

# Određivanje plućnih volumena i kapaciteta metodom spirometrije kod zdravih mladih ispitanika

---

**Bošnjak, Barbara**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Dental Medicine and Health Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:243:231234>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Dental Medicine and Health Osijek  
Repository](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO**

**OSIJEK**

**Diplomski sveučilišni studij Fizioterapije**

**Barbara Bošnjak**

**ODREĐIVANJE PLUĆNIH VOLUMENA I  
KAPACITETA METODOM  
SPIROMETRIJE KOD ZDRAVIH MLADIH  
ISPITANIKA**

**Diplomski rad**

**Orahovica, 2022.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ZA DENTALNU MEDICINU I ZDRAVSTVO**

**OSIJEK**

**Diplomski sveučilišni studij Fizioterapije**

**Barbara Bošnjak**

**ODREĐIVANJE PLUĆNIH VOLUMENA I  
KAPACITETA METODOM  
SPIROMETRIJE KOD ZDRAVIH MLADIH  
ISPITANIKA**

**Diplomski rad**

**Orahovica, 2022.**

Rad je ostvaren na Fakultetu za dentalnu medicinu i zdravstvo, Katedri za patofiziologiju, fiziologiju i imunologiju

Mentor rada: Prof. prim. dr. sc. Aleksandar Včev, dr. med.

Komentor: Nikola Volarić, dr. med.

Rad ima 37 listova, 10 tablica.

Znanstveno područje: Biomedicina i zdravstvo

Znanstveno polje: Temeljne medicinske znanosti

Znanstvena grana: Fiziologija čovjeka

## Sadržaj

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | UVOD .....   | 3  |
| 1.1.   | Definiranje i anatomija dišnog sustava.....                  | 3  |
| 1.1.1. | Fiziologija, mehanika disanja i plućna ventilacija .....     | 3  |
| 1.1.2. | Karakteristike zdravog respiratornog sustava .....           | 4  |
| 1.2.   | Utjecaj tjelesne aktivnosti na respiracijski sustav .....    | 4  |
| 1.3.   | Određivanje plućnih volumena i kapaciteta spirometrijom..... | 5  |
| 1.4.   | Pojmovno određenje spirometrije.....                         | 6  |
| 1.5.   | Plućni kapaciteti i spirometrijska mjerenja .....            | 7  |
| 1.5.1. | Forsirani vitalni kapacitet (FVC) .....                      | 8  |
| 1.5.2. | Forsirani ekspiracijski volumen .....                        | 9  |
| 1.5.3. | Krivulja protok-volumen.....                                 | 9  |
| 2.     | HIPOTEZA .....   | 11 |
| 3.     | CILJEVI .....  | 12 |
| 4.     | ISPITANICI I METODE .....                                    | 13 |
| 4.1.   | Ustroj studije.....  | 13 |
| 4.2.   | Materijali .....   | 13 |
| 4.3.   | Metode .....   | 13 |
| 4.4.   | Statističke metode.....                                      | 13 |
| 5.     | REZULTATI.....   | 14 |
| 5.1.   | Osobni podaci .....  | 14 |
| 5.2.   | Indeks tjelesne mase .....                                   | 15 |
| 5.3.   | Prisutnost plućnih bolesti.....                              | 16 |
| 5.4.   | Opće zdravstveno stanje .....                                | 17 |
| 5.5.   | Životne navike ispitanika.....                               | 18 |
| 5.6.   | Vrijednosti plućnih volumena .....                           | 19 |
| 5.7.   | Plućni kapaciteti .....                                      | 20 |

|   |    |
|---|----|
| 5.8. Utjecaj korona virusa na promjenu plućnih volumena i kapaciteta.....                       | 21 |
| 5.9. Utjecaj aktivnog bavljenja sportom na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta .....      | 22 |
| 5.10. Utjecaj rekreativnog bavljenja sportom na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta ..... | 23 |
| 6. RASPRAVA.....  | 24 |
| 7. ZAKLJUČAK .....  | 28 |
| 8. SAŽETAK.....   | 29 |
| 9. SUMMARY .....  | 30 |
| 10. LITERATURA.....   | 31 |
| 11. ŽIVOTOPIS .....   | 35 |

## **POPIS KRATICA**

ERV - ekspiracijski rezervni volumen

FEV - forsirani ekspiracijski volumen (eng. *forced expiratory volume*)

FRC - funkcionalni rezidualni kapacitet (eng. *functional residual capacity*)

FVC - forsirani vitalni kapacitet (eng. *forced vital capacity*)

IC - inspiracijski kapacitet (eng. *inspiratory capacity*)

IRV - inspiracijski rezervni volumen

KOPB - kronična opstruktivna plućna bolešt

PEF - vršni respiratorni protok (eng. *peak expiratory flow*)

RV - rezidualni volumen

TV - respiracijski volumen (eng. *tidal volume*)

TLC - ukupni plućni kapacitet (eng. *total lung capacity*)

VC - vitalni kapacitet (eng. *vital capacity*)

## 1. UVOD

### 1.1. Definiranje i anatomija dišnog sustava

Respiratorni, odnosno dišni sustav sastoji se od organa, dišnih puteva i mišića koji obnašaju funkciju izmjene plinova u tijelu. Kroz njih se kisik koji se unosi udisajem (udahom) izmjenjuje s ugljičnim dioksidom iz tjelesnih stanica (1). Sam proces disanja, odnosno respiracije događa se na razinama staničnog i organskog (dišnog) sustava, pri čemu se stanično odvija unutar mitohondrija i njime se stvara energija potrebna za odvijanje metaboličkih procesa, a organsko disanje posredstvom dišnog sustava omogućava oksigenaciju hemoglobina te eliminaciju ugljikovog dioksida. Spontano disanje odnosi se na vanjsko disanje koje se odvija kroz plućnu ventilaciju, difuziju kisika i ugljikovog dioksida između alveola i krvi, perfuziju pluća te regulaciju ventilacije (1).

#### 1.1.1. Fiziologija, mehanika disanja i plućna ventilacija

Spontano disanje prirodni je oblik disanja koji obavlja ljudsko tijelo, a sastoji se od naizmjeničnih kontrakcija i relaksacija dišnih mišića (2). Za vrijeme kontrakcije dišnih mišića u pluća ulazi 75% volumena udahnutog zraka, pri čemu najveći dio posla obavlja dijafragma. Prsni koš širi se u anteroposteriornom smjeru zahvaljujući kontrakciji vanjskih interkostalnih mišića čija je uloga podizanje rebra pa samim time odmiču i prsnu kost od kralježnice (3). Zahvaljujući ovoj sinergiji povećava se bujam prsnog koša, čime se snižava interpleuralni tlak koji se prenosi i na alveolarni prostor. Tim procesom postaje negativniji u odnosu na atmosferski tlak na razini usta, a tako nastali gradijent potpomaže spontanom ulasku zraka u pluća. Proces udisaja završava kad se tlak u alveolama ponovno izjednači s tlakom na početku dišnog puta. (4). Dok je udisaj aktivan proces, izdisaj je u potpunosti pasivan proces, kojim se opušta dišna muskulatura, a posljedično tome stežu elastične strukture prsnog koša (2). Važno je napomenuti kako postoje situacije u kojima izdisaj može biti aktivan proces, a u tkave situacije ubrajamo teže mišićne napore, izdisaj na silu itd. Bez obzira na to, većina dišnog rada obavlja se prvenstveno prilikom udisaja, pri čemu se nastoje savladati dva temeljna mehanička čimbenika koja se odupiru izdisaju: elastičnost pluća i prsnog koša te otpor samog tkiva unutar dišnih puteva. U pravilu se za proces dišnog rada prilikom mirovanja koristi do 5% ukupne potrošnje kisika, no ta količina može se povećati i do pedeset puta u različitim patološkim stanjima pluća gdje su uvelike promijenjena plućna mehanička svojstva



(2). Plućna ventilacija predstavlja sam čin disanja, a odnosi se na kretanje zraka između atmosfere i alveola, pri čemu u većini slučajeva prolazi i kompletni sustav gornjih i donjih dišnih puteva. Kako bi zrak mogao neometano se kretati iz atmosfere u alveole i obrnuto, nužna je razlika tlakova između tih područja, pri čemu se zrak uvijek kreće iz područja višeg tlaka u niži. Tlačni gradijent tako je temeljni preduvjet za proces plućne ventilacije, odnosno disanja (3).

