

# Učinak nošenja zaštitnih maski na saturaciju hemoglobina kisikom

---

**Hren, Antonela**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:080264>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Antonela Hren

UČINAK NOŠENJA ZAŠTITNIH MASKI NA SATURACIJU HEMOGLOBINA  
KISIKOM

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Antonela Hren

UČINAK NOŠENJA ZAŠTITNIH MASKI NA SATURACIJU HEMOGLOBINA  
KISIKOM

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

Mentor rada: prof. dr. sc. Hrvoje Jakovac, dr. med.

Diplomski rad obranjen je dana 26. rujna 2022. u/na Sveučilištu u Rijeci, diplomskom sveučilišnom studiju sanitarnog inženjerstva, pred povjerenstvom u sastavu:

1. prof. dr. sc. Zlatko Trobonjača (predsjednik Povjerenstva)
2. izv. prof. dr. sc. Lara Batičić
3. prof. dr. sc. Hrvoje Jakovac

Rad sadrži 65 stranica, 18 slika, 16 tablica i 30 literaturnih navoda.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svojoj obitelji na nesebičnom razumijevanju i potpori tijekom ovih sveukupno pet godina mog studiranja te tijekom izrade ovog diplomskog rada. Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Hrvoju Jakovcu, dr. med. na brojnim stručnim savjetima, pomoći u realizaciji samog istraživanja, potpori i strpljenju tijekom izrade ovog rada. Hvala svim profesorima i suradnicima Sveučilišta u Rijeci na svom predanom znanju kroz dvije godine obrazovanja. Posebna zahvala ide mojim kolegama sa studija koji su redovito samnom pohađali nastavu te smo si međusobno bili pomoć i podrška.

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
1.1.	ANATOMIJA DIŠNOG SUSTAVA.....	4
1.1.1.	Nos (lat. <i>nasus</i> ) .....	4
1.1.2.	Paranasalni sinusi (lat. <i>sinus paranasales</i> ).....	5
1.1.3.	Ždrijelo (lat. <i>pharynx</i> ) .....	5
1.1.4.	Grkljan (lat. <i>larynx</i> ).....	6
1.1.5.	Dušnik (lat. <i>trachea</i> ).....	7
1.1.6.	Pluća (lat. <i>pulmones</i> ) .....	7
1.2.	FIZIOLOGIJA DISANJA .....	9
1.2.1.	Mehanika plućne ventilacije.....	9
1.2.2.	Tlakovi koji uzrokuju kretanje zraka u pluća i iz pluća.....	10
1.2.3.	Plućni volumeni .....	11
1.2.4.	Funkcija plućne ventilacije.....	12
1.3.	NEINVAZIVNO MJERENJE SpO <sup>2</sup> U TKIVU .....	16
1.4.	MASKE ZA LICE .....	18
1.4.1.	Filtarske polumaske s ventilom i bez ventila .....	19
1.4.2.	Medicinske (kirurške) maske .....	23
1.4.3.	Higijenske maske .....	25
2.	ISPITANICI I POSTUPCI .....	27
3.	REZULTATI .....	28
3.1.	Testiranje hipoteza.....	34
4.	RASPRAVA.....	46
5.	ZAKLJUČAK .....	52
6.	LITERATURA.....	53
7.	POPIS SKRAĆENICA I AKRONIMA.....	56
8.	ŽIVOTOPIS .....	58

## SAŽETAK

Tijekom trenutne pandemije COVID-19 i povećane razine onečišćenja zraka preporučuje se nošenje maske za lice. Cilj ovoga rada bio je ispitati utječe li nošenje zaštitnih maski na saturaciju hemoglobina kisikom, te postoje li razlike u učinku maski s obzirom na vrstu zaštitne maske, spol, naviku pušenja te tjelesnu aktivnost. Istraživanje je provedeno mjerenjem pulsne oksimetrije sudionicima u razdoblju od 15. siječnja do 30. ožujka 2022. Ukupno je sudjelovalo 150 ispitanika. U studiji su se dokazivale dvije unaprijed postavljene hipoteze, a to su da nošenje kirurške i FFP2 maske tijekom 15 i 60 minuta ne utječe na saturaciju hemoglobina kisikom te da utjecaj kirurške i FFP2 maske na saturaciju hemoglobina kisikom ne razlikuje se obzirom na spol, naviku pušenja te kratkotrajnu tjelesnu aktivnost. Za provođenje ovog istraživanja koristio se kao instrument istraživanja pulsni oksimetar, proizvođača ChoiceMMed. Koristile su se kirurške maske te FFP2 maske. Ovom studijom pokazano da kirurške i FFP2 maske ne utječu na saturaciju Hb kisikom izmjerenu pulsni oksimetrom u mladih zdravih ljudi tijekom mirovanja i blage fizičke aktivnosti, a razlike nisu zabilježene između muškog i ženskog spola te između pušača i nepušača. Ovo istraživanje prvi put provedeno na studentima tijekom nastave, koristeći dvije glavne vrste maski koje su se preporučivale tijekom pandemije. Stoga se može zaključiti da maske ne remete respiracijske procese u studenata tijekom praćenja nastave u obliku predavanja, seminara i vježbi.

**Ključne riječi:** maska, hemoglobin, saturacija, pulsna oksimetrija

## **SUMMARY**

During the current COVID-19 pandemic and increased levels of air pollution, wearing a face mask is recommended. The main goal of this work was to examine whether wearing protective masks affects the saturation of hemoglobin with oxygen, and whether there are differences in the effect of masks with regard to the type of protective mask, gender, smoking habit and physical activity. The research was conducted by measuring the participants' pulse oximetry in the period from January 15 to March 30, 2022. A total of 150 respondents participated. The study proved two pre-set hypotheses, namely that wearing a surgical and FFP2 mask for 15 and 60 minutes does not affect hemoglobin oxygen saturation, and that the effect of surgical and FFP2 masks on hemoglobin oxygen saturation does not differ with respect to gender, smoking habit and short-term physical activity. To conduct this research, a pulse oximeter, manufactured by ChoiceMMed, was used as a research instrument. Surgical masks and FFP2 masks were used. This study showed that surgical and FFP2 masks do not affect Hb oxygen saturation measured by pulse oximeter in young healthy people during rest and mild physical activity, and differences were not recorded between male and female gender and between smokers and non-smokers. This research was first conducted on students during classes, using the two main types of masks that were recommended during the pandemic. Therefore, it can be concluded that the masks do not disturb the respiratory processes in students during the monitoring of classes in the form of lectures, seminars and exercises.

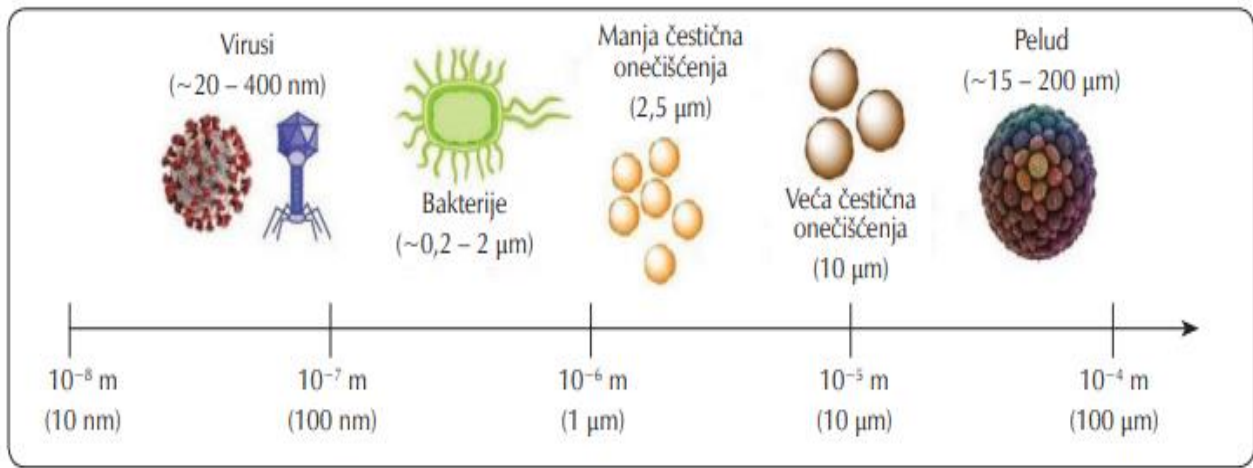
**Key words:** mask, hemoglobin, saturation, pulse oximetry



## 1. UVOD

Danas, s pojavom novog koronavirusa SARS-CoV-2 i bolesti koju on uzrokuje pod nazivom COVID-19, suočavamo se s pandemijom u Europi i globalno. U novim normalnim životnim uvjetima nošenje maske postalo je svakodnevna potreba i obveza. Kako se respiratorni patogeni prenose izravnim kontaktom, odnosno uloga maski u smanjenju prijenosa virusa kontaktom i respiratornim kapljicama koje sadrže virus ili raspršenim aerosolima postala je žarište istraživanja. Povijesno gledano, iako je nošenje plinskih maski na javnim mjestima u nekim azijskim zemljama bilo uobičajeno među općom populacijom tijekom proteklog desetljeća, njihova upotreba poznata je od davnina – zaštita dišnog sustava korisnika od pijeska, insekata i štetnih plinova ili spriječiti nepoželjne poglede, pri čemu su se uglavnom upotrebljavali tkani tekstilni materijali izrađeni iz prirodnih vlakana u obliku rupca, marame ili šala. Prvi podaci o pokrivanju nosa i usta kljunastim maskama u borbi protiv zaraznih bolesti sežu u srednji vijek, vrijeme epidemije kuge, no korištenje maski češće je kod strane medicinskog osoblja tijekom operacija i zaštita zdravlja od zaraznih bolesti, o čemu svjedoče mnogi fizički dokazi. Najčešće su višeslojne maske od pamučne pređe, koje se mogu prati i dezinficirati na visokim temperaturama. Od 1960-ih, razvojem proizvodnje sintetičkih vlakana, pojavile su se jednokratne medicinske (ili kirurške) maske od netkanog materijala koje su u uporabi i danas. Osim uloge maski u zdravstvenom sustavu, proučava se i njihova uloga u svakodnevnoj uporabi građana i stanovništva. Obično se maske za lice koriste za pružanje fizičke barijere protiv raznih zagađivača prisutnih u zraku, počevši od čestica peluda, prašine, ispušnih plinova do patogena (bakterija i virusa). Sposobnost filtriranja, stoga i mogućnost zaštite od čestičnih onečišćenja i patogena, ovisi o vrsti maske, primijenjenim materijalima za njezinu izradu i prijanjanju maske uz kožu lica. Veličine čestičnih onečišćenja prisutnih u zraku znatno se razlikuju i iznose primjerice za pelud od ~15 µm do 200 µm, za čestice prašine od ~1 µm do 100 µm, dok su bakterije okvirne veličine od ~0,2 µm do 2 µm, a virusi od ~20 nm do 400 nm (*Slika 1.*). Budući da je virus SARS-CoV-2 sferične do blago pleomorfne veličine, u rasponu od 60 nm do 140 nm (0,06 µm - 0,14 µm), treba uzeti u obzir poroznost od 8,9 pri odabiru materijala za masku i filter virusa i sadržavati respiratorne kapljice kapaciteta virusa. Respiratorne kapljice mogu varirati u veličini, ali prema dosadašnjim saznanjima, aerosoli koji

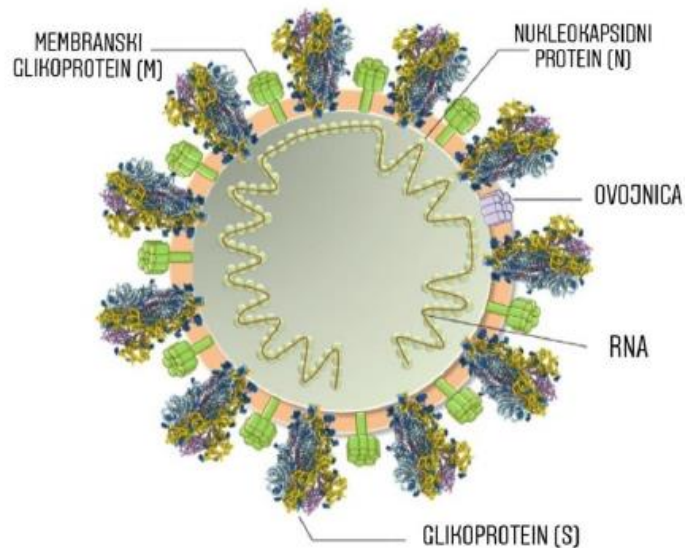
sadrže kapljice manje od 5 mikrona glavni su izvor prijenosa respiratornih infekcija i ostaju u zraku oko 3 sata (1,2).



Slika 1. Okvirna veličina čestičnih onečišćenja i patogena u zraku

(Izvor: <https://doi.org/10.15255/KUI.2021.021>)

Godine 2019., krajem mjeseca prosinca u gradu Wuhan, Kina, pojavila se visoko zarazna pneumonija nepoznate etiologije do tada. Bolest se širila vrlo brzo i ubrzo se ustanovilo kako je uzročnik novi koronavirus (Slika 2.), SARS-CoV-2 (teški akutni respiratorni sindrom koronavirusa 2), a bolest koju uzrokuje nazvana je koronavirusna bolest 2019, skraćeno COVID-19 (3,4).



