудима током или након физичке активности?		
Да ли сте имали или имате повишени крвни притисак?		
Да ли Вам је икада речено да имате шум на срцу?		
Да ли сте боловали од миокардитиса?		
Да ли током физичке активности имате проблеме са органима за дисање(кашаљ,искашљавање,отежано,дисање)?		
Да ли имате астму?		
Да ли сте икада имали прелом кости?		
Да ли сте имали тежу повреду мишића?		
Да ли сте икада имали тежу повреду неког зглоба (угануће, ишчашење, прелом)?		
Да ли сте икада имали тежу повреду неког лигамента или тетиве?		
Да ли имате честе или јаке главобоље?		
Да ли сте икада изгубили свест ?		
Да ли сте икада имали потрес мозга?		
Да ли сте икада имали епилептични напад?		
Да ли сте икада имали осећај укочености или непријатности (жарење,пецање,бол) дуж руке, у шасти, дуж ноге, у стопалу?		
Да ли имате проблема са видом (коригован вид, астигматизам, страбизам ...)?		
Да ли имате проблема са слухом?		
Да ли често имате проблема са органима за варење (мучнина, гађење, повраћање, затвор, пролив,друго)?		
Да ли сте икада имали повишен шећер?		
Да ли сте икада имали повишен ниво масноћа у крви (холестерол, ХДЛ, ЛДЛ, триглицериде)?		
Да ли имате проблема са мокрењем?		
Да ли имате инфекцију коже или друге медицински значајне промене на кожи (акне, псоријаза, гљивичне болести...)?		
Да ли сте алергични? (на полен, гриње, кућну прашину, лекове, намирнице, увод инсеката или друго)		
Да ли сте икада лечени у болници због неке болести или повреде?		
Да ли сте икада оперисани због неке болести или повреде?		
Да ли сте боловали од инфективне мононуклеозе?		
Да ли сте боловали од жутице?		
Да ли сте прележали дечје заразне болести (богиње, заушке и друго)		
Да ли сте боловали од менингитиса?		
Да ли Вам је икада било лоше након физичке активности?		
Да ли сте икада имали вртоглавицу током или након физичке активности?		
Да ли патите од несанице?		
Да ли осећате да сте под стресом?		
Која је Ваша крвна група?Rh фактор – уписати у рубрику		
Да ли сте вакцинисани и да ли поседујете евиденцију о вакцинацији (Хепатитис А и Б, ...)		

Када сте примили последњу дозу антитетанусне заштите?		
Да ли желите да имате телесну масу мању од тренутне?		
Да ли желите да имате телесну масу већу од тренутне?		
Да ли редовно морате да губите на телесној маси да бисте се такмичили у својој категорији?		
Да ли користите додатке исхрани (витамини, минерали...)?		
Да ли сте икада користили суплементе у циљу добијања или губитка телесне масе?		
Да ли сте икада користили суплементе у циљу побољшања физичке способности или бржег опоравка?		
Да ли у сврху лечења користите неко средство из Листе забрањених средстава (ТУЕ – изузеће ради примене у терапијске сврхе)?		
Да ли често конзумирате алкохол?		
Да ли пушите (цигарете, цигаре, лулу)?		
Детаљније објасните питања на које сте одговорили са ДА		

1 – Д Породична анамнеза (односи се на породицу и ужу фамилију)

Да ли Вам је неки члан породице преминуо изненада од срчаног обољења пре навршене 50. године живота?		
Да ли Вам неки члан породице болује од неког срчаног обољења?		
Да ли Вам неки члан породице има повишен крвни притисак?		
Да ли Вам је неки члан породице преминуо од možданог удара?		
Да ли Вам неки члан породице има болести крви?		
Да ли Вам неки члан породице има проблеме са крвним судовима (анеуризма, проширене вене, венска тромбоза)?		
Да ли Вам неки члан породице има алергије, астму?		
Да ли Вам неки члан породице има проблеме са бубрезима?		
Да ли Вам неки члан породице има хроничне проблеме са зглобовима и мишићима?		
Да ли Вам неки члан породице има шећерну болест?		
Да ли Вам неки члан породице има проблема са хормоналним болестима?		
Да ли Вам неки члан породице има малигно обољење (рак)?		
Остало – Навести друге болести од којих болују чланови фамилије, а нису побројане		
Детаљније објасните питања на које сте одговорили са ДА		
Овим потврђујем да су моји одговори на постављена питања свеобухватни и тачни. Потпис спортисте/родитеља/старатеља		

SKRAĆENICE

ACSM- eng; American College of Sports Medicine

CO₂- ugljen dioksid

CO-ugljen monoksid

CT-kompjuterizovana tomografija

DK- desna komora

DLCO- difuzijski kapacitet pluća za ugljen monoksid

DL-difuzijski kapacitet pluća

Dm- difuzijska membrana (alveolo-kapilarna membrana)