### **1.1.2. Karakteristike zdravog respiratornog sustava**

Karakteristike zdravog dišnog sustava ovise o općem zdravlju svake uključene strukture kao i o funkcioniranju sustava u cjelini. Dišni sustav odgovoran je za skupljanje i prijenos plinova u i iz tijela, bez kojih ljudi ne bi mogli preživjeti. Iz tog je razloga održavanje dišnog sustava od najveće važnosti za održavanje života (5). Brojne su anatomske strukture uključene u složenost prijenosa plinova, ali da bismo razumjeli dišni sustav, najlakše je navesti nekoliko ključnih igrača. Usta i nos povezuju ovaj sustav s vanjskim svijetom. Ljudi dobivaju kisik neophodan za život stanica i ispuštaju otrovne metaboličke nusproizvode kroz interakciju s okolišem. Nakon što plin uđe u nos i usta, prelazi u pluća, gdje se, kao što je prethodno navedeno, alveole pune bogatim zrakom. Prijenos plinova odvija se u tim vaskularnim vrećicama, gdje kisik ulazi u krv, kroz koju će dospjeti do organa, stanica i tkiva u tijelu, dok se ugljični dioksid ispušta u pluća za izdisaj u okoliš. Ako je bilo koja od ovih osnovnih struktura oštećena, tada je teško održati zdrav dišni sustav. Postoje brojni čimbenici koji pridonose lošijem radu ovih struktura, uključujući udisanje dima i genetske poremećaje. Brojni kronični problemi poput cistične fibroze zahvaćaju dišni sustav, što može biti i opasno po život. Češći kompromis zdravog dišnog sustava je astma, koja uzrokuje upalu bronha - cijevi koje povezuju usta s plućima - kao i drugih struktura važnih za disanje (6). Udisanje dima, namjerno ili pasivno, također može biti štetno za zdrav dišni sustav, te može uzrokovati različita negativna stanja, uključujući rak pluća. Kako bi se poboljšalo zdravlje dišnog sustava, potrebno je odabrati zdravo okruženja, suzdržavati se od pušenja i redovito vježbati.

### **1.2. Utjecaj tjelesne aktivnosti na respiracijski sustav**

Tjelesna aktivnost pozitivno utječe na fizičko i emocionalno stanje čovjeka, a ključan je faktor i za bolji rad respiratornog sustava. Radi se o aktivnom pokretu dijelova ili kompletnog tijela, pri čemu se troši određena količina energije. Karakterizira ju modalitet, konstantnost, intenzitet,

vrijeme trajanja i okruženje u kojem se provodi. Srodan pojam tjelesnoj aktivnosti je vježbanje koje omogućuje tijelu da učinkovitije reagira na stres i podražaje iz okoliša (7).

Tijekom vježbanja dva važna organa u tijelu stupaju u pogon: srce i pluća. Pomoću pluća, kisik ulazi u tijelo i na taj način osigurava energiju i uklanjanje ugljičnog dioksida, otpadnog proizvoda procesa proizvodnje energije. Tijekom vježbanja povećava se rad mišića, te shodno tome koristi više kisika te proizvodi veća količina ugljikovog dioksida. Budući da se radi o dodatnom opterećenju tijela, dišni sustav izlazi u susret te povećava brzinu disanja i to oko 15 puta u minuti (12 litara zraka) tijekom odmora, do oko 40-60 puta u minuti (100 litara zraka) tijekom vježbanja. Cirkulacija se također ubrzava kako bi se kisik mogao dopremiti do mišića kako bi se mogli nastaviti kretati (8).

### **1.3. Određivanje plućnih volumena i kapaciteta spirometrijom**

Osim određivanja plućnih volumena i kapaciteta za procjenu zdravstvenog stanja respiratornog sustava, vrlo je bitno izmjeriti veličinu protoka zraka kroz dišne putove. Takvo mjerenje daje prikaz veličine i brzine izdisaja te samim time daje korisne informacije za procjenu funkcije dišnog sustava (9).

Procjena zdravstvenog stanja respiratornog sustava, odnosno test plućne funkcije provodi se spirometrijom. Pri obavljanju spirometrije, pacijenti u pravilu sjede te imaju kupče na nosu, ili barem manualno zatvorene nosnice kako ne bi došlo do propuštanja zraka. Zatim slijedi duboki udisaj prilikom kojeg se pisak spirometra stavlja u usta između zubi. Usne se stišću oko piska kako bi se dodatno spriječilo propuštanje zraka. Kako bi se dobro registrirale vrijednosti, potrebno je da izdah taje najmanje šest sekundi (10).

Pri snažnom izdisaju, ekspiracijski protok zraka doseže maksimum iznad kojeg se protok zraka ne može povećati čak ni velikim povećanjem dodatne snage, što predstavlja maksimalni ekspiracijski protok. Dišni sustav kontinuirano se prilagođava potrebama organizma za kisikom, shodno tome može se reći da respiracija nije statičan proces. Tako će pri fizičkom naporu dišni sustav reagirati povećanjem frekvencije i dubine disanja, te maksimalno ubrzati protok zraka kroz dišne puteve (10).

Grafovi koji se koriste za prikaz spirometrijskih rezultata nazivaju se spirogrami. Spirogrami prikazuje volumen u litrama, vrijeme u sekundama i brzinu protoka zraka u litrama u sekundi. Postoje dvije vrste spirograma, krivulja volumen-vrijeme i krivulja protok-volumen.

#### **1.4. Pojmovno određenje spirometrije**

Spirometrija (mjerenje daha) najčešće je korišten test plućne funkcije. Mjeri funkciju pluća, posebno količinu (volumen) i/ili brzinu (protok) zraka koji se može udahnuti i izdahnuti. Spirometrija je korisna u procjeni obrazaca disanja koji identificiraju stanja kao što su astma, plućna fibroza, cistična fibroza i kronična opstruktivna plućna bolest (KOPB). Također je od pomoći kao dio sustava zdravstvenog nadzora, u kojem se obrasci disanja mjere tijekom vremena. Rezultat spirometrije su pneumotahografi, odnosno grafikoni koji iscrtavaju volumen i protok zraka koji ulazi i izlazi iz pluća nakon jednog udisaja i jednog izdisaja (11, 12).

Spirometrija se indicira iz sljedećih razloga (13, 14):

1. Dijagnostika ili liječenje astme,
2. Otkrivanje bolesti dišnog sustava kod pacijenata sa simptomima nedostatka zraka i razlikovanje respiratorne od srčane bolesti kao uzroka,
3. Mjerenje bronhalnog odgovora,
4. Dijagnosticiranje i razlikovanje opstruktivne bolesti pluća od restriktivne bolesti pluća,
5. Praćenje prirodne povijesti bolesti u respiratornim stanjima,
6. Procjenu oštećenja uzrokovanog profesionalnom astmom,
7. Identifikaciju rizika od plućne barotraume tijekom ronjenja (kod osobe izloženih ovom riziku),
8. Provođenje preoperativne procjene rizika prije anestezije ili kardiorakalne operacije,
9. Dijagnosticiranje disfunkcije glasnica.

Mjerenjem statičke plućne funkcije pluća može se odrediti plućni volumen i plućni kapacitet. Pritom se razlikuju sljedeći plućni volumeni (13):

- Respiracijski volumen (TV): volumen zraka udahnut ili izdahnut tokom disanja (500 ml).
- Inspiracijski rezervni volumen (IRV): količina zraka koja se može prisilno udahnuti nakon normalnog disajnog volumena. IRV se obično drži u rezervi, ali se koristi tijekom dubokog disanja. Normalna vrijednost za odrasle je 1900-3300 ml.
- Ekspiracijski rezervni volumen (ERV): volumen zraka koji se može prisilno izdahnuti nakon izdisaja normalnog plimnog volumena. Normalna vrijednost za odrasle je 700-1200 ml. ERV je smanjen kod pretilosti, ascitesa ili nakon operacije gornjeg abdomena
- Rezidualni volumen (RV); volumen zraka koji ostaje u plućima nakon maksimalnog izdisaja. Normalna vrijednost za odrasle je u prosjeku 1200 ml (20-25 ml/kg). Određuje se direktno, zbrajanjem funkcionalnog rezidualnog kapaciteta (FRC) i ERV i ne može se mjeriti spirometrijom. Kod opstruktivnih bolesti pluća sa značajkama nepotpunog pražnjenja pluća i zadržavanja zraka, RV može biti značajno visok. RV se također može izraziti kao postotak ukupnog kapaciteta pluća, a vrijednosti veće od 140% značajno povećavaju rizik od barotraume, pneumotoraksa, infekcije i smanjenog venskog povratka zbog visokog intratorakalnog tlaka kao što je primijećeno kod pacijenata s visokim RV koji zahtijevaju operaciju a mehanička ventilacija stoga zahtijeva visoke perioperativne inflacijske tlakove

### **1.5. Plućni kapaciteti i spirometrijska mjerenja**

Postoji standardni skup mjernih protokola koji pomažu u procjeni funkcije pluća i kapaciteta. Pri svakom spirometrijskom mjerenju, potrebno je usporediti rezultate prema skupu standarda koje je uspostavila zdravstvena zajednica. Ove standardi uzimaju u obzir dob, visinu, spol i rasu/etničku pripadnost osobe. Istraživanja su pokazala da čimbenici kao što su veličina tijela i demografska skupina mogu utjecati na dijagnostički prag za takve opstruktivne bolesti pluća (15).