*Slika 2. Ilustracija građe SARS-CoV-2 virusa  
(Izvor: (4))*

Virus ostaje u dišnom sustavu od 2 do 3 tjedna. U većini oboljelih u prvom tjednu bolesti se stanje poboljšava, dok se u drugom nenadano pogoršava. Kod oboljelih osoba koje spadaju u rizičnu skupinu (osobe starije životne dobi, s kroničnim oboljenjima srca, krvnih žila, pluća, dijabetičari itd.) češće će se javiti komplikacije bolesti pa čak i smrtni ishod (5). Nakon proglašenja epidemije uvedene su promjene kod liječenja i prevencije koronavirusnih oboljenja. Uvode se karantenske mjere, pokreće se mobilizacija zdravstvenih djelatnika, revidiraju se dodatne preporuke vezane uz osobnu zaštitu pučanstva što nam uključuje pojačanu higijenu i dezinfekciju ruku, održavanje socijalne distance, nošenje zaštitne maske te izbjegavanje kontakta, tj. izolacija inficiranih osoba (6,7). Koronavirusna bolest 2019 (COVID-19) emergentna je zarazna bolest uzrokovana SARS-CoV-2 virusom modernog doba koja je prouzrokovala pandemiju na globalnoj razini. Ona se može okarakterizirati kao visoko kontagiozna bolest koja se prenosi kontaktno od čovjeka do čovjeka kapljičnim putem.

Cilj istraživanja ovoga rada bio je ispitati utječe li nošenje zaštitnih maski na saturaciju hemoglobina kisikom, te postoje li razlike u učinku maski s obzirom na vrstu zaštitne maske, spol, naviku pušenja te tjelesnu aktivnost.

## 1.1. ANATOMIJA DIŠNOG SUSTAVA

Dišni sustav počinje s vanjske strane nosa i nosnica, a djeluje tako što usmjerava protok udahnutog zraka u nosnu šupljinu koja je povezana s paranazalnom šupljinom. Zrak ulazi u ždrijelo iz nosne šupljine. Unutar ždrijela, gdje se dišni sustav siječe s probavnim sustavom čovjeka, udahnuti zrak ulazi u grkljan, dušnik i dušnice koje se granaju dalje u pluća (8).

Dišnom sustavu pripadaju:

- Vanjski dio nosa (lat. *nasus externus*)
- Nosna šupljina (lat. *cavitas nasi*)
- Paranazalni sinus (lat. *sinus paranasales*)
- Ždrijelo (lat. *pharynx*)
- Grkljan (lat. *larynx*)
- Dušnik (lat. *trachea*)
- Pluća (lat. *pulmones*) (8)

### 1.1.1. Nos (lat. *nasus*)

Ulaz u dišni sustav čine vanjski dio nosa i nosna šupljina. Zahvaljujući svojoj posebnoj strukturi, nos zagrijava, čisti i vlaži udahnuti zrak, koji zatim dalje putuje u donji dio dišnog sustava. Osjetilo mirisa nalazi se u nosnoj šupljini. Čvrsta, dijelom hrskavična, dijelom koštana baza određuje oblik vanjske strane nosa i stijenki nosne šupljine. Vanjski dio nosa podsjeća na trokutastu piramidu čija je baza pričvršćena na lice osobe. Najveći je slobodni bok gdje se spajaju rubovi, također poznat kao nosni greben. Most nosa prelazi preko čela iznad korijena nosa, a vrh nosa je ispod njega, slično vrhu piramide. Na donjoj, najmanjoj površini vanjskog nosa nalaze se otvori koji se nazivaju nosnice. Osnovu vanjskog nosa čine kosti lica, a konačni izgled vanjskog nosa određuje hrskavica. Koštanu bazu čine nosnice kosti i izbočina maksile. Nosna šupljina je parna šupljina, a proteže se od nosnica sve do stražnjeg otvora te predstavlja komunikaciju sa ždrijelom. Prednji dio nosne šupljine nalazi se u vanjskom nosu, dok je stražnji dio omeđen visceralnom kosti koja predstavlja gornju polovicu izrazito visokog i uskog prostora unutar orbite i donju polovicu koja je medijalna od visceralne kosti maksilarnog sinusa. Srednji sagitalni

osteohrskavični septum odvaja desnu i lijevu šupljinu, a na bočnu stijenku nosne šupljine strše tri zakrivljene nosne školjke (lat. *conchae*), koje omeđuju gornji, srednji i donji nosni prolaz. Ove stijenke nosne šupljine obložene su sluzi koja ima trepetljikasti epitel i ispod koje su gusti spletovi krvnih žila (8, 9).

### 1.1.2. Paranasalni sinusi (lat. *sinus paranasales*)

Parne šupljine ispunjene zrakom u kostima glave predstavljaju sinuse. Njihove stijenke su prekrivene sluznicom, a nalaze se u blizini nosne šupljine za koju su pričvršćene. Paranasalni sinusi su:

- *Sinus maxillaris* u gornjoj čeljusti
- *Sinus frontales* u čeonj kosti
- *Sinus sphenoidales* u klinastoj kosti
- *Cellulae ethmoidales* u rešetnici (8).

### 1.1.3. Ždrijelo (lat. *pharynx*)

Ždrijelo je zajednički organ probavnog i dišnog sustava, proteže se od baze lubanje do šestog vratnog kralješka. Ždrijelo služi prolazu zraka i hrane te je kao šuplji organ postavljen okomito iza nosne šupljine, usne šupljine i grkljana, a ispred kralježnice (8).

Sastoji se od:

- nosnog dijela ždrijela (lat. *nasopharynx*)
- usnog dijela ždrijela (lat. *oropharynx*)
- donjeg dijela koji se nastavlja u jednjak (lat. *laryngopharynx*) (8).

Stjenka ždrijela sastoji se od:

- Sluznice
- Mišićnice
- Vezivnog tkiva (8).

#### **1.1.4. Grkljan (lat. *larynx*)**

Šuplji organ koji se nalazi između ždrijela i dušnika naziva se larinks tj. grkljan. Njegova je unutarnja strana obložena sluzi i pokretni je organ koji mijenja položaj kako se pomiče jezična kost. Njegova je funkcija dvostruka, tj. provodi zrak i daje glas ljudima (8, 9).

Oblikuju ga četiri hrskavice:

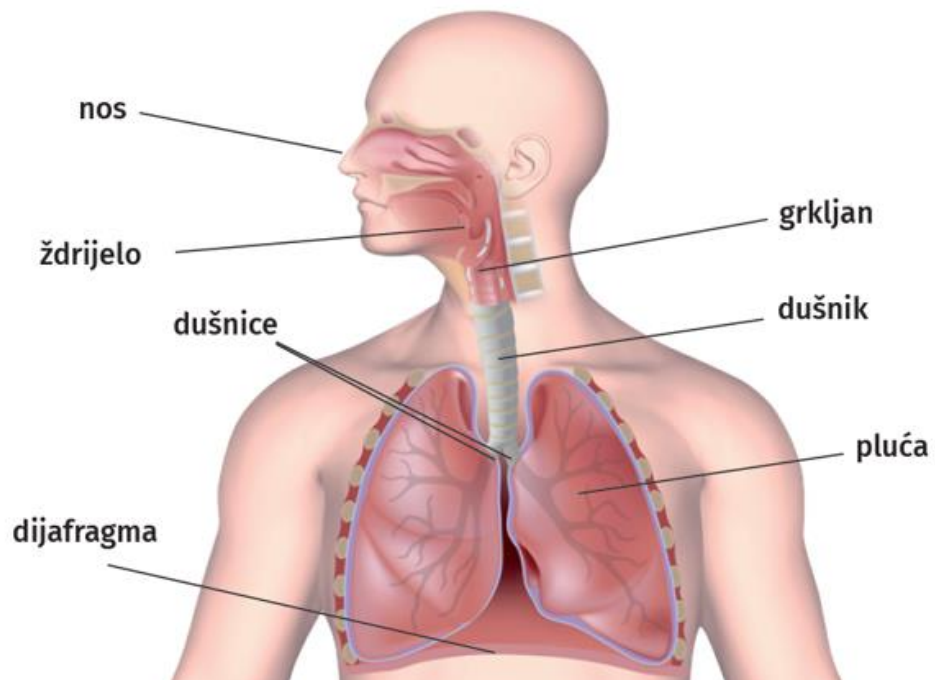
- Vokalna hrskavica
- Štitna hrskavica
- Epiglотиčna hrskavica
- Prstenasta hrskavica (8).

### **1.1.5. Dušnik (lat. *trachea*)**

Dušnik je cjevasti perihondrijski organ koji se nastavlja u sam grkljan. Sastoji se od 16 do 20 komada hrskavica u obliku potkovice povezanih elastičnim ljepilom, a njihova je zadaća držati dušnik otvorenim za zrak. Dušnik se dijeli na dva glavna bronha. Desni bronh je nešto širi i kraći od lijevog bronha i ide okomito prema dolje, prateći smjer dušnika. Lijevi bronh je uži, duži i horizontalniji. Lijeva se dušnica dijeli na dvije režanjske grane, a desna na tri za svaki plućni režanj. Navedene režanjske grane se dalje dijele na sve manje ogranke koje tako čine bronhalno stablo (8, 9).

### **1.1.6. Pluća (lat. *pulmones*)**

Pluća se sastoje od desnog i lijevog pluća koja ispunjavaju veći dio. Područje između pluća naziva se medijastinum. Svako plućno krilo okruženo je seroznom ovojnicom koja se naziva pleura. Površina pluća je glatka, vlažna i sjajna. Na plućima se razlikuje konkavna strana pri dnu (lat. *basis pulmonis*) i gornja (lat. *apex pulmonis*). Hilum se nalazi na unutarnjoj strani pluća i na njemu ulaze i izlaze glavni bronhi, plućne arterije, bronhijalne grane koje kruže hranom do pluća, plućne vene, živci i limfne žile. Na površini pluća se nalazi duboki rez koji se proteže od površine organa do hiluma, dijeleći svako krilo na reznjeve (lat. *lobus*). Desno plućno krilo ima tri reznja, a lijevo dva. Plućni parenhim tvori alveole. Plućni reznjevi se dijele na segmente (lat. *lobuluse*), a plućni segmenti na reznjiće. Plućni reznjići su izgrađeni od najmanje građevne jedinice poznate pod nazivom *acinus*. Prilikom procesa disanja u plućima dolazi do izmjene tzv. plinova, što znači da se iz udahnutog zraka u krv šalje kisik, a prilikom izdaha iz nje izlazi ugljični dioksid (8, 9). Svi dijelovi dišnog sustava prikazani su na slici 3.



*Slika 3. Dijelovi dišnog sustava*

*(Izvor: <https://www.mindomo.com/doc.htm?d=f3c90e4bf8684cce870348bb142502bc&m=e100f5c52f0149b9978687d8668d15cc>)*



## 1.2. FIZIOLOGIJA DISANJA

Zadaća disanja je osigurati isporuku kisika u tkiva i uklanjanje ugljičnog dioksida iz tkiva.

Proces disanja može se podijeliti u četiri glavna funkcionalna dijela:

- 1) Ventilacija pluća, koja se zapravo odnosi na dvosmjerni protok zraka između atmosfere i alveola
- 2) Difuzija kisika i ugljičnog dioksida između alveola i krvi
- 3) Prijenos kisika i ugljičnog dioksida u i iz stanica tjelesnog tkiva kroz krv i tjelesne tekućine
- 4) Regulacija ventilacije i disanja (10)

### 1.2.1. Mehanika plućne ventilacije

Pluća se mogu širiti i skupljati na dva načina:

- 1) produljenje i skraćivanje prsne šupljine zbog spuštanja i podizanja dijafragme
- 2) anteroposteriorni promjer torakalne šupljine povećava se ili smanjuje zbog spuštanja i podizanja rebara

Normalno mirno disanje događa se gotovo u potpunosti na prvi način, uz pomicanje ošita. Kada udišete, skupljanje ošita povlači donju površinu pluća prema dolje. Nakon toga, pri izdisaju, jednjak se jednostavno opusti, pa elastična kontrakcija plućnih, torakalnih i trbušnih struktura stisne pluća i izbacuje zrak. Međutim, u procesu pojačanog disanja, elastična sila nije dovoljna da proizvede željenu brzinu izdisaja, pa se povećana sila uglavnom postiže kontrakcijom trbušnih mišića koji potiskuju trbušni sadržaj gore-dolje kroz jednjak, čime se komprimira pluća. Drugi način proširenja pluća je podizanje prsne šupljine. Time se šire pluća jer su u mirovanju rebra nagnuta prema dolje, zbog čega je prsna kost (lat. *sternum*) usmjerena natrag prema kralježnici. Međutim, kada je grudni koš podignut, rebra su gotovo ravno naprijed, pa se prsna kost pomiče naprijed i udaljava od kralježnice. Zbog toga je anteroposteriorni promjer prsnoga koša pri maksimalnom udisanju približno 20% veći nego pri izdisanju. Stoga se mišići koji podižu prsni koš mogu svrstati u inspiracijske mišiće, a oni koji spuštaju prsni koš u ekspiracijske mišiće (9-11).