ERV- ekspiracijski rezervni volumen

FEF₂₅- forsirani ekspiratorni protok pri 25 % FVC

FEF₅₀- forsirani ekspiratorni protok pri 50% FVC

FEF₇₅- forsirani ekspiratorni protok pri 75 % FVC

FEV₁- forsirani vitalni kapacitet u prvoj sekundi

FEV₁/FVC- odnos forsiranog vitalnog kapaciteta u prvoj sekundi i forsiranog vitalnog kapaciteta (Tifno indeks)

FIF₂₅- forsirani inspiratorni protok pri 25% od udahnutog vazduha

FIF₅₀ – forsirani inspiratorni protok pri 50% od udahnutog vazduha

FIF₇₅- forsirani inspiratorni protok pri 75% od udahnutog vazduha

FRC- funkcionalni rezidualni kapacitet

FVC- forsirani vitalni kapacitet

IC- inspiracijski kapacitet

IRV- inspiracijski rezervni volumen

IVC- inspiratorni vitalni kapacitet

KCO- koeficijent difuzije

KP-V- krivulja protok-volumen

KVS- kardiovaskularni sistem

msec-milisekunde

MV- minutni volumen krvi

Npr- na primer

PaCO₂- parcijalni pritisak ugljen dioksida
PaO₂- parcijalni pritisak kiseonika
PEF- najveći ekspiracijski protok
PET- pozitronska emisiona tomografija
pH- negativan logaritam koncentracije vodonikovih jona
PH- plućna hipertenzija
PIF- najveći inspiracijski protok
ppm (eng. parts per million) – jedan deo na million
RS- respiratorni sistem
RV- rezidualni volumen
Sar- saradnici
SD- standardna devijacija
SVC- spori vitalni kapacitet
TLC- totalni plućni kapacitet (eng. total lung capacity)
TM- telesna masa
TV- disajni volume (eng. tidalvolume; TV)
TV- telesna visina
UV-udarni volumen srca
VA- alveolarni volumen
V_c – volumen (zapremina krvi) plućnih kapilara
VC- vitalni kapacitet
Δt- tranzitno vreme prelaska krvi u plućima
Θ- brzina vezivanja gasa za eritrocite

BIOGRAFIJA

Biljana Lazović- Popović je rođena 10.05.1980.godine u Beogradu gde je završila osnovnu školu i gimnaziju kao Đak generacije. Medicinski fakultet u Beogradu upisala je 1999.godine, a završila 2006.godine sa prosečnom ocenom 9.00 (devet).

Akadske specijalističke studije iz Humane reprodukcije završila je 2008.godine kao jedan od najmlađih kandidata odbranom završnog rada sa temom "Morbiditet i mortalitet pacijentkinja obolelih od gestacijskih trofoblastnih bolesti".

U oktobru 2008.godine upisala je doktorske studije iz Epidemiologije.

Od 2010.godine zaposlena je u Službi za pulmologiju i pneumoftziologiju Kliničko-bolničkog centra Zemun najpre kao klinički lekar, a od 2014. godine kao specijalista interne medicine. Subspecijalizaciju iz pulmologije upisala je 2015. godine.

U zvanje kliničkog asistenta za internu medicinu- uža naučna oblast- pulmologija izabrana je u julu 2015. godine.

Objavila je 66 naučna rada, od kojih je 20 *in extenso* u časopisima sa JCR liste.

Angažovana je kao recezent u dva pulmološka časopisa: EC Pulmonology and Respiratory Medicine i u International Journal of Respiratory and Pulmonary Medicine.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisana Biljana Lazović-Popović

broj upisa 08-DS-EP-31

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Odgovor alveolo-kapilarne membrane na kontinuiranu fizičku aktivnost kod vrhunskih sportista sa različitom adaptacijom respiratornog sistema

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršila autorska prava i koristila intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranta



U Beogradu, 10.05.2016.

Prilog 2.

**Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije
doktorskog rada**

Ime i prezime autora Biljana Lazović-Popović

Broj upisa 08-DS-EP-31

Studijski program Epidemiologija

Naslov rada **Odgovor alveolo-kapilarne membrane na kontinuiranu fizičku aktivnost kod vrhunskih sportista sa različitom adaptacijom respiratornog sistema**

Mentor Doc. dr Vladimir Žugić

Potpisana Biljana Lazović-Popović

izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu.**

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranta



U Beogradu, 10.05.2016.

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Odgovor alveolo-kapilarne membrane na kontinuiranu fizičku aktivnost kod vrhunskih sportista sa različitom adaptacijom respiratornog sistema

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

Potpis doktoranta



U Beogradu, 10.05.2016.

1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.