Kako bi se dobio bolji uvod u zbivanja u plućnom ciklusu, potrebno je zajedno razmotriti dva ili više spomenuta volumena, a takve kombinacije nazivaju se plućnim kapacitetima. Sljedeća slika prikazuje plućne kapacitete koji se najučestalije mjere (13):

- Inspiracijski kapacitet (IC) predstavlja količinu zraka koja se može udahnuti počevši od razine normalnog izdisaja. Zbroj je respiracijskog volumena i inspiracijskog rezervnog volumena. Prosječno iznosi oko 3 500 mL.
- Funkcionalni rezidualni kapacitet (FRC) je količina zraka koja ostaje u plućima nakon normalnog izdisaja. Jednak je zbroju ekspiracijskog rezervnog volumena i rezidualnog volumena. Njegov prosječni volumen je oko 2 300 mL.
- Vitalni kapacitet (VC) predstavlja maksimalnu količinu zraka koju čovjek može istisnuti iz pluća, tako da najprije maksimalno udahne, a zatim maksimalno izdahne. Predstavlja zbroj respiracijskog volumena, inspiracijskog rezervnog volumena i ekspiracijskog rezervnog volumena, a prosječno iznosi oko 4 600 mL.
- Ukupni plućni kapacitet (TLC) je maksimalni volumen do kojeg se pluća mogu rastegnuti najvećim mogućim naporom (oko 5 800 mL). Predstavlja zbroj svih plućnih volumena.

### 1.5.1. Forsirani vitalni kapacitet (FVC)

Forsirani vitalni kapacitet (FVC) predstavlja ukupni volumen zraka izdahnut koji se izdahne maksimalnim naporom nakon što smo maksimalno udahnuli i izražava se u litrama (16).

Ispitivanje FVC-a provodi se tako da pacijent potpuno udahne, a zatim naglo ispuše zrak iz pluća što brže može. Rezultati se zatim prikazuju na grafikonu i uspoređuju se s unaprijed određenim skupom vrijednosti na temelju općih mjerenja sastavljena od strane zdravstvene zajednice. Ove mjere uzimaju u obzir demografske čimbenike kao što su visina, spol i dob. Na primjer, zdrava odrasla osoba obično može istisnuti sav zrak iz pluća za otprilike 6 sekundi. Trajanje znatno dulje ukazuju na prisutnost KOPB-a.

Uzroci sniženog FVC mogu biti kao posljedica nedovoljnog napora ispitanika, ograničenjem protoka zraka, potpunim prestankom protoka zraka, ili kombinacijom navedenih parametara. Normalan je iznad 80% od predviđenog.

### 1.5.2. Forsirani ekspiracijski volumen

Forsirani ekspiracijski volumen (FEV) mjeri koliko zraka osoba može izdahnuti tijekom forsiranog udaha. Količina izdahnutog zraka može se mjeriti tijekom prve (FEV1), druge (FEV2) i/ili treće sekunde (FEV3) prisilnog udisaja (17). Najčešće se mjeri u prvoj sekundi (FEV1) jer najbolje izražava promjene kapaciteta u odnosu na početak krivulje koji više ovisi o naporu i suradnji ispitanika (13). Forsirani ekspiracijski volumen i forsirani vitalni kapacitet testovi su funkcije pluća koji se mjere tijekom spirometrije. Forsirani ekspiracijski volumen najvažnije je mjerenje funkcije pluća.

Koristi se za (18):

- Dijagnosticirajte opstruktivne plućnih bolesti pluća (npr. astma i kronična opstruktivna plućna bolest). Tako npr. osoba koja ima astmu ili KOPB ima niži rezultat FEV1 od zdrave osobe.
- Analizu djelovanja lijekova koji se koriste za poboljšanje disanja.
- Provjeru progresije bolesti pluća. Smanjenje vrijednosti FEV1 može značiti da se bolest pluća pogoršava (19).

### 1.5.3. Krivulja protok-volumen

Krivulja protok-volumen VTC sastoji se od protoka izdisaja i krivulja volumena i prikazuje brzine strujanja zraka u odnosu na količinu zraka koja se istiskuju iz pluća. Stvorena krivulja također ima točke koje sadrže vršni ekspiratorni protok (PEF) i FVC. Volumen protoka počinje na X-osi koja je poznata kao os volumena. Pri pokretanju testa, protok i volumen su na nuli. Nakon početka provođenja testa, točka poklopca počinje rasti prema vrhuncu, što je u stručnoj terminologiji poznato kao Peak Expiratory Flow (PEF). PEF će pasti kako se zrak istiskuje iz pluća. Pri zdravim

plućima, FV vrijednost spušta se u ravnoj ili konveksnoj liniji, idući od vrha (PEF) do dna (FVC). Prisilni vitalni kapacitet (FVC) je maksimalni volumen nasilno potisnutog zraka iz pluća na visini udisanja. Prisilno nadahnuće koje slijedi prisilni izdisaj ima otprilike istu morfologiju, ali PIF (Peak Inspiratory Protok) nije tako precizan kao PEF (15).

### **1.5.4. Krivulja vrijeme-volumen**

VT je krivulja volumena zraka u odnosu na vremensku krivulju i odgovara FEV1 i FVC. Količina zraka istisnuta iz pluća tijekom prvih sekundi FVC-a naziva se FEV1. Vrijeme i protok na grafikonu počinju sa vrijednostima nula (0,0). Budući da je većina zraka istisnuta iz pluća na početku testa, grafikon će se brzo podići nakon što se veliki dišni putovi pluća isprazne. Oko 80% od ukupnog volumen zraka u plućima se istiskuje unutar prve sekunde testa. Kako se zrak prazni iz pluća, izdahnuti volumen koji se povećavao će se izjednačiti s vodoravnom crtom (15).

### **1.5.5. Usporeni vitalni kapacitet**

Ovaj test se provodi na dva načina. Prvi je da pacijent potpuno udahne, a zatim ispuše sav zrak iz pluća polako, dok pri drugom, pacijent istisne sav zrak iz pluća, a zatim polako udišu dok mu pluća ne budu puna. Ovaj test se može koristiti za mjerenje TV-a, IRV-a, ERV-a i IC-a. Usporeni vitalni kapacitet je usko povezan s FVC i razlike između njih mogu ukazivati na mogući kolaps u malim dišnim putovima. Ovaj test služi u dijagnostici KOPB i vjeruje se da je posljedica gubitka elastičnosti pluća (15).

### **1.5.6. Makimalna dobrovoljna ventilacija**

Ovaj test se izvodi tako da pacijent udahne i izdahne što je brže i jače moguće u spirometar na 12 sekundi. Ukupni volumen plina koji pokreću pluća je zabilježeno. Vrijednost se množi s 4 kako bi se dobio maksimalni volumen koji pacijent je udahnuo u minuti voljnim naporom. Ovaj test može biti opasan za neke pacijenata, stoga se više ne daje uobičajeno (15).

**2. HIPOTEZA**

Vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta značajno se razlikuju između spolova. Također, različiti okolišni faktori ili stil života može utjecati na promjene navedenih parametara.



### 3. CILJEVI

Ciljevi istraživanja su:

- 1) Provesti anketu među zdravom mladom populacijom te prikupiti podatke o njihovom zdravstvenom stanju i dnevnim navikama
- 2) Metodom spirometrije izmjeriti vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta za svakog ispitanika
- 3) Usporediti dobivene rezultate ankete s rezultatima spirometrije te napraviti statističku analizu unutar svakog pojedinog spola te među spolovima

### 4. ISPITANICI I METODE

#### 4.1. Ustroj studije

Istraživanje je provedeno kao presječno istraživanje (20).

#### 4.2. Materijali

U istraživanju su sudjelovali zdravi mladi ispitanici, studenti druge i treće godine dentalne medicine Fakulteta za dentalnu medicinu i zdravstvo. Istraživanje je provedeno u skladu sa smjernicama za sigurnost osoba. Uključeni su bili ispitanici oba spola, 20 žena i 13 muškaraca, dobi 20-24 godine.

#### 4.3. Metode

Svi ispitanici su popunili anketu sa svojim osobnim podacima (dob, spol, tjelesna visina i težina te mjesto prebivališta). U nastavku su odgovarali na 11 pitanja koja su bila vezana uz njihovo zdravstveno stanje (opstruktivne bolesti pluća, preboljeni bronhitis u djetinjstvu, preboljen COVID-19, prisutnost visokog krvnog tlaka, kolesterola i razine glukoze u krvi) i životne navike (tjelesna aktivnost, dovoljno sna, uzimanje dodataka prehrani).