Najvažniji su mišići koji podižu prsni koš vanjski međurebrani mišići, a pritom pomažu i

- 1) sternokleidomastoidni mišići, koji podižu prsnu kost
- 2) prednji *mm. serrati*, što podižu većinu rebara
- 3) *mm. scaleni*, koji podižu prva dva rebra.

Mišići koji pri izdisaju vuku prsni koš nadolje uglavnom su:

- 1) *mm. recti abdominis*, koji snažno djeluju povlačeći donja rebra naniže, a istodobno s drugim abdominalnim mišićima potiskuju trbušni sadržaj i najviše prema ošitu
- 2) unutarnji međurebrani mišići.

### **1.2.2. Tlakovi koji uzrokuju kretanje zraka u pluća i iz pluća**

Pluća su elastične strukture koje, ako nema sile koja ih drži rastegnutima, kolabiraju poput balona i izbacuju sav zrak kroz dušnik. Također, pluća i stijenka prsnog koša nisu povezani osim u hilarnom dijelu medijastinuma, pa pluća plutaju unutar prsne šupljine, okružena tankim slojem pleuralne tekućine koja podmazuje kretanje pluća. Osim toga, limfne žile neprestano apsorbiraju višak tekućine, održavajući blagi vakuum između visceralne površine plućne pleure i površine pleuralne stijenke koja oblaže prsnu šupljinu. Stoga su pluća u bliskom kontaktu sa stijenkom prsnog koša, kao da su zalijepljena za zid prsnog koša. Dobro su podmazane pa slobodno klize dok se prsa šire i skupljaju. Pleuralni tlak je pritisak tekućine u uskom prostoru između plućne pleure i pleure. Kao što je spomenuto, ovaj prostor obično ima blagi usis, što znači da postoji i blagi negativni tlak. Normalan pleuralni tlak iznosi na početku udisaja oko -0,5 kPa, što je veličina podtlaka nužna za održavanje pluća rastegnutima na razini mirovanja. Tijekom normalnog udisaja širenje prsnoga koša povlači površinu pluća prema van većom silom i stvara još negativniji tlak, sve do prosječne vrijednosti od oko -0,75 kPa (10).

Alveolarni tlak jest tlak zraka u plućnim alveolama. Kada je glotis otvoren i kada nema protoka zraka u pluća i iz pluća, tlakovi su u svim dijelovima respiracijskog stabla, sve do alveola, jednaki atmosferskom tlaku i iznose 0 kPa. Da bi zrak pri udisaju strujao u alveole, alveolarni se tlak mora sniziti malo ispod atmosferskog tlaka (ispod 0 kPa) (10).

Razliku između alveolarnog i pleuralnog tlaka nazivamo transpulmonalni tlak. To je razlika između tlaka u alveolama i tlaka na vanjskoj površini pluća. Naziva se tlak povratnog stezanja, a mjerilo je elastičnih sila u plućima koje nastoje kolabirati pluća u bilo kojem trenutku disanja.

Plućna popustljivost se izražava kao prirast plućnog volumena po jedinici prirasta transpulmonalnog tlaka (ako je vrijeme dostatno da se uspostavi ravnoteža). U zdrave odrasle osobe ukupna popustljivost pluća iznosi oko 200 mL zraka po 0,1 kPa. Dakle, kad god se transpulmonalni tlak povisi za 0,1 kPa, plućni volumen će se nakon 10 do 20 sekunda povećati za 200 mL (10).

Jednostavan je način proučavanja plućne ventilacije bilježenje volumena zraka koji ulazi u pluća ili iz njih izlazi, što se zove spirometrija. Spirometar se sastoji od bubnja, koji je uronjen u posudu s vodom i uravnotežen utegom. U bubnju se nalazi smjesa plinova za udisanje, obično zrak ili kisik, a jedna cijev tu komoru povezuje s ustima. Prilikom udisanja i izdisanja bubanj se podiže i spušta, a na kimografu se bilježi krivulja tih pokreta. (10, 11).

### 1.2.3. Plućni volumeni

Postoje četiri plućna volumena. Kada ih zbrojimo, dobijemo maksimalni volumen do kojega se pluća mogu rastegnuti. Značenje pojedinih volumena možemo definirati ovako:

1. Respiracijski volumen je volumen zraka koji se udahne i izdahne pri svakoj normalnoj respiraciji, a u odrasla muškarca iznosi oko 500 mL.
2. Inspiracijski rezervni volumen je maksimalni dodatni volumen zraka koji se može udahnuti nakon normalnoga respiracijskog volumena kada ispitanik najsnažnije udahne, a obično iznosi oko 3 000 mL.
3. Ekspiracijski rezervni volumen je maksimalna dodatna količina zraka koja se nakon normalnog izdisaja može izdahnuti forsiranim izdisajem, a normalno iznosi oko 1 100 mL.
4. Rezidualni volumen količina je zraka koja ostaje u plućima čak i poslije najjačeg izdisaja. Taj volumen prosječno iznosi oko 1 200 mL (9).

Minutni volumen disanja jednak je umnošku frekvencije disanja i respiracijskoga volumena. Minutni volumen disanja ukupna je količina novog zraka koji svake minute dospije u dišne putove, a jednak je umnošku respiracijskog volumena i frekvencije disanja (u minuti). Normalni respiracijski volumen iznosi oko 500 mL, a normalna frekvencija disanja oko 12 udisaja u minuti. Prema tome, minutni volumen disanja prosječno je oko 6 L u minuti. Čovjek može kraće vrijeme živjeti s minutnim volumenom disanja od samo 1,5 L u minuti i s frekvencijom od samo dva do

četiri udisaja u minuti. Frekvencija disanja kadšto se može povećati na 40 do 50 udisaja u minuti, a respiracijski volumen može doseći vrijednost vitalnoga kapaciteta, što znači oko 4 600 mL u mlada, odrasla muškarca. To znači da je minutni volumen disanja tada veći od 200 L u minuti, ili više od 30 puta veći od normalne vrijednosti. Većina ljudi ne može održati više od polovice do dvije trećine takva minutnog volumena disanja dulje od jedne minute (9, 12).

#### **1.2.4. Funkcija plućne ventilacije**

Najvažnija je funkcija plućne ventilacije neprestano obnavljanje zraka u plućnim područjima u kojima se obavlja izmjena plinova i u kojima je zrak u uskom dodiru s krvi u plućima. Ta područja uključuju alveole, alveolarne sakule, alveolarne duktuse i respiracijske bronhiole. Količina novog zraka koja u jedinici vremena dopijeva u ta područja zove se alveolarna ventilacija. Dio udahnutog zraka nikad ne dopijeva do područja za izmjenu plinova, već ispuni dišne putove, kao što su nos, ždrijelo i dušnik, u kojima nema izmjene plinova. Budući da je s obzirom na izmjenu plinova taj zrak beskoristan, naziva se zrakom u mrtvom prostoru. Pri izdisanju se najprije izdahne zrak iz mrtvog prostora, a tek zatim zrak iz alveola počne izlaziti u atmosferu. Prema tome, mrtvi prostor zapravo ometa izdavanje ekspiracijskih plinova iz pluća. Minutna alveolarna ventilacija ukupni je volumen svježega zraka koji svake minute ulazi u alveole i u susjedna područja u kojima se obavlja izmjena plinova. Ona je jednaka umnošku frekvencije disanja i količine svježega zraka koji ulazi u ta područja pri svakom udisaju (9).

Zrak dopijeva u pluća preko dušnika, bronha i bronhiola. Jedan je od najvažnijih problema dišnih putova njihovo održavanje otvorenima za nesmetano prolaženje zraka u alveole i iz njih. Kolaps dušnika sprječavaju brojni hrskavični prstenovi koji obuhvaćaju oko pet šestina njegova opsega. U stijenkama bronha nalaze se zakrivljene hrskavične ploče. Iako ih nema mnogo, one stvaraju stanovitu čvrstoću, no istodobno omogućuju dovoljnu pokretljivost pri rastezanju i stezanju pluća. Približavanjem kasnijim generacijama bronha tih je ploča sve manje, a u bronhiolima, koji su obično promjera manjega od 1,5 mm, posve nestaju. Kolabiranje bronhiola nije spriječeno rigidnošću njihove stijenke, nego uglavnom transpulmonalnim tlakom, tj. tlakom koji širi alveole i istodobno održava proširenima bronhiole. Dakle, kako se šire alveole, tako se šire i bronhioli, ali ne u jednakoj mjeri (9, 12).

Dok zrak prolazi kroz nos, u nosnim se šupljinama normalno obavljaju tri različite respiracijske funkcije:

- 1) prostrane površine nosnih školjki i septum koje ukupno iznose oko 160 cm<sup>2</sup>, zagrijavaju zrak
- 2) zrak se gotovo potpuno ovlaži i prije nego što prođe kroz nos
- 3) zrak se djelomično filtrira.

Sve te funkcije zajedno nazivaju se funkcijom gornjih dišnih putova u pripremi zraka.

Obično se zrak prije nego što dospije u dušnik zagrije do temperature koja je samo 0,5 °C niža od tjelesne, te se gotovo potpuno zasiti vodenom parom (2-3% manje od potpune zasićenosti). Kada čovjek udiše zrak kroz cijev izravno u dušnik (npr. kroz traheostomu), učinak hlađenja, a još više sušenja donjih dijelova pluća, može uzrokovati ozbiljne plućne infekcije.

Mehanizam taloženja zbog turbulencije tako učinkovito uklanja čestice iz zraka da kroz nos u pluća gotovo uopće ne ulaze čestice promjera većega od 6 μm, što je promjer manji od promjera eritrocita. Od preostalih čestica mnoge se čestice veličine između 1 i 5 μm zaustave u manjim bronhiolima jer se talože zbog gravitacije. Zato su, primjerice, bolesti završnih bronhiola veoma česte u rudara zbog odlaganja ugljene prašine. Neke još sitnije čestice (promjera manjega od 1 μm) difundiraju do alveolarne stijenke i adheriraju na alveolarnu tekućinu. Međutim, mnoge čestice promjera manjega od 0,5 μm ostaju suspendirane u alveolarnom zraku, pa se pri izdisanju odstranjuju iz pluća. Čestice iz cigaretnoga dima, čija je veličina približno 0,3 μm, gotovo se uopće ne talože u dišnim putovima prije nego što stignu u alveole. Nažalost, približno trećina tih čestica taloži se u alveolama difuzijom, a ostale ostaju suspendirane i odstranjuju se u izdahnutom zraku. Mnoge čestice koje se zadrže u alveolama uklanjaju alveolarni makrofagi, a ostale odnosi plućni limfni sustav. Suvišak čestica može izazvati bujanje fibroznog tkiva u alveolarnim septumima, što uzrokuje trajno oštećenje (9).

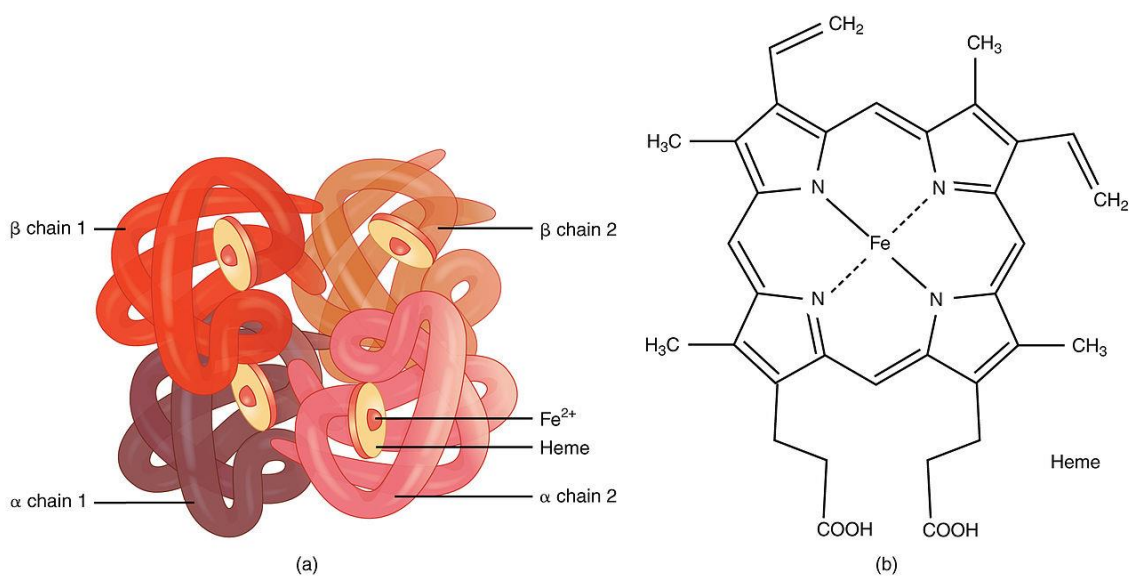
Pošto difundira iz alveola u krv plućnih kapilara, kisik se, gotovo u potpunosti vezan za hemoglobin, prenosi do perifernih tkivnih kapilara. Prisutnost hemoglobina u eritrocitima omogućuje krvi da prenese 30 do 100 puta više kisika nego što bi ga mogla prenijeti da je kisik u krvi otopljen u vodi. U tkivnim stanicama organizma kisik reagira s različitim hranjivim tvarima, stvarajući velike količine ugljikova dioksida, koji ulazi u tkivne kapilare i krvlju se prenosi natrag u pluća. Ugljikov se dioksid, kao i kisik, veže za kemijske tvari u krvi što 15 do 20 puta povećava njegov prijenos. Plinovi kreću s jednog mjesta na drugo mjesto difuzijom pa je uzrok toga gibanja

uvijek razlika parcijalnih tlakova između tih mjesta. Dakle, kisik difundira iz alveola u krv plućnih kapilara zato što je parcijalni tlak kisika ( $pO^2$ ) u alveolama viši od  $pO^2$  u krvi plućnih kapilara. U drugim je tkivima u tijelu  $pO^2$  u kapilarnoj krvi viši nego u tkivima, pa uzrokuje difuziju kisika u stanice. Obrnuto, kad se u stanicama kisik metabolizira stvarajući ugljikov dioksid, unutar stanični tlak ugljikova dioksida ( $pCO^2$ ) poprima visoku vrijednost, pa ugljikov dioksid difundira u tkivne kapilare. Nakon što krvlju dospije u pluća, ugljikov dioksid difundira iz krvi u alveole zato što je  $pCO^2$  u krvi plućnih kapilara viši nego u alveolama. Dakle, prijenos kisika i ugljikova dioksida krvlju ovisi o difuziji i o protoku krvi.  $pO^2$  plinovitoga kisika u alveoli prosječno iznosi 13,9 kPa, a  $pO^2$  u venskoj krvi koja ulazi u plućnu kapilaru samo 5,3 kPa, zato što je velika količina kisika izišla iz krvi dok je ona prolazila kroz periferna tkiva. Dakle, početna razlika tlaka zbog koje kisik difundira u plućnu kapilaru iznosi 13,9-5,3 odnosno 8,6 kPa (9).