Nakon popunjavanja ankete svaki ispitanik je pristupio mjerenju vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta metodom spirometrije. Rezultati su prikupljeni uz pomoć uređaja BIOPAC MP36 (BIOPAC, Goleta, CA, USA) te obrađeni koristeći Biopac Student Lab 4.1 programa za analizu podataka.

#### 4.4. Statističke metode

Kategorijski podatci prikazani su kao apsolutna i relativna frekvencija (%). Razlike kategorijskih varijabli testirane su  $\chi^2$  testom. Numerički podatci opisani su kao srednja vrijednost i standardno raspršenje (SD). Normalnost raspodjele (nezavisnih) uzoraka ispitana je Shapiro-Wilk testom. U slučaju normalne raspodjele, rezultati su analizirani pomoću studentovog t- testa ili Mann-Whitney U test za podatke koji nisu normalno distribuirani. Za statističku analizu upotrijebili smo *Sigma Plot v.12 (Systat Software, Inc, Chicago, USA)*. Statistička je značajnost određena na  $p < 0,05$ .

## 5. REZULTATI

### 5.1. Osobni podaci

U istraživanju je sudjelovalo 20 žena i 13 muškaraca. Žene su bile dobi u rasponu 20-24 godine, muškarci 20-23 godine. Analizom rezultata regija unutar Republike Hrvatske iz koje potječu, ustanovljeno je kako je najviše studenata iz Istočne Hrvatske (ženski spol 75% i muški spol 46,1%) te podjednako iz ostalih regija, neovisno o spolu (Tablica 1.).

**Tablica 1.** Podjela studenata prema prebivalištu

| <b>PREBIVALIŠTE PREMA REGIJAMA<br/>REPUBLIKE HRVATSKE</b> | <b>Žene,<br/>n (%)</b> | <b>Muškarci,<br/>n (%)</b> | <b>P*</b> |
|---|------------------------|----------------------------|-----------|
| <b>Istočna Hrvatska</b>                                   | 15 (75)                | 6 (46,1)                   |           |
| <b>Sjeverozapadna Hrvatska</b>                            | 1 (5)                  | 0 (0)                      |           |
| <b>Središnja Hrvatska</b>                                 | 2 (10)                 | 3 (23,1)                   | 0,53      |
| <b>Sjeverni Jadran i Lika</b>                             | 0 (0)                  | 2 (15,4)                   |           |
| <b>Srednji i južni jadranski</b>                          | 2 (10)                 | 2 (15,4)                   |           |

n – broj ispitanika

Rezultati su prikazani kao apsolutna i relativna frekvencija (%)

\* $\chi^2$  test

## 5.2. Indeks tjelesne mase

Iz prikupljenih vrijednosti visine i težine ispitanika izračunata je vrijednost indeksa tjelesne mase za svakog studenta. Najveći postotak studentica je normalne tjelesne težine (75 %) te je utvrđeno 20 % pothranjenih studentica i 5 % pretilih (1 osoba). Kod muškaraca je podjednak omjer studenata normalne tjelesne mase (53,8 %) i prekomjerne tjelesne mase (46,2 %). Također niti jedan muškarac nije bio pothranjen (Tablica 2.).

**Tablica 2.** Indeks tjelesne mase

| <b>INDEKS TJELESNE MASE</b>     | <b>Žene,<br/>n (%)</b> | <b>Muškarci,<br/>n (%)</b> | <b>P*</b>   |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------|
| <b>pothranjenost</b>            | 4 (20)                 | 0 (0)                      |             |
| <b>normalna tjelesna težina</b> | 15 (75)                | 7 (53,8)                   | <b>0,04</b> |
| <b>pretilost</b>                | 1 (5)                  | 5 (46,2)                   |             |

n – broj ispitanika

Rezultati su prikazani kao apsolutna i relativna frekvencija (%)

\* $\chi^2$  test

### 5.3. Prisutnost plućnih bolesti

Niti jedan od ispitanika nema prisutan neki od oblika opstrukcije dišnih puteva. 15% ispitanika oba spola ima neki oblik odgovora na peludne alergije. Određeni manji postotak ispitanika je prethodno prebolio bronhitis u djetinjstvu (žene 25 %, muškarci 7,7 %).

Zanimljive su razlike u broju osoba koje su preboljele COVID-19, 75 % ženske populacije je imalo kontakt s korona virusom, dok je kod muškaraca podjednako ispitanika preboljelo COVID-19 (46,2 %) ili nije imalo kontakt s korona virusom (53,8 %) (Tablica 3.).

**Tablica 3.** Prisutnost značajnijih plućnih oboljenja ili parametara koji tome pridonose

|  | <b>Žene,<br/>n (%)</b> | <b>Muškarci,<br/>(%)</b> | <b>n</b> | <b>P*</b> |
|--|------------------------|--------------------------|----------|-----------|
| <b>Postojanje opstruktivne bolesti pluća</b> |                        |                          |          |           |
| <b>DA</b>                                    | 0 (0)                  | 0 (0)                    |          | 0,77      |
| <b>NE</b>                                    | 20 (100)               | 13 (100)                 |          |           |
| <b>Odgovor na peludne alergije</b>           |                        |                          |          |           |
| <b>DA</b>                                    | 3 (15)                 | 2 (15,4)                 |          | 0,97      |
| <b>NE</b>                                    | 17 (85)                | 11 (84,6)                |          |           |
| <b>Prebolili COVID19</b>                     |                        |                          |          |           |
| <b>DA</b>                                    | 15 (75)                | 6 (46,2)                 |          | 0,09      |
| <b>NE</b>                                    | 5 (25)                 | 7 (53,8)                 |          |           |
| <b>Prebolili bronhitis u djetinjstvu</b>     |                        |                          |          |           |
| <b>DA</b>                                    | 5 (25)                 | 1 (7,7)                  |          | 0,21      |
| <b>NE</b>                                    | 15 (75)                | 12 (92,3)                |          |           |

n – broj ispitanika

Rezultati su prikazani kao apsolutna i relativna frekvencija (%)

\* $\chi^2$  test

#### 5.4. Opće zdravstveno stanje

Utvrđeno je kako nitko od ispitanika nema šećernu bolest, povišen kolesterol te je kod samo jednog studenta prisutan povišeni krvni tlak. Ovi rezultati idu u prilog da se radi o zdravim ispitanicima (Tablica 4.).

**Tablica 4.** Krvni tlak, šećerna bolest i kolesterol

|                                  | <b>Žene,<br/>n (%)</b> | <b>Muškarci,<br/>n (%)</b> | <b>P*</b> |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------|
| <b>Povišeni krvni tlak</b>       |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                        | 0 (0)                  | 1 (7,7)                    | 0,72      |
| <b>NE</b>                        | 20 (100)               | 12 (92,3)                  |           |
| <b>Šećerna bolest</b>            |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                        | 0 (0)                  | 0 (0)                      | 0,76      |
| <b>NE</b>                        | 20 (100)               | 13 (100)                   |           |
| <b>Povišen kolesterol u krvi</b> |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                        | 0 (0)                  | 0 (0)                      | 0,76      |
| <b>NE</b>                        | 20 (100)               | 13 (100)                   |           |

n – broj ispitanika

Rezultati su prikazani kao apsolutna i relativna frekvencija (%)

\* $\chi^2$  test

### 5.5. Životne navike ispitanika

Određeni postotak studenta aktivno se bavi sportom, u većem postotku su to muškarci (žene 25 %, muškarci 46,2 %). Za razliku od aktivnog treniranja, rekreativno se sportom 3-5 puta tjedno bavi 85 % žena i 69,2 % muškaraca. U većem postotku studenti ne konzumiraju dodatke prehrani (65% žena i 53,8 % muškaraca). Većina žena smatra da spava dovoljno (8 sati dnevno) 70 %, dok muškarci podjednako misle da spavaju dovoljno (53,8 %), odnosno ne spavaju dovoljno (46,2 %) (Tablica 5).

**Tablica 5.** Životne navike ispitanika

|   | <b>Žene,<br/>n (%)</b> | <b>Muškarci,<br/>n (%)</b> | <b>P*</b> |
|---|------------------------|----------------------------|-----------|
| <b>Aktivno bavljenje sportom</b>        |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                               | 5 (25)                 | 6 (46,2)                   | 0,21      |
| <b>NE</b>                               | 15 (75)                | 7 (53,8)                   |           |
| <b>Rekreativno bavljenje sportom</b>    |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                               | 17 (85)                | 9 (69,2)                   | 0,27      |
| <b>NE</b>                               | 3 (15)                 | 4 (30,8)                   |           |
| <b>Uzimanje dodataka prehrani</b>       |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                               | 7 (35)                 | 6 (46,2)                   | 0,52      |
| <b>NE</b>                               | 13 (65)                | 7 (53,8)                   |           |
| <b>Spavanje minimalno 8 sati dnevno</b> |                        |                            |           |
| <b>DA</b>                               | 14 (70)                | 7 (53,8)                   | 0,34      |
| <b>NE</b>                               | 6 (30)                 | 6 (46,2)                   |           |

n – broj ispitanika

Rezultati su prikazani kao frekvencija i relativna frekvencija (%)

\* $\chi^2$  test

### 5.6. Vrijednosti plućnih volumena

Muška populacija ima znatno više vrijednosti inspiracijskog ( $P < 0,0001$ ) i ekspiracijskog plućnog volumena ( $P = 0,02$ ) u odnosu na žene. Vrijednosti respiracijskog te rezidualnog volumena nije pokazala statistički značajnu razliku među skupinama (Tablica 6).