Otpriblike 98% krvi koja iz pluća ulazi u lijevu pretklijetku prođe kroz alveolarne kapilare i oksigenira se do  $pO^2$  od oko 13,9 kPa. Preostala 2% krvi nisu izložena alveolarnom zraku jer dolaze izravno iz aorte kroz bronhalnu cirkulaciju, koja uglavnom opskrbljuje duboka plućna tkiva. Taj se protok krvi naziva "protokom kroz šant", što znači da je to krv koja je zaobišla područja za izmjenu plinova. Poslije izlaska iz pluća  $pO^2$  u toj krvi približno je jednak onome u normalnoj sistemske venske krvi i iznosi oko 5,3 kPa. Ta se krv u plućnim venama miješa s oksigeniranom krvi iz alveolarnih kapilara, a to miješanje krvi zove se venska primjesa krvi. Ona je uzrok da se  $pO^2$  krvi koju lijevi dio srca izbacuje u aortu smanji na 12,7 kPa (9).

Normalno se oko 97% kisika iz pluća prenosi u tkiva kemijski vezano s hemoglobinom u eritrocitima. Ostalih se 3% kisika prenosi otopljeno u vodi plazme i krvnim stanicama. Prema tome, u normalnim uvjetima gotovo se sav kisik prenosi do tkiva vezan s hemoglobinom. Molekula kisika se labilno i reverzibilno veže s hemom u molekuli hemoglobina. Kad je  $pO^2$  visok, kao u plućnim kapilarama, kisik se veže s hemoglobinom, a kad je  $pO^2$  nizak, kao u tkivnim kapilarama, kisik se oslobađa iz hemoglobina. Na tome se osniva prijenos gotovo čitavog kisika iz pluća u tkiva. Postotak hemoglobina koji je vezao kisik se sve više povećava kad se povisuje  $pO^2$  krvi. To se naziva postotkom zasićenja hemoglobin  $pO^2$  u krvi koja odlazi iz pluća i ulazi u sistemske arterije. Obično iznosi oko 12,7 kPa te zasićenje sistemske arterijske krvi kisikom prosječno iznosi oko 97%. S druge strane, u normalnoj venskoj krvi koja se vraća iz perifernih tkiva  $pO^2$  iznosi oko 5,3 kPa, a zasićenje hemoglobina prosječno je 75% (9).

Hemoglobin, (lat. *haemoglobin* ili skraćeno Hb) je krvni pigment, metaloprotein koji u strukturi sadrži željezo te služi za prijenos kisika (Slika 4.). Nalazi se u crvenim krvnim stanicama krvi svih kralježnjaka i ostalih sisavaca. Kod sisavaca hemoglobin čini oko 97% suhog dijela crvene krvne stanice, i oko 35% ukupnog sadržaja (uključujući vodu). Hemoglobin prenosi kisik iz pluća ili škrge prema ostatku tijela, kao npr. mišićima, gdje otpušta kisik. Hemoglobin također ima razne druge zadatke prijenosa plinova i prilagodbe učinka, koji variraju od vrste do vrste, a mogu biti prilično raznoliki kod nekralježnjaka. Hemoglobin koji prenosi kisik zove se oksihemoglobin i krvi daje svjetlocrvenu boju, dok onaj koji prenosi ugljikov dioksid daje tamnocrvenu boju i zove se karbaminohemoglobin (13).



Slika 4. Molekula hemoglobina

(Izvor: <https://pic.weblogographic.com/img/news/260/what-is-the-function-of-hemoglobin-in-the-human-body.jpg>)

### 1.3. NEINVAZIVNO MJERENJE SpO<sup>2</sup> U TKIVU

Pulsna oksimetrija je potpuno bezbolna metoda, kojoj se na prst ruke stavi aparat pulsni oksimetar koji mjeri frekvenciju rada srca i zasićenost periferne krvi kisikom. U pulsnoj oksimetriji, saturacija arterijske krvi kisikom se označava sa SpO<sup>2</sup>, dok se invazivno mjerena arterijska oksigenacija obilježava simbolom SaO<sup>2</sup>. Mjerenje se izražava u postocima.

Pulsna oksimetrija ima veoma široku primjenu u više grana medicine, a najviše se koristi za kontinuirani monitoring pacijenta i ima veoma široku primjenu u svim jedinicama intenzivne njege (14). Cilj izvođenja ove neinvazivne procedure je dokazivanje brze dijagnostičke sumnje na poremećaje u radu respiratornog sistema, osiguranja organizma kisikom kao i pravilno savladavanje tehnike izvođenja ove neinvazivne i veoma jednostavne metode (Slika 5.).



Slika 5. Pulsni oksimetar

(Izvor: [https://media.shopmedikor.hr/media/wysiwyg/Pulsni\\_oksometar\\_cijena\\_za\\_djecu\\_i\\_odrasle\\_medikor.png](https://media.shopmedikor.hr/media/wysiwyg/Pulsni_oksometar_cijena_za_djecu_i_odrasle_medikor.png))

Kapilarna pulsna oksimetrija je rutinska neinvazivna spektrofotometrijska metoda koja omogućuje kontinuirano mjerenje arterijske saturacije kisikom (SaO<sup>2</sup>), a na ovaj način izmjerena vrijednost označava se sa SpO<sup>2</sup>. Uređaj se najčešće postavlja na jagodicu prsta. Iako se ova metoda mjerenja saturacije često koristi u kliničkoj praksi, treba biti oprezan kod pacijenata sa sindromom šoka jer zbog poremećaja protoka u mikrocirkulaciji izmjerena vrijednost može biti viša od stvarne.



Kod pacijenata preciznije je koristiti plinsku analizu arterijske krvi. Ova tehnika koristi pulsatilnu prirodu toka krvi za razlikovanje arterijske i venske komponente. Zahvaljujući toj mogućnosti, osim saturacije moguća je i procjena perfuzije na temelju omjera pulsatilne i nepulsatilne komponente protoka – perfuzijski indeks (PI) (14, 15).

Izračun (rezultat) je uglavnom vrlo točan, a korelacija s izmjerenim zasićenjem arterijske krvi kisikom ( $\text{SaO}_2$ ) je unutar 5%. Rezultati mogu biti manje precizni u pacijenata sa izrazito pigmentiranom kožom, lakiranim noktima, u onih s aritmijom ili hipotenzijom, u kojih amplituda signala može biti snižena. Također, pulsna oksimetrija može otkriti samo oksihemoglobin ili reducirani Hb; druge vrste Hb (npr. karboksihemoglobin, methemoglobin) uzimaju se za oksihemoglobin pa lažno povećavaju  $\text{SpO}_2$  (16).

## 1.4. MASKE ZA LICE

Nošenje maski smatra se vrlo važnom prevencijom jer pomaže smanjiti širenje zaraznih bolesti, međutim to nije potpuna zaštita već je potrebno pridržavanje i ostalih preventivnih mjera kako bi mogućnost zaraze sveli na minimum. U Republici Hrvatskoj je zakonom doneseno da je potrebno nositi zaštitnu masku u svim javnim zatvorenim prostorima, ali ne i na otvorenom ukoliko je moguće pridržavanje propisanog razmaka. Kako bi prevencija bila uspješna, zaštitnu masku je potrebno pravilno koristiti, na slijedeći način:

- prije samog stavljanja maske na lice, potrebno je oprati i dezinficirati ruke
- zaštitnom maskom u potpunosti prekriti usta i nos te provjeriti da li maska prijanja uz lice
- ne dirati masku prilikom nošenja
- korištenu masku baciti, a ukoliko je došlo do vlaženja maske, odmah promijeniti
- masku skidati na način da se primi za vezice koje se nalaze iza uške
- nakon skidanja maske obavezno je pranje i dezinfekcija ruku (17)

Prema preporukama za korištenje maski za lice, medicinskih i zaštitnih maski Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo (HZJZ), a u kontekstu pandemije COVID-19 na području Republike Hrvatske, obvezatno je nošenje maske za lice u zatvorenim javnim prostorima u kojima boravi više ljudi, te je preporučeno njihovo nošenje na javnim mjestima u otvorenim okolnostima povećane mogućnosti prijenosa virusa na kojima se ne može održavati fizička udaljenost od 1,5 m, uz odgovarajuće iznimke. Budući da se u slobodnoj prodaji na tržištu Republike Hrvatske, države članice Europske unije, nalaze maske različita oblika, veličine, boje, izrađene iz različitih (uglavnom tekstilnih) materijala, različitog sirovinskog sastava te različite sposobnosti filtriranja i razine zaštite, potrebno ih je ispravno i odgovarajuće označiti, te na taj način kupcu učiniti dostupnim dostatne informacije potrebne za donošenje odluke o kupnji. S tim u svezi nužno je razlučiti temeljne vrste maski za lice i poznavati njihovu primjenjivost. Prema preporukama HZJZ-a razlikujemo filtarske polumaske s ventilom i bez ventila, medicinske (kirurške) maske te higijenske maske za lice. Stoga je u radu dan pregled temeljnih vrsta maski za lice, pri čemu su uz pojašnjenje njihove primjenjivosti u svakodnevnoj uporabi među općom populacijom opisani bitni zahtjevi koji se na njih postavljaju, vrste materijala od kojih se izrađuju te u konačnici način njihova

označivanja s posebnim osvrtom na važeću nacionalnu i europsku zakonodavnu te normativnu legislativu (18).

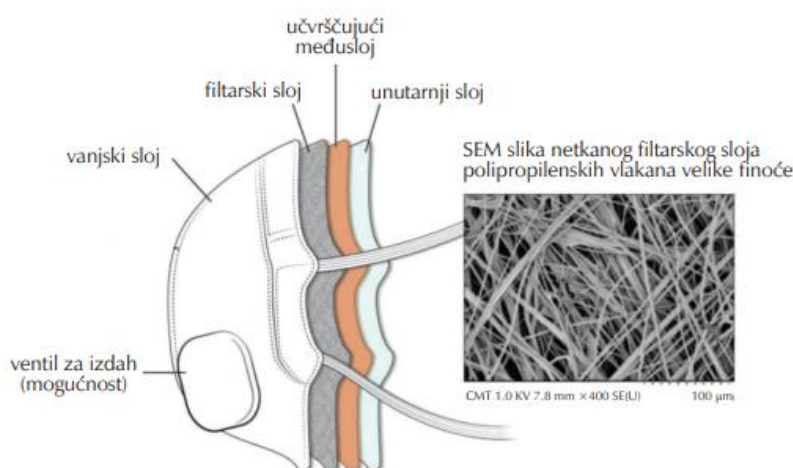
#### **1.4.1. Filtarske polumaske s ventilom i bez ventila**