**Tablica 6.** Plućni volumeni

| <b>PLUĆNI VOLUMENI</b>                | <b>Žene,<br/>L (SD)</b> | <b>Muškarci,<br/>L (SD)</b> | <b>P</b>            |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Respiracijski volumen</b>          | 0,7 (0,2)               | 0,8 (0,3)                   | 0,12                |
| <b>Inspiracijski rezervni volumen</b> | 1,5 (0,4)               | 2,2 (0,6)                   | <b>&lt; 0,0001*</b> |
| <b>Ekspiracijski rezervni volumen</b> | 0,6 (0,2)               | 0,9 (0,5)                   | <b>0,02*</b>        |
| <b>Rezidualni volumen</b>             | 1 (0,003)               | 1 (0,003)                   | 0,83                |

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardno raspršenje (SD)

\* t-test,  $p < 0,05$



### 5.7. Plućni kapaciteti

Mjerenjem plućnih kapaciteta utvrđeno je kako muškarci imaju sve mjerljive volumene plućnih kapaciteta statistički značajno veće od ženske populacije ( $p < 0,05$ ) (Tablica 7.).

**Tablica 7.** Plućni kapaciteti

| <b>PLUĆNI KAPACITETI</b>                 | <b>Žene,<br/>L (SD)</b> | <b>Muškarci,<br/>L (SD)</b> | <b>P</b>            |
|--|-------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Inspiracijski kapacitet</b>           | 2,2 (0,4)               | 3 (0,6)                     | <b>&lt; 0,0001*</b> |
| <b>Funkcionalni rezidualni kapacitet</b> | 1,6 (0,2)               | 1,9 (0,5)                   | <b>0,02*</b>        |
| <b>Vitalni kapacitet</b>                 | 3,1 (0,6)               | 4,5 (0,8)                   | <b>&lt; 0,0001*</b> |
| <b>Ukupni plućni kapacitet</b>           | 3,8 (0,5)               | 5 (0,7)                     | <b>&lt; 0,0001*</b> |

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardno raspršenje (SD)

\* t-test,  $p < 0,05$

### 5.8. Utjecaj korona virusa na promjenu plućnih volumena i kapaciteta

Muški ispitanici koji su preboljeli COVID-19 imaju statistički značajno veću vrijednost inspiracijskog rezervnog volumena ( $P=0,005$ ), te inspiracijskog ( $P=0,001$ ), vitalnog ( $P=0,0002$ ) i ukupnog plućnog kapaciteta ( $P=0,0001$ ) u odnosu na žene koje su imale kontakt s korona virusom (Tablica 8.). Testiranjem rezultata unutar spolova nije bilo statistički značajne razlike ( $P>0,05$ ).

**Tablica 8.** Utjecaj COVID-19 na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta

| COVID-19                                 | DA -<br>žene,<br>L (SD) | NE -<br>žene,<br>L (SD) | *P    | DA -<br>muškarci,<br>L (SD) | NE -<br>muškarci,<br>L (SD) | *P    | **P           |
|--|-------------------------|-------------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|-------|---------------|
| <b>Respiracijski volumen</b>             | 0,65 (0,2)              | 0,70 (0,2)              | 0,665 | 0,76 (0,2)                  | 0,81 (0,3)                  | 0,763 | 0,249         |
| <b>Inspiracijski rezervni volumen</b>    | 1,52 (0,4)              | 1,45 (0,2)              | 0,742 | 2,49 (0,6)                  | 2 (0,5)                     | 0,132 | <b>0,005</b>  |
| <b>Ekspiracijski rezervni volumen</b>    | 0,7 (0,2)               | 0,53 (0,2)              | 0,229 | 0,96 (0,4)                  | 0,94 (0,5)                  | 0,948 | 0,06          |
| <b>Rezidualni volume</b>                 | 1 (0,003)               | 1 (0,004)               | 0,416 | 1 (0,004)                   | 1 (0)                       | 0,299 | 0,505         |
| <b>Inspiracijski kapacitet</b>           | 2,22 (0,4)              | 2,15 (0,3)              | 0,909 | 3,26 (0,6)                  | 2,83 (0,5)                  | 0,184 | <b>0,001</b>  |
| <b>Funkcionalni rezidualni kapacitet</b> | 1,68 (0,2)              | 1,53 (0,2)              | 0,235 | 1,95 (0,4)                  | 1,93 (0,5)                  | 0,943 | 0,06          |
| <b>Vitalni kapacitet</b>                 | 3,26 (0,5)              | 2,7 (0,5)               | 0,06  | 4,43 (0,6)                  | 4,58 (0,9)                  | 0,733 | <b>0,0002</b> |
| <b>Ukupni plućni kapacitet</b>           | 3,85 (0,5)              | 3,68 (0,5)              | 0,533 | 5,21 (0,8)                  | 4,76 (0,7)                  | 0,29  | <b>0,0001</b> |

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardno raspršenje (SD)

\* t-test (unutar istog spola)

\*\* t-test (između spolova za ispitanike koji su preboljeli COVID-19)

DA – preboljeli COVID-19; NE – nisu imali kontakt s korona virusom

### 5.9. Utjecaj aktivnog bavljenja sportom na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta

Aktivno bavljenje sportom dovodi do značajne razlike u razini inspiracijskog rezervnog volumena, inspiracijskog, vitalnog i ukupnog plućnog kapaciteta među spolovima. Muški ispitanici koji se aktivno bave sportom, imaju značajno veće vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta u odnosu na ženske ispitanice aktivno uključene u sport (Tablica 9.). Testiranjem rezultata unutar spolova nije bilo statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ).

**Tablica 9.** Utjecaj aktivnog bavljenja sportom na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta

| <b>SPORT - AKTIVNO</b>                       | <b>DA -<br/>žene,<br/>L (SD)</b> | <b>NE -<br/>žene,<br/>L (SD)</b> | <b>*P</b> | <b>DA -<br/>muškar<br/>ci,<br/>L (SD)</b> | <b>NE -<br/>muškar<br/>ci,<br/>L (SD)</b> | <b>*P</b> | <b>**P</b>              |
|--|----------------------------------|----------------------------------|-----------|---|---|-----------|-------------------------|
| <b>Respiracijski volumen</b>                 | 0,78<br>(0,2)                    | 0,62<br>(0,2)                    | 0,11<br>9 | 0,84<br>(0,5)                             | 0,75<br>(0,2)                             | 0,54<br>7 | 0,71<br>7               |
| <b>Inspiracijski rezervni<br/>volumen</b>    | 1,37<br>(0,3)                    | 1,54<br>(0,4)                    | 0,38<br>6 | 2,32<br>(0,7)                             | 2,16<br>(0,5)                             | 0,63<br>8 | <b>0,02</b><br><b>2</b> |
| <b>Ekspiracijski rezervni<br/>volumen</b>    | 0,7<br>(0,3)                     | 0,6<br>(0,2)                     | 0,49<br>2 | 0,84<br>(0,4)                             | 1,04<br>(0,5)                             | 0,46<br>7 | 0,52                    |
| <b>Rezidualni volume</b>                     | 1<br>(0,004)                     | 1<br>(0,003)                     | 0,41<br>6 | 1 (0,004)                                 | 1 (0)                                     | 0,29<br>9 | 0,9                     |
| <b>Inspiracijski kapacitet</b>               | 2,14<br>(0,5)                    | 2,17<br>(0,4)                    | 0,90<br>4 | 3,16<br>(0,6)                             | 2,9 (0,6)                                 | 0,44<br>8 | <b>0,01</b>             |
| <b>Funkcionalni rezidualni<br/>kapacitet</b> | 1,7<br>(0,3)                     | 1,62<br>(0,2)                    | 0,48<br>7 | 1,84<br>(0,4)                             | 2,03<br>(0,5)                             | 0,47      | 0,52<br>1               |
| <b>Vitalni kapacitet</b>                     | 3,37<br>(0,6)                    | 3,04<br>(0,5)                    | 0,27<br>1 | 4,74<br>(0,5)                             | 4,32<br>(0,9)                             | 0,34<br>7 | <b>0,00</b><br><b>3</b> |
| <b>Ukupni plućni kapacitet</b>               | 3,85<br>(0,7)                    | 3,79<br>(0,4)                    | 0,82<br>7 | 5 (0,7)                                   | 4,94<br>(0,8)                             | 0,88<br>9 | <b>0,03</b>             |

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardno raspršenje (SD)

\* t-test (unutar istog spola)

\*\* t-test (između spolova za ispitanike koji se aktivno bave sportom)

### 5.10. Utjecaj rekreativnog bavljenja sportom na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta

Muškarci koji se rekreativno bave sportom imaju statistički značajno više vrijednosti respiracijskog i inspiracijskog rezervnog volumena te vitalnog i ukupnog plućnog kapaciteta u odnosu na istu skupinu u ženskoj populaciji ( $P < 0,05$ ). Također, unutar muške skupine, rekreativna sportska aktivnost značajno povećava respiracijski volumen u odnosu na netreniranu skupinu ( $P = 0,04$ ) (Tablica 10.). Testiranjem rezultata unutar ženske grupe ispitanika nije bilo statistički značajne razlike ( $P > 0,05$ ).