Filtarske polumaske (engl. *Filtering Face Piece, FFP*) ili tzv. respiratori ubrajaju se u osobnu zaštitnu opremu (OZO) za zaštitu dišnih organa, te ih stoga možemo nazivati zaštitnim maskama za lice. To su čestični filtri koji pružaju zaštitu od čestica krutih i tekućih aerosola te bioaerosola. Najčešće su u potpunosti izrađene iz filtarskih materijala, čvrsto prianjaju uz lice prekrivajući nos, usta i bradu te mogu imati ventil za izdah. Djeluju na principu podtlaka i filtriraju udisani zrak, pri čemu se čestično onečišćenje zadržava na vanjskoj površini i unutar strukture filtra (*Slika 6.*). Izdisani zrak se u maski bez ventila također filtrira, te one na taj način osiguravaju samozaštitu i vanjsku zaštitu, dok maske s ventilom za izdahnuti zrak koji nefiltriran izlazi u vanjsku atmosferu osiguravaju isključivo samozaštitu korisnika. Zahtjevi za projektiranje i proizvodnju OZO-a koja se stavlja na raspolaganje tržištu Europske unije sa svrhom osiguravanja zaštite zdravlja i sigurnosti korisnika, kao i pravila o slobodnom protoku OZO-a u Uniji utvrđeni su Uredbom (EU) 2016/425 Europskog Parlamenta i Vijeća od 9. ožujka 2016. god. o osobnoj zaštitnoj opremi i stavljanju izvan snage Direktive Vijeća 89/686/EEZ, koja se u potpunosti primjenjuje od 21. travnja 2018. god. (16) Definirane su tri kategorije rizika od kojeg OZO treba zaštititi korisnike. Kategorija III, u koju se ubrajaju predmetne maske, obuhvaća samo rizike koji mogu izazvati vrlo ozbiljne posljedice poput smrti ili trajnih zdravstvenih posljedica. Stoga, filtarske polumaske, osmišljene za prevenciju i zaštitu od štetnih bioloških uzročnika kao što su virusi moraju zadovoljavati bitne zdravstvene i sigurnosne zahtjeve koji se na njih primjenjuju, a dijele se na opće i dodatne. Pri njihovom stavljanju na tržište, proizvođač mora osigurati da su projektirane i proizvedene u skladu s primjenjivim bitnim zdravstvenim i sigurnosnim zahtjevima za tu vrstu OZO-a dodatnim upućivanjem na usklađenu europsku normu EN 149:2001+A1:200917 (odnosno hrvatsku normu HRN EN 149:2010), u kojoj su specificirani specifični zahtjevi koje moraju ispuniti, metode ispitivanja i njihovo označivanje. Navodi se na maski ili ako to nije moguće, na pakiranju i priloženim dokumentima uz naznaku usklađene europske norme EN 149:2001+A1:200917 te razredbe kojom se označuje razina zaštite koju filtarska polumaska osigurava (FFP1, FFP2 ili FFP3). Prema EN 149:2001+A1:2009 razredba se temelji na osnovi

učinkovitosti, tj. jakosti filtracije filtarskog materijala i maske pri udisanju zraka (*Tablica 1*). Uz oznaku razreda te zaštitne maske moraju nositi oznaku NR (engl. *non re-useable*) jer ih je moguće primjenjivati jednokratno (u jednoj radnoj smjeni, najdulje 8 sati). Ponovno uporabljive maske (u više radnih smjena) označene oznakom R (engl. *re-useable*) nije preporučljivo primjenjivati za zaštitu od štetnih bioloških uzročnika, posebice u slučaju kad je u prvoj primjeni bila izložena onečišćenoj atmosferi. Dodatna oznaka D je obvezatna za ponovno uporabljive maske i ukazuje na njihovu otpornost spram začepljenja pora kad su izložene dolomitnoj prašini. Navedena vremenska ograničenja primjene jednokratnih filtarskih polumaski navode se u kontekstu zaštite na radu, dok su za opću populaciju dane preporuke, u pojedinim slučajevima, moguće ih je fleksibilnije tumačiti (18).

Tablica 1. Razredba razine zaštite čestičnih filtarskih polumaski (Izvor: 18)

Razred Class	Maksimalni prodor aerosola kroz filtar / %* Maximum penetration of filter material / %	Maksimalni prodor aerosola kroz masku pri udisanju / %** Total inward leakage / %
FFP1	20	22
FFP2	6	8
FFP3	1	2



Slika 6. Shematski prikaz slojevite strukture N95 respiratora (Izvor: 18)

Iz tablice 1. proizlazi da je učinkovitost filtriranja čestica veličine oko 0,3  $\mu\text{m}$  u filtarskog materijala FFP2 maske najmanje 94 %, a FFP3 maske najmanje 99 %. Približno jednaku učinkovitost respiratorne zaštite osiguravaju i filtarske polumaske proizvođača iz Sjedinjenih Američkih Država (usklađenih s NIOSH 42 CFR 84) koje nose oznaku N95, N99 ili N100, te Kine, usklađenih sa zahtjevima nacionalne norme GB 2626:2019 i označenih s KN95, KN99 ili KN100, a moguće ih je naći na tržištu Republike Hrvatske. Oznaka N ukazuje na to da nisu uljeodbojne (engl. non oil resistant), pri čemu je učinkovitost filtriranja čestica veličine oko 0,3  $\mu\text{m}$  u filtarskih polumaski oznaka N95 i KN95 najmanje 95 %, filtarskih polumaski oznaka N99 i KN99 najmanje 99 %, a filtarskih polumaski oznaka N100 i KN100 najmanje 99,97 %. Kod prethodno navedenih maski se učinkovitost filtriranja čestica manjih od 300 nm, uz prosječnu veličinu promjera pora filtra od ~300 nm (nužnu za nesmetano disanje korisnika), osigurava višeslojnošću netkane trodimenzionalne strukture maske izrađene iz iznimno finih mikro i nanovlakana malog promjera i primjenom elektrostatski nabijenog filtra, čije se djelovanje zasniva na mehanizmu vezanja elektrostatski suprotno nabijenih malih čestica (ponajprije virusa, uključivo i SARSCoV-2). Sve navedeno ih čini primjenjivim u kontekstu zaštite od koronavirusa, za razliku od maske razreda FFP1, koja pruža učinkovitu zaštitu isključivo od prašine i pijeska. Filtarske zaštitne maske razreda FFP2 i FFP3 izrađene su iz minimalno četiri sloja. Četveroslojna maska N95 ima vanjski sloj izrađen od hidrofobnog netkanog tekstila iz polipropilenskih vlakana koji sprječava primanje i prolazak vlage, kapljica i tekućih aerosola iz atmosfere u smjeru udisanja. Slijedi ga netkani filtarski sloj izgrađen iz iznimno finih polipropilenskih vlakana uglavnom zaslužan za filtriranje čestica (ne uključujući čestice na uljnoj osnovi) te međusloj iz modakrilnih vlakana koji učvršćuje masku i povećava njezinu debljinu. Unutarnji sloj maske također je izrađen iz hidrofobnog netkanog tekstila iz polipropilenskih vlakana čija je zadaća maksimalno umanjiti primanje i prolaz vlage unutar maske i na taj način povećati učinkovitost filtriranja. Središnji netkani filtarski sloj(evi) maske dobivaju se specifičnom tehnikom izrade (engl. meltblowing), pri čemu je postupak ispredanja polipropilenskih mikrovlakana iz taline potpomognut upuhivanjem vrućeg zraka (temperature 215 °C – 340 °C) u smjeru nastanka vlakana unutar specifično konstruirane mlaznice. Nastala vlakna (promjera od 1 do 5  $\mu\text{m}$ ) odvoje se putem transportne vrpce, a hlađenjem se međusobno samopovezuju i tvore mikroporoznu netkanu strukturu. Tom tehnikom moguće je proizvesti materijale plošne mase od 5 do 1000 g m<sup>-2</sup>, pri čemu se za njihovu izradu najčešće primjenjuje polipropilen zbog male gustoće (0,91 g cm<sup>-3</sup>, što znatno utječe na masu maske), niske

cijene, niske viskoznosti taline polimera te s tim u svezi i lake preradivosti. U tu svrhu moguće je primijeniti i druge polimerne materijale, primjerice poliester, polietilen, poliamid i poliuretan. Ostali netkani slojevi maske mogu se izraditi izravnim postupkom ispredanja polipropilenskih vlakana iz taline, gdje se po njihovu skrutnjavanju odvođe putem transportne vrpce te u kontinuiranom postupku povezuju u netkanu strukturu jednom od uobičajenih tehnika – mehaničkim, kemijskim ili toplinskim putem (engl. *spunbonding*). Nastala vlakna su promjera od 15 do 50  $\mu\text{m}$ , a materijale je moguće proizvesti u rasponu plošne mase od 5 do 800  $\text{g m}^{-2}$  te uobičajene debljine od 0,1 do 4,0 mm. Budući da se veličina pora filtra smanjuje primjenom finijih vlakana manjega promjera, suvremena istraživanja ukazuju na to da bi se netkani nanostruktuirani materijali dobiveni postupkom elektroispredanja iz otopine polimera, prosječne finoće vlakana od 100 nm do 500 nm, mogli učinkovito primjenjivati u svrhu filtriranja iznimno finih čestica kao što su virusi. Pritom se najčešće primjenjuju poli(vinil-klorid) i poli(viniliden-fluorid) (18).

Valja naglasiti da je pri projektiranju zaštitne polumaske predviđene za zaštitu dišnog sustava, koja mora omogućavati opskrbu korisnika zrakom koji treba udisati kada je izložen onečišćenoj atmosferi, potrebno odgovarajućim tehničkim rješenjima osigurati zahtjeve koji se na nju postavljaju. Pritom, s obzirom na to da se radi o OZO-u III. kategorije, posebice treba voditi računa o zaštitnoj učinkovitosti maske i osiguravanju njezina dobrog pristajanja, tj. prijanjanju uz lice korisnika, ali i o osiguravanju dostatne razine udobnosti, misleći ponajprije na humano-ekološku podobnost primijenjenih materijala koji su u izravnom dodiru s kožom lica korisnika, mogućnosti prilagodbe korisniku tijekom nošenja i njegovim pokretima, odgovarajućoj veličini, sustavu za učvršćivanje i na čim manju masu (u mjeri koja ne ugrožava čvrstoću i učinkovitost maske). (17) Rubno brtvljenje filtarske polumaske moguće je grubo provjeriti snažnim i naglim udisanjem i izdisanjem zraka, čime će se maska trenutno prilijepiti ili odlijepiti od lica korisnika.(18).

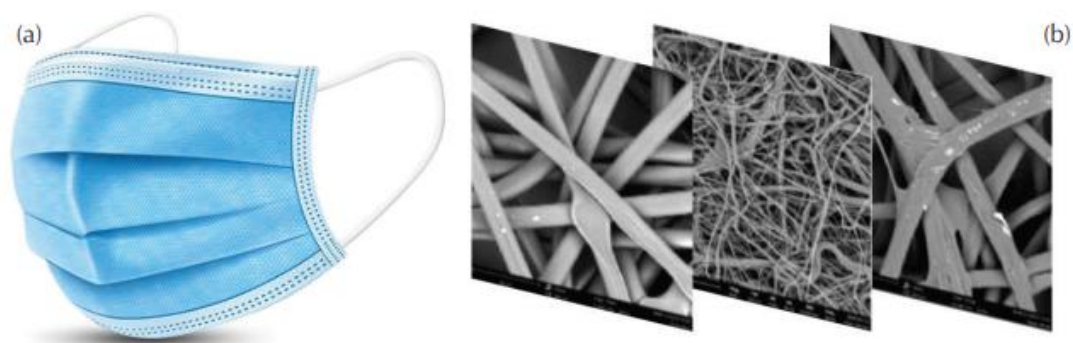
### 1.4.2. Medicinske (kirurške) maske

Medicinske ili kirurške maske (engl. medical face masks) primjenjuju se ponajprije u medicinske svrhe, u operacijskim salama i zdravstvenim ustanovama sa sličnim zahtjevima, i služe za sprječavanje širenja kapljica iz izdahnutog zraka korisnika na pacijenta ili drugu osobu te u određenim okolnostima za zaštitu korisnika od prskanja krvi i ostalih potencijalno kontaminiranih tjelesnih tekućina. Njihova primjena je jednokratna, a mogu u određenoj mjeri zaštititi područje usta i nosa korisnika od izravnog utjecaja većih kapljica druge osobe kao i od prijenosa patogena izravnim dodiranjem rukama. Za optimalnu učinkovitost nužno ih je ispravno nositi tako da čvrsto prijanjajući istodobno prekrivaju nos, usta i bradu, mijenjati kada su mokre i ne dirati ih tijekom nošenja. Uz odgovarajuću konstrukciju mogu biti učinkovite u smanjenju transmisije patogena asimptomatskih i presimptomatskih prijenosnika. Valja pritom istaknuti da ih ne možemo zvati zaštitnim jer nisu primarno namijenjene za zaštitu korisnika, ispituju se u smjeru izdaha te stoga ne pripadaju u OZO-u. Zahtjevi za projektiranje, proizvodnju i stavljanje na tržište medicinskih proizvoda, kao što su kirurške maske, utvrđeni su Direktivom Vijeća 93/42/EEZ od 14. lipnja 1993. god. o medicinskim proizvodima. (24) Ta se direktiva stavlja izvan snage Uredbom (EU) 2017/745 Europskog parlamenta i Vijeća od 5. travnja 2017. god. o medicinskim proizvodima, o izmjeni Direktive 2001/83/EZ, Uredbe (EZ) br. 178/2002 i Uredbe (EZ) br. 1223/2009 te o stavljanju izvan snage direktiva Vijeća 90/385/EEZ i 93/42/EEZ, s učinkom od 26. svibnja 2020. god. (25) Dakle, kirurške maske obuhvaćene su područjem primjene Direktive 93/42/EEZ<sup>24</sup> i Uredbe (EU) 2017/745<sup>25</sup> kojima se utvrđuje niz bitnih zahtjeva odnosno općih zahtjeva sigurnosti i učinkovitosti (općih zahtjeva te zahtjeva povezanih s projektiranjem i proizvodnjom), na temelju kategorizacije medicinskih proizvoda ovisno o posebnim pravilima prema namjeni proizvoda. Definirana su četiri razreda/kalse rizika (I., II.a, II.b i III.), a kirurške maske kao nesterilni neinvazivni medicinski proizvodi pripadaju I. razredu. Pritom, proizvodi i postupci njihove proizvodnje moraju biti projektirani tako da se isključi ili svede na najmanju moguću mjeru rizik od infekcije, odn. mikrobne kontaminacije za pacijente, korisnike i, ako je to primjenjivo, druge osobe, što se osigurava dodatnim upućivanjem na usklađenu europsku normu EN 14683:2019+AC:201923 (odnosno hrvatsku normu HRN EN 14683:2020), u kojoj su specificirani zahtjevi, metode ispitivanja i označavanje kirurških maski. Prije stavljanja na tržište provodi se postupak ocjene sukladnosti u kojem proizvođač ispunjava sve obveze te osigurava i jamči da

medicinski proizvod I. razreda zadovoljava zahtjeve koji se na njega postavljaju, u svrhu označivanja CE znakom. Proizvođač potvrđuje sukladnost proizvoda izdavanjem EU izjave o sukladnosti nakon izrade tehničke dokumentacije (koja uključuje detaljnu specifikaciju) te on ili njegov ovlaštenu zastupnik s poslovnom nastanom u EU-u svu dokumentaciju stavlja na raspolaganje nacionalnim nadzornim tijelima na razdoblje od pet godina nakon što je proizveden posljednji proizvod iz serije. Na pakiranju u kojem se maske isporučuju navodi se oznaka CE, uz naznaku usklađene europske norme EN 14683:2019+AC:201923 te oznaka razredbe kirurške maske temeljem ispunjavanja zahtjeva. Prema EN 14683:2019+AC:2019 razredba se temelji na učinkovitosti bakterijske filtracije materijala maske pri izdisanju zraka (tip I i tip II), a dodatnim ispunjavanjem zahtjeva vodoodbojnosti vanjskog sloja maske odn. otpornosti na prskanje tjelesnih tekućina razlikujemo i tip IIR (pri čemu R označuje odbojnost prskanju). Za pojedini tip maske definirana je i zrakopropusnost, mjerena vrijednošću diferencijalnog tlaka pri odgovarajućem protoku zraka ( $8 \text{ l min}^{-1}$ ) na kružnom uzorku promjera od  $25 \pm 1 \text{ mm}$  te maksimalno mikrobiološko opterećenje (18).

Kirurške maske (*Slika 7a*) su, u pravilu, izrađene iz tri sloja netkanog tekstila (*Slika 7b*) od kojih svaki ima zasebnu funkciju. Unutarnji sloj (najbliži licu korisnika) izrađuje se od materijala koji apsorbira kapljice slina i respiratornog sekreta korisnika, ali i vlagu iz izdahnutog zraka, čime se povećava udobnost nošenja maske. Središnji sloj je filter koji sprječava prolaz čestica ili patogena odgovarajuće veličine. Učinkovitost bakterijske filtracije kirurške maske, standardne veličine čestica promjera oko  $3,0 \mu\text{m}$  i većih, za tip I iznosi 95 %, a tip II 98 %. Vanjski sloj maske (najčešće plave boje) je vodoodbojan u svrhu osiguravanja odbojnosti spram prskanja tjelesnih tekućina, uključujući i većih respiratornih kapljica drugih osoba promjera većeg od  $100 \mu\text{m}$ . S obzirom na utvrđenu veličinu SARS-CoV-2 virusa (promjera  $60 \text{ nm} - 140 \text{ nm}$ ) proizlazi da kirurška maska ne može u potpunosti spriječiti inhalaciju tako malih čestica prisutnih u zraku, a samim tim ne osigurava potpunu zaštitu od štetnih bioloških uzročnika kao što su virusi, kako korisnika tako i drugih osoba. Netkani slojevi maske mogu biti plošne mase od 20 do  $25 \text{ g m}^{-2}$ , a izrađuju se iz polipropilenskih vlakana. Pri tome je središnji deblji filtarski sloj izrađen iz finijih mikrovlakana primjenjujući postupak ispredanja iz taline potpomognut upuhivanjem vrućeg zraka (engl. meltblowing). Za njihovu izradu moguće je primijeniti i druge polimerne materijale, primjerice polistiren, polikarbonat, polietilen ili poliester (18).

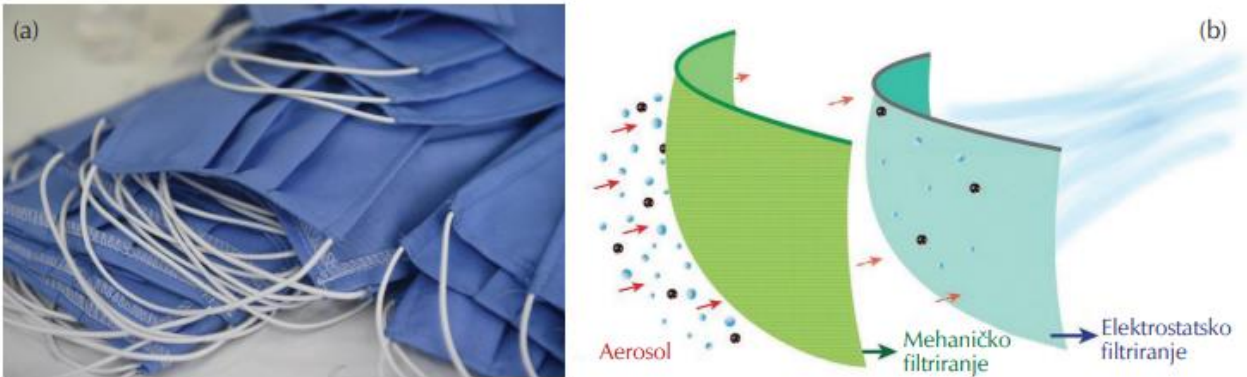




Slika 7. Troslojna kirurška maska (a), slike vanjskog, filtrarskog i unutarnjeg netkanog sloja izrađenih iz polipropilenskih vlakana (b) (Izvor: 18)

### 1.4.3. Higijenske maske

Higijenske maske ili maske za lice za građanstvo (*Slika 8.*) (engl. hygienic masks, community face coverings, barrier masks, non-medical face masks) pokrivaju nos, usta i bradu korisnika, izrađuju se iz jednog ili više slojeva komercijalno dostupnih tekstilnih materijala (tkanih, pletenih, netkanih i sl.) te kao i ostale maske moraju imati dio kojim se pričvršćuju za glavu ili uši. Upute za minimalne zahtjeve, metode ispitivanja i njihovu uporabu dane su hrvatskom tehničkom specifikacijom HRS CWA 17553:2021 nastale prijevodom europskog dokumenta CWA 17553:202029 (engl. CEN Workshop Agreement), koji je izradio Europski odbor za normizaciju (CEN) na temelju hitnog zahtjeva Europske komisije, uz napomenu da nisu primjenjive na maske za lice koje su obuhvaćene područjem primjene europske zakonodavne legislative vezane uz osobnu zaštitnu opremu i medicinske proizvode s obvezom certificiranja. Namijenjene su korisnicima koji nemaju kliničke simptome virusne ili bakterijske infekcije i ne dolaze u kontakt s ljudima koji imaju takve simptome. Usporavaju i smanjuju domet respiratornih kapljica sline i sekreta iz nosa korisnika, usta i dišnih putova koji nastaju pri govoru, kašljanju i kihanju te mogu ograničiti prodiranje većih respiratornih kapljica u kojima se nalazi virus iz vanjskih izvora u područje nosa i usta korisnika, iako ne jamče njegovu zaštitu (uz preduvjet ispravne uporabe). Također sprječavaju dodir sluznice usta i nosa s onečišćenim rukama (18).



Slika 8. Jednoslojna pamučna maska i shematski prikaz filtracije dvoslojnih higijenskih maski  
(Izvor: 18)

Higijenske maske za lice koje se stavljaju na tržište Republike Hrvatske, a ispunjavaju zahtjeve prema CWA 17553:2020,29 trebaju se označiti nazivom Maska za lice za građanstvo CWA 17553:2020 uz naznaku razine učinkovitosti filtracije i metode kojom je utvrđena, naznaku korisnika (djeca ili odrasli) te vrste higijenske maske (jednokratna ili višekratna), uputa za uporabu i preporuke njege primjenom simbola (ako je primjenjivo) te uvjeta skladištenja. Pritom proizvođač ili njegov ovlaštenu zastupnik odn. trgovac s poslovnim nastanom u Europskoj uniji preuzima punu odgovornost za kontrolu kvalitete higijenskih maski te njihovo ispravno označivanje na najmanjem dostupnom prodajnom pakiranju. Predmetne maske moraju biti izrađene od tkanine veće gustoće (tj. većeg broja niti osnove i potke na jediničnoj duljini, niti  $\text{cm}^{-1}$ ), plošne mase najmanje  $100 \text{ g m}^{-2}$ , sirovinskog sastava: 100 % pamuk. Ako se radi o dvoslojnim maskama, oba sloja tkanine moraju biti pamučna. Maske za lice mogu biti jednoboje ili višeboje, ali bez tiska pod uvjetom da se mogu prati na temperaturi iznad  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . Valja istaknuti da bi se maske za lice trebale izrađivati samo od zdravstveno ispravnih materijala visoke postojanosti obojenja, dakle visoke razine humano-ekološke pouzdanosti (18).

## 2. ISPITANICI I POSTUPCI

Istraživanje je provedeno mjerenjem pulsne oksimetrije sudionicima u razdoblju od 15. siječnja do 30. ožujka 2022. te su podatci potpuno dobrovoljno i anonimno prikupljeni u svrhu izrade ovog diplomskog rada. Ovaj rad je formiran pretraživanjem stručne literature i baze znanstvenih radova iz polja biomedicine i zdravstva. Za obradu podataka dobivenih istraživanjem koristile su se deskriptivne statističke metode, a za ispitivanje značajnosti podataka korišten je hi kvadrat test. Sudionici istraživanja bili su isključivo populacija studenata starosne dobi od 20 do 30 godina. Isključni kriterij bio je prisustvo bilo koje respiracijske akutne ili kronične bolesti. Ukupno je sudjelovalo 150 ispitanika. Budući da je broj ispitanika,  $N > 30$ , obrađeni uzorak je veliki. Cilj istraživanja je uvidjeti postoji li razlika u izmjerenoj saturaciji hemoglobina kisikom u ispitanika obzirom na spol, mjerenje u mirovanju i nakon tjelesne aktivnosti, izmjerenoj saturaciji hemoglobina kisikom u ispitanika obzirom na pušenje te obzirom na vrstu nošene zaštitne maske. Cilj je dokazati ili odbaciti niže navedene dvije hipoteze:

**HIPOTEZA 1 (H1)** – Nošenje kirurške i FFP2 maske tijekom 15 i 60 minuta ne utječe na saturaciju hemoglobina kisikom.

**HIPOTEZA (H2)** – Utjecaj kirurške i FFP2 maske na saturaciju hemoglobina kisikom ne razlikuje se obzirom na spol, naviku pušenja te kratkotrajnu tjelesnu aktivnost.

Za provođenje ovog istraživanja koristio se kao instrument istraživanja pulsni oksimetar, proizvođača ChoiceMMed s rasponom mjerenja SpO<sub>2</sub>: 70 ~ 100 % i preciznošću mjerenja +/- 2 %. Koristile su se kirurške maske 3 PLY Face Mask, proizvođača Guangzhou Youte Plastic No: PLY – 001; Lot No:202004 te FFP2 maske NR BFE  $\geq$  95% TARA LTD FILTERING HLAFF MASK; 5 LAYER. Upitnik koji sam iskoristila za obradu podataka sadržavao je sljedeće podatke: redni broj ispitanika, spol, dob, pušač/nepušač te vrsta maske koja je nošena. Istraživanje je provedeno u razdoblju od 15. siječnja 2022. do 30. ožujka 2022. godine. Prije početka rješavanja anketnog upitnika sudionici su upoznati s Općom uredbom o zaštiti podataka (GDPR) uz pridržavanje etičkih načela te su dali svoj informirani pristanak na sudjelovanje. Za obradu podataka koristile su se deskriptivne statističke metode, a za ispitivanje značajnosti podataka korišten je hi kvadrat test.

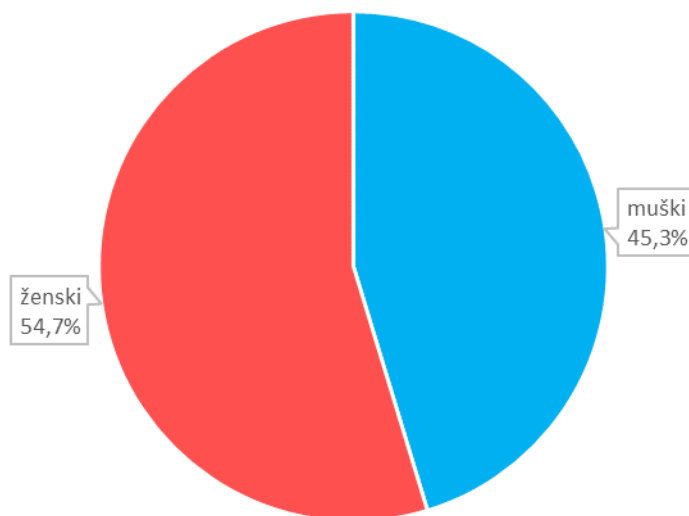
### 3. REZULTATI

Rezultati su prikazani opisno, grafički i statistički. Za analizu istraživanja, korišten je program *IBM SPSS Statistics inačica 26*.