**Tablica 10.** Utjecaj rekreativnog bavljenja sportom na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta

| <b>SPORT -<br/>REKREATIVNO</b>               | <b>DA -<br/>žene,<br/>L<br/>(SD)</b> | <b>NE -<br/>žene,<br/>L<br/>(SD)</b> | <b>*P</b> | <b>DA -<br/>muška<br/>rci,<br/>L (SD)</b> | <b>NE -<br/>muška<br/>rci,<br/>L (SD)</b> | <b>*P</b>        | <b>**P</b>             |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------|---|---|------------------|------------------------|
| <b>Respiracijski<br/>volumen</b>             | 0,66<br>(0,2)                        | 0,67<br>(0,2)                        | 0,9<br>42 | 0,89<br>(0,3)                             | 0,57<br>(0,04)                            | <b>0,0<br/>4</b> | <b>0,02</b>            |
| <b>Inspiracijski<br/>rezervni volumen</b>    | 1,49<br>(0,4)                        | 1,53<br>(0,3)                        | 0,8<br>87 | 2,25<br>(0,5)                             | 2,20<br>(0,7)                             | 0,8<br>71        | <b>0,000<br/>5</b>     |
| <b>Ekspiracijski<br/>rezervni volumen</b>    | 0,65<br>(0,2)                        | 0,59<br>(0,3)                        | 0,6<br>81 | 0,89<br>(0,4)                             | 1,07<br>(0,6)                             | 0,5<br>29        | 0,065                  |
| <b>Rezidualni volume</b>                     | 1<br>(0,003)                         | 1 (0)                                | 0,2<br>99 | 1<br>(0,003)                              | 1 (0)                                     | 0,2<br>99        | 0,52                   |
| <b>Inspiracijski<br/>kapacitet</b>           | 2,16<br>(0,4)                        | 2,2<br>(0,4)                         | 0,8<br>65 | 3,14<br>(0,5)                             | 2,76<br>(0,7)                             | 0,2<br>89        | 0,278                  |
| <b>Funkcionalni<br/>rezidualni kapacitet</b> | 1,65<br>(0,2)                        | 1,59<br>(0,3)                        | 0,6<br>76 | 1,89<br>(0,4)                             | 2,1<br>(0,6)                              | 0,5<br>31        | 0,065                  |
| <b>Vitalni kapacitet</b>                     | 3,20<br>(0,5)                        | 2,64<br>(0,6)                        | 0,1<br>13 | 4,45<br>(0,82)                            | 4,68<br>(0,7)                             | 0,6<br>31        | <b>&lt;0,00<br/>01</b> |
| <b>Ukupni plućni<br/>kapacitet</b>           | 3,8<br>(0,5)                         | 3,79<br>(0,6)                        | 0,9<br>57 | 5,03<br>(0,8)                             | 4,84<br>(0,8)                             | 0,6<br>77        | <b>&lt;0,00<br/>01</b> |

Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost i standardno raspršenje (SD)

\* t-test (unutar istog spola)

\*\* t-test (između spolova za ispitanike koji se rekreativno bave sportom)

## 6. RASPRAVA

Volumen pluća stalno raste od rođenja do odrasle dobi. Pluća sazrijevaju u dobi od 20-25 godina, no tijekom sljedećih 10 godina dolazi do minimalnih promjena u plućnim volumenima (21). Nakon 35 godina starenje je povezano s postupnim promjenama u plućnim volumenima i drugim plućnim funkcijama (22). Ove promjene uključuju povećanu statičku popustljivost pluća zbog smanjenog alveolarnog elastičnog trzaja i smanjenu popustljivosti stijenke prsnog koša koje su posljedica ukrućenja i povećanog trzanja torakalnog koša prema van. Kao rezultat ovih promjena u popustljivosti pluća i stijenke prsnog koša, povratni udar pluća prema unutra uravnotežuje trzaj prsnog koša prema van pri većem forsiranom respiracijskom kapacitetu kako starimo (23). Ove varijacije u popustljivosti stijenke pluća i prsnog koša djeluju sinergistički i uzrokuju rano zatvaranje malih dišnih putova nakon forsiranog izdisaja i stoga objašnjavaju povećani respiracijski volumen u starijih ljudi. Naši ispitanici su bili dobi od 20-24 godine, te spadaju prema navedenoj kategorizaciji u skupinu koja je trenutno u fazi sazrijevanja pluća, no rezultati su već pokazali konstantnost unutar skupine i malu raspršenost rezultata.

Standardne morfometrijske metode potvrdile su da muškarci imaju veća pluća, više respiratornih bronhiola i širi promjer dišnih putova u usporedbi sa ženskom populacijom iste dobi i stasa. Ove anatomske razlike u plućima između muškaraca i žena objašnjavaju spolne varijacije u volumenima i kapacitetima pluća. Muškarci obično imaju veće antropometrijske mjere i stoga je vjerojatnije da će imati povećani statički volumen i kapacitet pluća (6). Naveden činjenice smo potvrdili i našim istraživanjem, gdje su pokazana značajno više vrijednosti gotovo svim spirometrijom mjerenih parametara kod muške populacije u odnosu na žensku (24) (Tablice 6. i 7.).

Visok stas obično je povezan s većim statičkim volumenom i kapacitetom pluća. Povećana tjelesna težina povezana je s manjim plućnim volumenom u pretilih osoba (25). Centralna pretilost prvenstveno smanjuje popustljivost stijenke prsnog koša što dovodi do značajnog smanjenja forsiranog respiracijskog kapaciteta i rezervnog ekspiracijskog volumena. Omjer struka i bokova mogao bi biti bolji prediktor za distribuciju masti nego indeks tjelesne mase. Međutim, učinci pretilosti na najveći (ukupni plućni kapacitet) i najniži (respiracijski) volumen pluća su skromni

(26). Kod sportaša ponovljeno vježbanje mišića povećava mišićnu masu i posljedično tjelesnu težinu. U takvim uvjetima, očekuje se da će statički plućni volumeni i kapaciteti rasti s težinom (27). Stoga se povećani ukupni sadržaj tjelesne masti čini boljim pokazateljem pretilosti od visokog indeksa tjelesne mase kao pokazatelj pretilosti. Iako smo imali u muškoj populaciji nekoliko pretilih ispitanika, nismo uočili da je ona bila uzrok značajnoj promjeni plućnih parametara. Uzrok tome može biti metoda mjerenja indeksa tjelesne mase koja se nije pokazala kao najpouzdanija, ali su naši ispitanici i vrlo mladi pa je trenutno možda utjecaj pretilosti slabo uočljiv na mjerenim parametrima.

Prethodne studije pokazale su etničke razlike u plućnim volumenima/kapacitetima. Takve varijacije uvelike su pripisane antropometrijskim razlikama između različitih etničkih skupina. Na primjer, bijeli Amerikanci europskog podrijetla imaju veći omjer trup/noga, i posljedično veći volumen pluća, u usporedbi s crnim Amerikancima afričkog podrijetla. Druge studije nisu uspjele opravdati etničke razlike u plućnim volumenima varijacijama u konturama prsnog koša i sugeriraju razlike u snazi inspiratornih mišića i/ili popustljivosti pluća kao alternativno objašnjenje. S obzirom na te činjenice, Globalna inicijativa za pluća je ponudila spirometrijske jednadžbe predviđanja, koje također uzimaju u obzir etničke razlike, za korištenje u cijelom svijetu (28). Ispitanici koji su bili uključeni u našu studiju u većini su iz Istočne Hrvatske te malobrojno iz ostalih dijelova Republike Hrvatske. Vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta po regijama nisu se značajno razlikovale, ali za ovaj podatak nema relevantnih rezultata te bi se morao obraditi veći broj ispitanika iz cijele države.