U prvom dijelu analize rezultata istraživanja prikazani su opći podaci o ispitanicima. U tablici 1. prikazana je spolna struktura ispitanika koji su koristili kirurške maske prilikom istraživanja. Frekvencija se odnosi na broj ispitanika, a postotak na udio po spolu u ukupnom broju ispitanika.

Tablica 1. Prikaz strukture spola skupine ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj kirurških maski

		Frekvencija	postotak %
Spol	Muški	34	45,3
	Ženski	41	54,7
	Ukupno	75	100,0



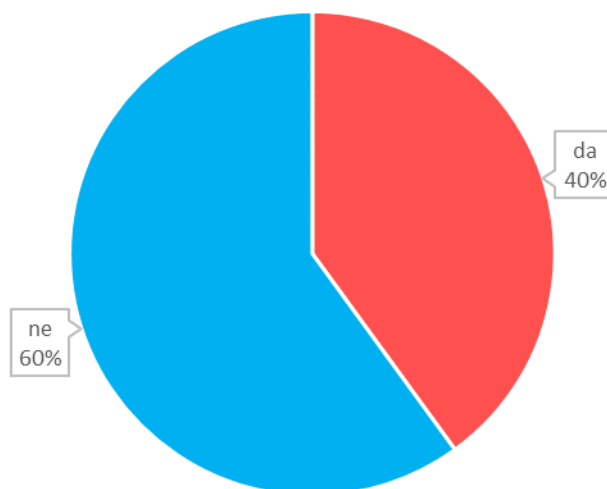
Slika 9. Grafički prikaz strukture spola skupine ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj kirurških maski

Muških ispitanika s kirurškim maskama bilo je 34, odnosno 45,3%, dok je ženskih ispitanika bilo 41, odnosno 54,7%.

U tablici 2. prikazani su podaci o ispitanicima koji su koristili kirurške maske i koji su pušači, odnosno, nepušači.

Tablica 2. Prikaz frekvencije i udjela pušača i nepušača u skupini ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj kirurških maski

		Frekvencija	postotak %
Jeste li pušač?	da	30	40
	ne	45	60
	ukupno	75	100



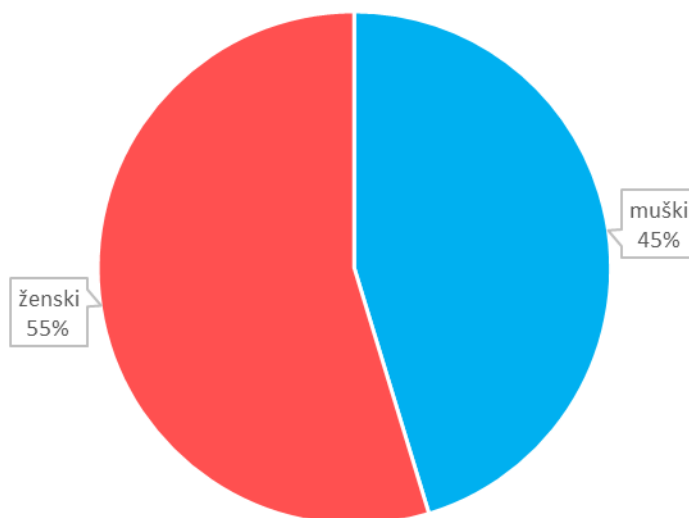
Slika 10. Grafički prikaz udjela pušača i nepušača u skupini ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj kirurških maski

Od 75 ispitanika koji su koristili kirurške maske, njih 30, odnosno 40% su pušači, dok njih 45, odnosno 60% su nepušači.

U tablici 3. prikazana je spolna struktura ispitanika koji su koristili FFP2 maske prilikom provođenja istraživanja.

Tablica 3. Prikaz strukture spola skupine ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj FFP2 maski

		frekvencija	postotak %
Spol	muški	34	45,3
	ženski	41	54,7
	ukupno	75	100,0



Slika 11. Grafički prikaz strukture spola skupine ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj FFP2 maski

Muških ispitanika koji su koristili FFP2 maske bilo je 34, odnosno 45,3%, dok je ženskih ispitanika bilo 41, odnosno 54,7%.

U tablici 4. prikazani su rezultati o broju pušača koji su u trenutku istraživanja koristili FFP2 maske.

Tablica 4. Prikaz frekvencije i udjela pušača i nepušača u skupini ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj FFP2 maski

		frekvencija	postotak %
Jeste li pušač?	da	20	26,7
	ne	55	73,3
	ukupno	75	100,0



Slika 12. Grafički prikaz udjela pušača i nepušača u skupini ispitanika u kojih se ispitivao utjecaj FFP2 maski

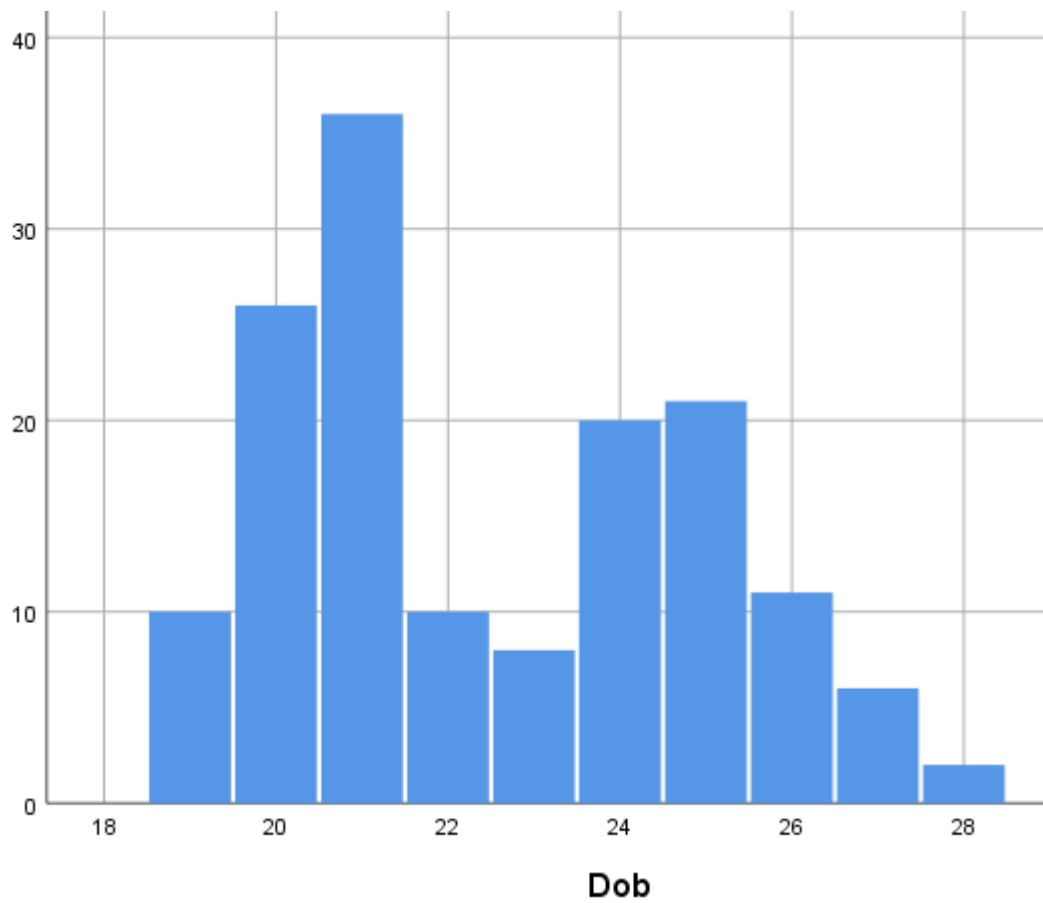
Ispitanici koji su koristili FFP2 maske, od njih ukupno 75, 20 su pušači (26,7%), dok njih 55, odnosno 73,3% se izjasnilo da su nepušači.

U tablici 5. prikazana je dobna struktura ispitanika koji su koristili kirurške i FFP2 maske prilikom istraživanja.

Tablica 5. Prikaz ispitanika po godinama

	frekvencija	postotak %	
Dob	19	10	6,7
	20	26	17,3
	21	36	24,0
	22	10	6,7
	23	8	5,3
	24	20	13,3
	25	21	14,0
	26	11	7,3
	27	6	4,0
	28	2	1,3
	ukupno	150	100,0





Slika 13. Grafički prikaz ispitanika po godinama

Najviše ispitanika, njih 36 ima 21 godinu i njih 26 ima 20 godina. Najmanje ispitanika je bilo s 28 i 27 godina.

### 3.1. Testiranje hipoteza

Za pouzdanost mjernih ljestvica koristi se Cronbach alfa koeficijent. Ovaj koeficijent poprima vrijednosti između 0 i 1, te što je koeficijent bliži broju 1, tada je mjerna ljestvica pouzdanija. Ukoliko koeficijent poprimi vrijednost manju od 0,5 tada to ukazuje na činjenicu da bi rezultati mogli biti slučajne pogreške, odnosno da je ispitivanje statistički neznačajno.

Tablica 6. Cronbach alfa koeficijent

Cronbach alfa koeficijent	Cronbach alfa baziran na standardiziranim česticama	Broj čestica
0,697	0,400	7

Broj promatranih čestica odnosi se na broj parametara koju su korišteni prilikom ispitivanja, a oni su: spol, dob, navika pušenja, mjerenje saturacije hemoglobina kisikom bez maske, nakon 15 minuta, nakon 60 minuta te nakon fizičke aktivnosti. Cronbach alfa koeficijent iznosi 0,697, odnosno, ovo istraživanje ima zadovoljavajuću pouzdanost.

**HIPOTEZA 1 (H1) – Nošenje kirurške i FFP2 maske tijekom 15 i 60 minuta ne utječe na saturaciju hemoglobina kisikom.**

Tablica 7. Rezultati za H1

	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija
Bez maske	97	86	100	95,92	1,961
15 minuta maska	150	93	99	96,30	1,360
60 minuta maska	149	92	99	96,52	1,518

U tablici 7. prikazane su promatrane vrijednosti za potvrđivanje ili odbacivanje hipoteze H1 pomoću deskriptivne statistike. Stupac N predstavlja broj uzoraka. Promatran je uzorak ispitanika bez obzira na vrstu maske koju su nosili. Kod ispitanika koji nisu nosili maske, ukupno je bilo 97 mjerenja. Nakon 15 minuta nošenja maske, mjerenje je izvršeno na 150 ispitanika te nakon 60 minuta maske, mjerenje je izvršeno na 149 ispitanika. Stupac Minimum, odnosi se na najniže izmjerene saturacije hemoglobina kisikom te one iznose 86 kod ispitanika bez maski, 93 za

mjerenje nakon 15 minuta nošenja maske te 92 nakon 60 minuta nošenja maske. Stupac Maksimum, odnosi se na najviše izmjerene saturacije hemoglobina kisikom i iznosi 100 kod ispitanika bez maski, 99 za mjerenje nakon 15 minuta nošenja maske te 99 nakon 60 minuta nošenja maske. Stupac Prosječna vrijednost odnosi se na prosječni rezultat pojedinih mjerenja. Prosječna saturacija hemoglobina kisikom kod ispitanika koji nisu nosili masku, iznosi 95,92%. Prosječna saturacija hemoglobina kisikom nakon 15 minuta nošenja maske (kirurške ili FFP2) iznosi 96,30%, dok nakon 60 minuta nošenja maske prosječna vrijednosti iznosi 96,52%. Standardna devijacija odnosi se na prosječno odstupanje neke veličine od aritmetičke sredine. Standardna devijacija kod ispitanika bez maske iznosi 1,961, nakon 15 minuta nošenja maske iznosi 1,360 te nakon 60 minuta maske iznosi 1,518. Na temelju navedenog, standardna devijacija je mala te prosječna vrijednost dovoljno dobro prikazuje rezultate.

U tablici 8. prikazani su rezultat nakon provedenog Mann Whitney testa za hipotezu H1.