Pandemija COVID-19, koja proizlazi iz novog koronavirusa, SARS-CoV-2, povezana je sa značajnim morbiditetom i mortalitetom i nastavlja postavljati izazove bez presedana pred globalne zdravstvene sustave. Sada je očito da, iako se čini da većina osoba s COVID-19 razvija blagu do umjerenu samoograničavajuću virusnu bolest, jedna od deset osoba razvija ozbiljne respiratorne manifestacije i najčešće virusni pneumonični proces, koji često dovodi do hipoksemičnog respiratornog zatajenja (29). Štoviše, pacijenti s COVID-19 pneumonitisom često pokazuju značajke vaskularne patologije na kompjutoriziranoj tomografiji i sada je prepoznata visoka prevalencija istovremene plućne venske tromboze (30). Kod ljudi koji se oporavljaju od COVID-19 postoji zabrinutost u vezi s potencijalnim dugoročnim plućnim posljedicama i povezanim

oštećenjem funkcionalnog kapaciteta. Također se sve više priznaje da između 30-60% pojedinaca prijavljuje dugotrajne simptome, kao što su umor i dispneja, nakon povlačenja njihove akutne bolesti (31, 32), nazvan 'dugi-COVID' ili post-COVID sindrom. Dispneja (33) pri naporu i nepodnošljivost tjelovježbe istaknute su kliničke značajke ovog sindroma i sve je veći interes za to kako najbolje objektivno karakterizirati i pratiti ovaj problem objektivnim testovima (34, 35). Slična zabrinutost bila je očita nakon prve pandemije SARS-a s infekcijom SARS-CoV-1 2003. godine. Ispitivanje plućne funkcije (PFT) kod pacijenata nakon SARS-CoV-1 pneumonitisa često je otkrilo oštećenje indeksa prijenosa plinova (36) i nepovezanost između ovog oštećenja i ograničenja tjelesne aktivnosti kod kardio-pulmonalnog testiranja tjelesnim opterećenjem (37). U našoj studiji pokazalo se da je više žena prebolilo COVID-19 u odnosu na muškarce, te da je utjecaj posljedica infekcije korona virusa značajnije izražen kod ženske populacije. S obzirom da u literaturi o ovim podacima postoje brojni oprečni rezultati, bilo bi potrebno povećati broj ispitanika kako bi se došlo do pouzdanih rezultata.

Iako su dob, spol, težina, visina i etnička pripadnost glavne fiziološke odrednice statičkih plućnih volumena/kapaciteta, treba uzeti u obzir i druge čimbenike pri tumačenju rezultata spirometrije (24). Volumeni pluća dobro koreliraju s razinom tjelesne aktivnosti, redovitom tjelovježbom, osobito plivanjem i treningom izdržljivosti. Alternativno, penjanje na veliku nadmorsku visinu može smanjiti volumen pluća vjerojatno zbog povećanog protoka krvi u plućima, plućnog edema ili preranog zatvaranja malih dišnih putova. Promjene u plućnim volumenima povezane s velikom nadmorskom visinom obično su privremene i nestaju nakon povratka na razinu mora. Prilikom mjerenja plućnih volumena i kapaciteta važan je položaj ispitanika. U usporedbi sa stojećim položajem, učinak gravitacije na trbušne organe manji je u sjedećem položaju, a najmanji ako ležite na leđima. Ležeći položaj stoga kompromitira pokrete dijafragme i trzanje stijenke prsnog koša tijekom disanja. Forsirani respiracijski kapacitet i ekspiracijski rezervni volumen viši su tijekom stajanja u usporedbi s sjedećim i ležećim položajima. Povećani intraabdominalni tlak tijekom trudnoće također uzrokuje smanjeni forsirani respiracijski kapacitet i ekspiracijski rezervni volumen (38). U našem istraživanju uočili smo razlike u vrijednostima plućnih volumena i kapaciteta između spolova, uvidjevši da muška populacija, bilo kojim oblikom tjelesne aktivnosti (aktivno ili rekreativno), ima više vrijednosti plućnih parametara od žena. Također, efekti

vježbanja su izraženiji kod muške populacije jer dovodi do značajnog povećanja respiratornog volumena u odnosu na muškarce koji se ne bave sportom.



## 7. ZAKLJUČAK

Glavni zaključci ove studije su:

- 1) Muška populacija ima značajno više vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta od žena
- 2) Ženske ispitanice koje su preboljele korona virus imaju značajnije nižu vrijednost inspiracijskog rezervnog volumena te kapaciteta u odnosu na muške ispitanike koji su također imali kontakt s virusom
- 3) Aktivno i rekreativno bavljenje sportom značajno utječe na vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta
- 4) Muškarci koji primjenjuju bilo koji oblik fizičke aktivnosti imaju značajno višu razinu plućnih volumena i kapaciteta od žena
- 5) Kod muške populacije, rekreativno bavljenje sportom značajno povećava respiracijski volumen u odnosu na osobe koje ne treniraju

## 8. SAŽETAK

**Cilj istraživanja:** Ispitati razlike u vrijednostima plućnih volumena i kapaciteta kod zdravih mladih ispitanika oba spola te utjecaj pojedinih parametara (plućne bolesti, sport) na promjenu plućnih parametara.

**Nacrt studije:** Presječno istraživanje

**Ispitanici i metode:** U istraživanju je sudjelovalo 33 zdrava mlada ispitanika oba spola (20 žena i 13 muškaraca), dobi 20-24 godine. Svi ispitanici su popunjavali anketu sa svojim osobnim podacima (dob, spol, tjelesna visina i težina te mjesto prebivališta) te pitanjima o njihovom zdravstvenom stanju (opstruktivne bolesti pluća, preboljeni bronhitis u djetinjstvu, preboljenje COVID-19, prisutnost visokog krvnog tlaka, kolesterola i razine glukoze u krvi) i životnim navikama (tjelesna aktivnost, dovoljno sna, uzimanje dodataka prehrani). Potom su pristupili mjerenjima vrijednosti plućnih volumena i kapaciteta metodom spirometrije pomoću uređaja BIOPAC MP36 (BIOPAC, USA), a rezultati su analizirani pomoću Biopac Student Lab 4.1 programa. Potom su uspoređeni rezultati ankete s dobivenim vrijednostima na spirometru za oba spola.

**Rezultati:** Muška populacija ima značano višu razinu inspiracijskog i ekspiracijskog rezervnog volumena, te statistički značajno višu razinu svih mjerenih plućnih kapaciteta od ženske populacije. Ženske ispitanice koje su preboljele COVID-19 imaju značajno nižu razinu inspiracijskog rezervnog volumena, inspiracijskog, vitalnog i ukupnog plućnog kapaciteta u odnosu na muške ispitanike koje su imale kontakt s korona virusom. Rekreativno i aktivno bavljenje sportom značajno utječe na razlike u volumenu plućnih mjerljivih parametara. Tjelesna aktivnost ima značajniji utjecaj na promjenu plućnih volumena i kapaciteta kod muškaraca.

**Zaključak:** Zdravi mladi muškarci imaju značajno više vrijednosti mjerljivih plućnih volumena i kapaciteta od žena te sportska aktivnost pridonosi dodatnom povećanju tih vrijednosti. Utjecaj COVID-19 infekcije značajnije utječe na plućne parametre u ženskoj populaciji.

**Ključne riječi:** COVID-19, plućni kapaciteti, plućni volumeni, spirometrija, tjelesna aktivnost

## 9. SUMMARY

### **Determination of pulmonary volumes and capacities with spirometry method in healthy young subjects**

**Objectives:** To examine the differences in the values of lung volumes and capacities in healthy young subjects of both sexes and the influence of certain parameters (lung diseases, sports) on changes in lung parameters.

**Study design:** A cross-sectional survey

**Material and Methods:** 33 healthy young subjects of both sexes (20 women and 13 men), aged 20-24, participated in the research. All respondents filled out a survey with their personal data (age, gender, body height and weight, and place of residence), questions about their health status (obstructive lung diseases, childhood bronchitis, COVID-19, presence of high blood pressure, cholesterol and blood glucose levels) and lifestyle habits (physical activity, enough sleep, taking nutritional supplements). Their lung volumes and capacities were then measured using the spirometry method using the BIOPAC MP36 device (BIOPAC, Goleta, CA, USA), and the results were analyzed using the Biopac Student Lab 4.1 program. The results of the survey were then compared with the values obtained on the spirometer for both sexes.

**Results:** The male population has a significantly higher level of inspiratory and expiratory reserve volume, and a statistically significantly higher level of all measured lung capacities than the female population. Female subjects who recovered from COVID-19 have a significantly lower level of inspiratory reserve volume, inspiratory, vital and total lung capacity compared to male subjects who had contact with the corona virus. Recreational and active sports significantly affect the differences in the volume of measurable lung parameters. Physical activity has a more significant impact on changes in lung volumes and capacities in men population.

**Conclusion:** Healthy young men have significantly higher values of measurable lung volumes and capacities than women, and sports activity contributes to an additional increase in these values. The impact of COVID-19 infection has a more significant effect on pulmonary parameters in the female population.

**Keywords:** COVID-19, lung capacities, lung volumes, physical activity, spirometry

**10. LITERATURA**

1. Guyton AC, Hall JE. Medicinska fiziologija. Zagreb: Medicinska naklada; 2006.
2. Jukić M, Gašparović V, Husedžinović I, Majerić Kogler V, Perić M i Žunić J. Intenzivna medicina. Zagreb: Medicinska naklada; 2008.
3. Cairo JM. Pilbeam's Mechanical Ventilation: Physiological and Clinical Applications. St. Louis, Missouri: Mosby; 2012.
4. Stoelting RK. Handbook of Pharmacology and Physiology in Anesthetic Practice. Philadelphia: Lippincott – Raven Publishers; 1995.
5. Respiratory System. Cleveland clinic. Dostupno na adresi: <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/21205-respiratory-system>. Datum pristupa: 29. 06. 2022.
6. Lutfi MF. The physiological basis and clinical significance of lung volume measurements. *Multidiscip Respir Med*. 2017;12:3.
7. Koutsokera A, Royer PJ, Antonietti JP, Fritz A, Benden C, Aubert JD i suradnici. Development of a Multivariate Prediction Model for Early-Onset Bronchiolitis Obliterans Syndrome and Restrictive Allograft Syndrome in Lung Transplantation. *Front Med (Lausanne)*. 2017;4:109. doi: 10.3389/fmed.2017.00109.
8. Thivel D, Tremblay A, Genin PM, Panahi S, Rivière D, Duclos M. Physical Activity, Inactivity, and Sedentary Behaviors: Definitions and Implications in Occupational Health. *Front Public Health*. 2018;6:288. doi: 10.3389/fpubh.2018.00288.
9. Berger KI, Adam O, Dal Negro RW, Kaminsky DA, Shiner RJ, Burgos F, de Jongh FHC, Cohen I, Fredberg JJ. Validation of a Novel Compact System for the Measurement of Lung Volumes. *Chest*. 2021 Jun;159(6):2356-2365. doi: 10.1016/j.chest.2021.01.052.
10. Kaminsky D. A. Office Spirometry 2020. Dostupno na adresi: <https://www.uptodate.com/contents/office-spirometry>. Datum pristupa: preuzeto 28. 06. 2022.
11. Rivero-Yeverino D. Espirometría: conceptos básicos [Spirometry: basic concepts]. *Rev Alerg Mex*. 2019 Jan-Mar;66(1):76-84. Spanish. doi: 10.29262/ram.v66i1.536.
12. Kociánová J. Spirometrie - základní vyšetření funkce plic [Spirometry - basic examination of the lung function]. *Vnitr Lek*. 2018 Winter;63(11):889-894. Czech.
13. Pierce R. Spirometry: an essential clinical measurement. *Aust Fam Physician*. 2005 Jul;34(7):535-9.

14. Padem N, Saltoun C. Classification of asthma. *Allergy Asthma Proc.* 2019 Nov 1;40(6):385-388. doi: 10.2500/aap.2019.40.4253. PMID: 31690376.
15. Vaz Fragoso CA, Cain HC, Casaburi R, Lee PJ, Iannone L, Leo-Summers LS, Van Ness PH. Spirometry, Static Lung Volumes, and Diffusing Capacity. *Respir Care.* 2017 Sep;62(9):1137-1147. doi: 10.4187/respcare.05515.
16. Miller CL, Hill DJ, Quester PG, Hiller JE. Impact on the Australian Quitline of new graphic cigarette pack warnings including the Quitline number. *Tob Control.* 2009 Jun;18(3):235-7. doi: 10.1136/tc.2008.028290.
17. Healthwise Staff. Forced Expiration Volume and Forced Vital Capacity. Dostupno na adresi: [https://myhealth.alberta.ca/Health/Pages/conditions.aspx?hwid=aa73564#:~:text=Forced%20expiratory%20volume%20\(FEV\)%20measures,exhaled%20during%20the%20FEV%20test](https://myhealth.alberta.ca/Health/Pages/conditions.aspx?hwid=aa73564#:~:text=Forced%20expiratory%20volume%20(FEV)%20measures,exhaled%20during%20the%20FEV%20test). Datum pristupa: 12. 07. 2022.
18. Pavlov N. Odnos otpora dišnih puteva i krivulje protok volumen u djece s astmom. Sveučilište u Zagrebu: Medicinski fakultet; 2003.
19. Langan RC, Goodbred AJ. Office Spirometry: Indications and Interpretation. *Am Fam Physician.* 2020 Mar 15;101(6):362-368.
20. Marušić M i sur. Uvod u znanstveni rad u medicini. 5. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2013.
21. Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clin Interv Aging.* 2006;1(3):253–60.
22. Zeleznik J. Normative aging of the respiratory system. *Clin Geriatr Med.* 2003;19(1):1–18.
23. Milic-Emili J, Torchio R, D'Angelo E. Closing volume: a reappraisal (1967–2007). *Eur J Appl Physiol.* 2007;99(6):567–83.
24. LoMauro A, Aliverti A. Sex differences in respiratory function. *Breathe (Sheff).* 2018 Jun;14(2):131-140. doi: 10.1183/20734735.000318.
25. Littleton SW. Impact of obesity on respiratory function. *Respirology.* 2012;17(1):43–9.
26. Mehari A, Afreen S, Ngwa J, Setse R, Thomas AN, Poddar V, et al. Obesity and Pulmonary Function in African Americans. *PLoS One.* 2015;10(10):e0140610.
27. Myriantsefs P, Grammatopoulou I, Katsoulas T, Baltopoulos G. Spirometry may underestimate airway obstruction in professional Greek athletes. *Clin Respir J.* 2014;8(2):240–7.

28. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH i suradnici. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J*. 2012;40(6):1324–43.
29. World Health Organisation . WHO; 2020. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pp. 1–9. Dostupno na adresi: <https://www.who.int/publications/m/item/who-convened-global-study-of-the-origins-of-sars-cov-2>. Datum pristupa: 07.07.2022
30. Provencher S, Potus F, Bonnet S. COVID-19 and the pulmonary vasculature. *Pulm Circ*. 2020;10. Dostupno na adresi: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2045894020933088>. Datum pristupa: 08.07.2022.
31. Sonnweber T, Sahanic S, Pizzini A, Luger A, Schwabl C, Sonnweber B i suradnici. Cardiopulmonary recovery after COVID-19: an observational prospective multicentre trial. *Eur Respir J*. 2021 Apr 29;57(4):2003481. doi: 10.1183/13993003.03481-2020.
32. Van den Borst B, Peters J, Brink M, Schoon Y, Bleeker-Rovers C, Schers H. Comprehensive health assessment three months after recovery from acute COVID-19. *Ann Med*. 2020;0:1–14. doi: 10.1080/07853890.2020.1840620.
33. Moore LE, Brotto AR, Phillips DB, Bhutani M, Stickland MK. Exertional dyspnea and operating lung volumes in asthma. *J Appl Physiol* (1985). 2018 Sep 1;125(3):870-877. doi: 10.1152/jappphysiol.00216.2018.
34. Clavario P, de Marzo V, Lotti R, Barbara C, Porcile A, Russo C. Assessment of functional capacity with cardiopulmonary exercise testing in non-severe COVID-19 patients at three months follow-up. *medRxiv*. 2020 doi: 10.1101/2020.11.15.20231985.
35. Raman B, Cassar MP, Tunnicliffe EM, Filippini N, Griffanti L, Alfaro-Almagro F. Medium-term effects of SARS-CoV-2 infection on multiple vital organs, exercise capacity, cognition, quality of life and mental health, post-hospital discharge. *EClinicalMedicine*. 2021;31
36. Ahmed H, Patel K, Greenwood DC, Halpin S, Lewthwaite P, Salawu A i suradnici. Long-term clinical outcomes in survivors of severe acute respiratory syndrome and Middle East respiratory syndrome coronavirus outbreaks after hospitalisation or ICU admission: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*. 2020 May 31;52(5):jrm00063. doi: 10.2340/16501977-2694.

37. Su M-C, Hsieh Y-T, Wang Y-H, Lin A-S, Chung Y-H, Lin M-C. Exercise capacity and pulmonary function in hospital workers recovered from severe acute respiratory syndrome. *Respiration*. 2007;74:511–516.

38. Jun HJ, Kim KJ, Nam KW, Kim CH. Effects of breathing exercises on lung capacity and muscle activities of elderly smokers. *J Phys Ther Sci*. 2016 Jun;28(6):1681-5. doi: 10.1589/jpts.28.1681.