Tablica 8. Mann Whitney test za H1

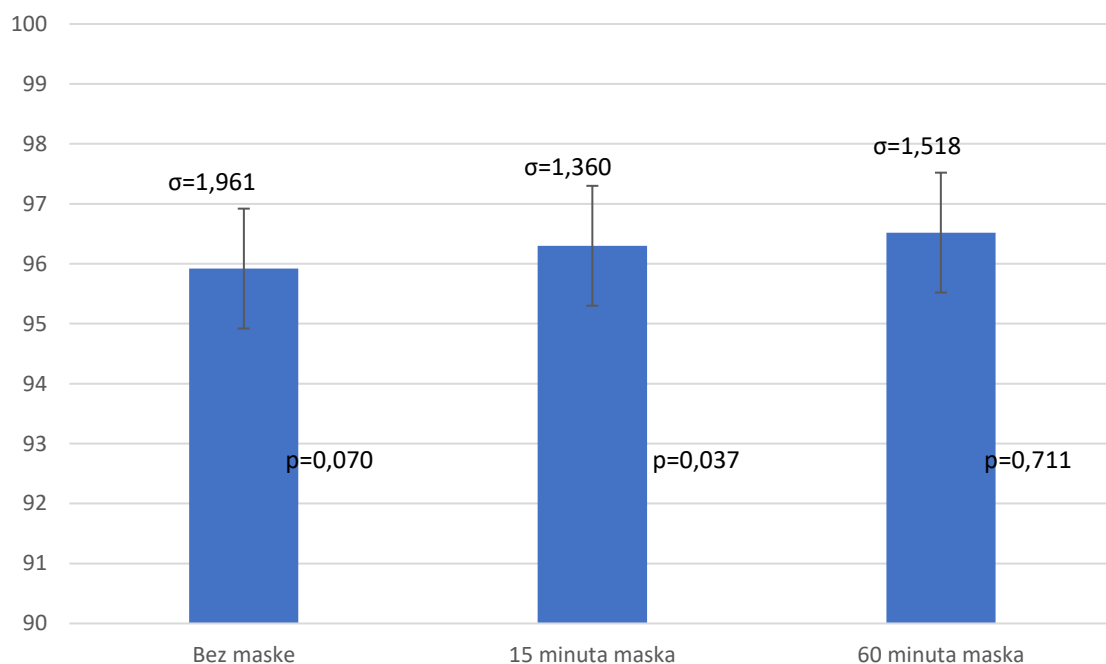
	Bez maske	15 minuta maska	60 minuta maska
Mann Whitney U	706,500	2273,000	2679,500
Wilcoxon W	3262,500	5123,000	5454,500
Z	-1,812	-2,082	-,370
P vrijednost	,070	,037	,711

Pomoću Mann Whitney testa izračunata je p vrijednost za mjerenja skupine ispitanika bez maske u odnosu nakon nošenja 15 minuta maske i u odnosu nakon nošenja 60 minuta maske. Za ovo istraživanje postavlja se razina signifikantnosti, odnosno razina značajnosti testa  $\alpha = 0,01$ . Iz toga slijedi:

- $p_1$  (bez maske):  $0,070 > 0,01$
- $p_2$  (15 minuta maske):  $0,037 > 0,01$
- $p_3$  (60 minuta maske):  $0,711 > 0,01$ .

Kako su sve p vrijednosti veće od razine signifikantnosti, ne postoji statistička značajnost, odnosno u 99% slučajeva statistička značajnost ne postoji, dok u 1% slučajeva ona postoji.

Na Slici 14. grafički su prikazani rezultati srednjih vrijednosti mjerenja bez obzira na vrstu maske te standardna devijacija i p vrijednost za svaku promatranu skupinu.



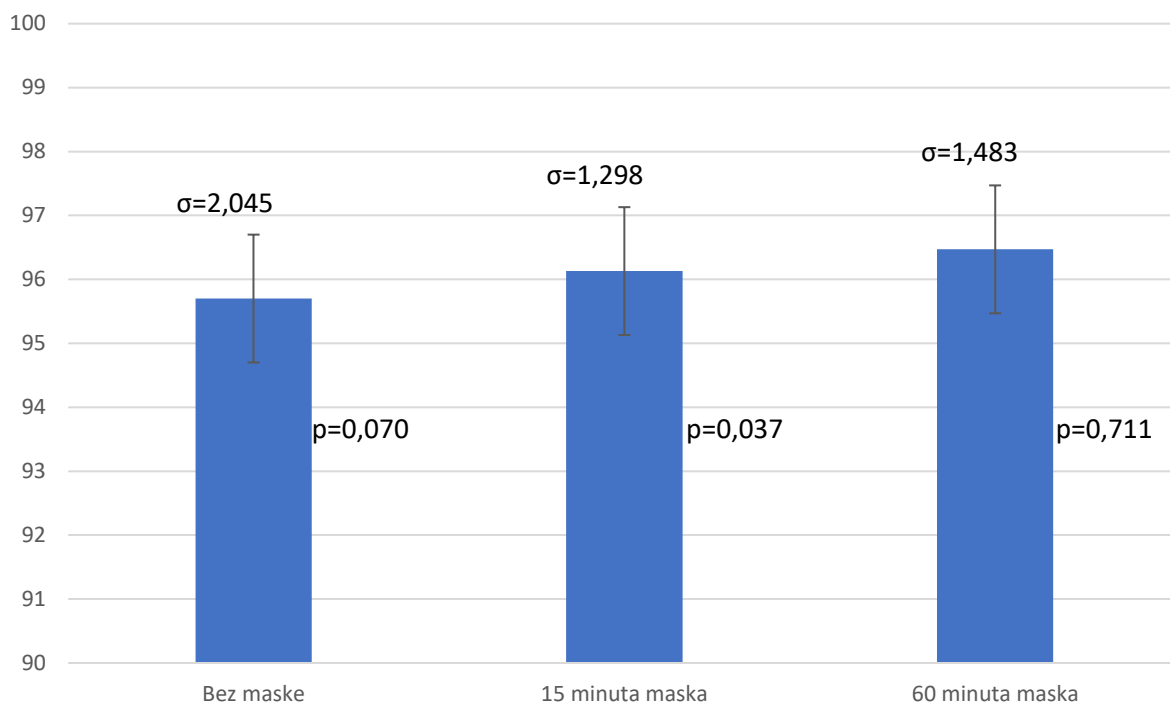
Slika 14. Rezultati srednjih vrijednosti mjerenja bez obzira na vrstu maske te standardna devijacija i p vrijednost za svaku promatranu skupinu za hipotezu H1

U tablici 9. prikazani su rezultati mjerenja kod ispitanika koji su nosili kiruršku masku. Prikazane su minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti te standardna devijacija.

Tablica 9. Rezultati mjerenja za ispitanike koji su nosili kirurške maske

	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija
Bez maske	71	86	100	95,70	2,045
15 minuta maska	75	93	99	96,13	1,298
60 minuta maska	74	92	99	96,47	1,483

Na Slici 15. grafički su prikazani rezultati srednjih vrijednosti mjerenja kod ispitanika koji su nosili kiruršku masku te standardna devijacija i p vrijednost za svaku promatranu skupinu.



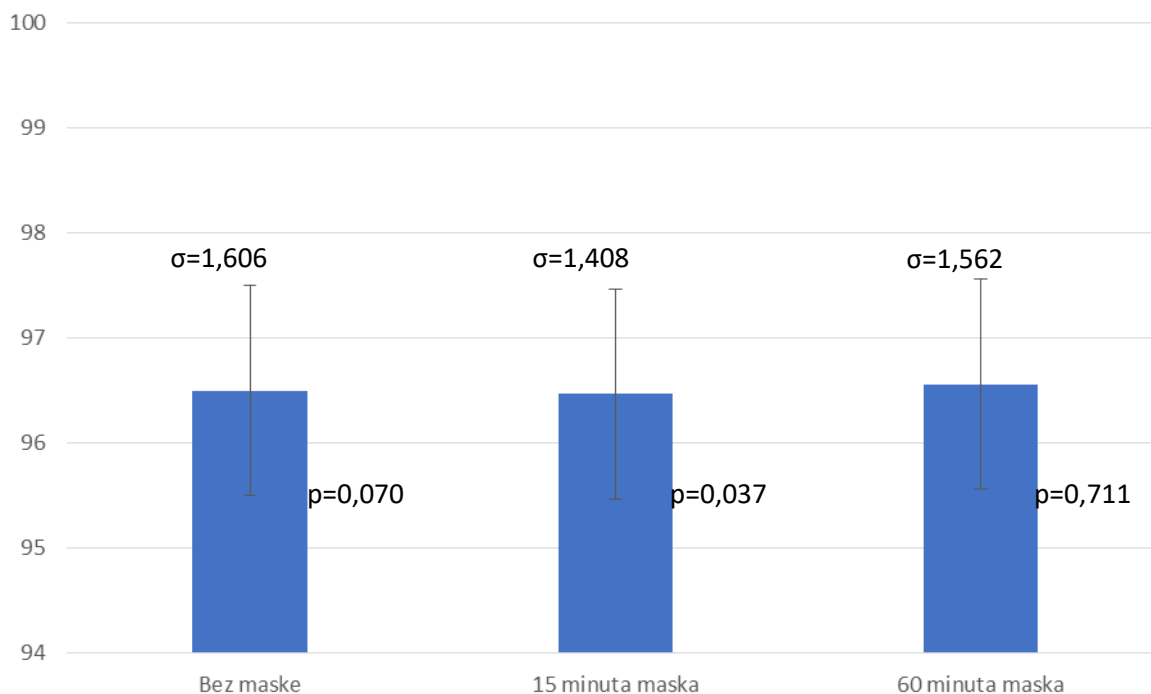
Slika 15. Rezultati srednjih vrijednosti mjerenja kod ispitanika koji su nosili kiruršku masku te standardna devijacija i p vrijednost za svaku promatranu skupinu za hipotezu H1

U tablici 10. prikazani su rezultati mjerenja kod ispitanika koji su nosili FFP2 masku. Prikazane su minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti te standardna devijacija.

Tablica 10. Rezultati mjerenja za ispitanike koji su nosili FFP2 maske

	N	Minimum	Maksimum	Prosječna vrijednost	Standardna devijacija
Bez maske	26	93	99	96,50	1,606
15 minuta maska	75	93	99	96,47	1,408
60 minuta maska	75	93	99	96,56	1,562

Na Slici 16. grafički su prikazani rezultati srednjih vrijednosti mjerenja kod ispitanika koji su nosili FFP2 masku te standardna devijacija i p vrijednost za svaku promatranu skupinu.



Slika 16. Rezultati srednjih vrijednosti mjerenja kod ispitanika koji su nosili FFP2 masku te standardna devijacija i p vrijednost za svaku promatranu skupinu za hipotezu H1

Hipoteza H1 da nošenje kirurške i FFP2 maske tijekom 15 i 60 minuta ne utječe na saturaciju hemoglobina kisikom potvrđena je prikazanim rezultatima.

**HIPOTEZA (H2) – Utjecaj kirurške i FFP2 maske na saturaciju hemoglobina kisikom ne razlikuje se obzirom na spol, naviku pušenja te kratkotrajnu tjelesnu aktivnost.**

U tablici 11. prikazana je analiza prema spolu i navici pušenja s mjerenjima saturacije hemoglobina kisikom bez maske, nakon 15 minuta nošenja maske i nakon 60 minuta nošenja maske te nakon fizičke aktivnosti.

Tablica 11. Analiza prema spolu i navici pušenja s mjerenjima saturacije hemoglobina kisikom bez maske, nakon 15 minuta nošenja maske i nakon 60 minuta nošenja maske te nakon fizičke aktivnosti

		Bez maske	15 minuta maska	60 minuta maska	Fizička aktivnost	
spol	muški	N	43	68	68	48
		prosječna vrijednost	95,91	96,12	96,22	96,13
		standardna devijacija	1,616	1,204	1,423	1,658
	ženski	N	54	82	81	56
		prosječna vrijednost	95,93	96,45	96,77	96,36
		standardna devijacija	2,214	1,467	1,559	1,645
	ukupno	N	97	150	149	104
		prosječna vrijednost	95,92	96,30	96,52	96,25
		standardna devijacija	1,961	1,360	1,518	1,647
navika pušenja	da	N	41	50	50	42
		prosječna vrijednost	96,32	96,32	96,56	96,40
		standardna devijacija	1,254	1,186	1,445	1,668
	ne	N	56	100	99	62
		prosječna vrijednost	95,62	96,29	96,49	96,15
		standardna devijacija	2,316	1,445	1,561	1,638
	ukupno	N	97	150	149	104
		prosječna vrijednost	95,92	96,30	96,52	96,25
		standardna devijacija	1,961	1,360	1,518	1,647

Kod ispitanika muškog spola, prosječna vrijednost mjerenja bez maske iznosi 95,91% (43 ispitanika), nakon nošenja maske 15 minuta iznosi 96,12% (68 ispitanika), nakon nošenja maske 60 minuta iznosi 96,22% (68 ispitanika) te 96,13% nakon fizičke aktivnosti s maskom (48 ispitanika). Kod ispitanika ženskog spola, prosječna vrijednost mjerenja bez maske iznosi 95,93%

(54 ispitanika), nakon nošenja maske 15 minuta iznosi 96,45% (82 ispitanika), nakon nošenja maske 60 minuta iznosi 96,77% (81 ispitanik) i nakon fizičke aktivnosti iznosi 96,36% (56 ispitanika).

Od svih ispitanika, naviku pušenja ima njih ukupno 50. Mjerenje bez maske je izvršeno kod 41 ispitanika te prosječna vrijednost iznosi 96,32%. Kod mjerenja nakon 15 minuta nošenja maske, prosječna vrijednost je 96,32%, a nakon 60 minuta nošenja maske, prosječna vrijednost iznosi 96,56%. Nakon fizičke aktivnosti, prosječna vrijednost iznosi 96,40% (42 ispitanika). Naviku nepušenja ima ukupno 100 ispitanika. Mjerenje bez maske je izvršeno kod 56 ispitanika te prosječna vrijednost iznosi 95,62%. Kod mjerenja nakon 15 minuta nošenja maske, prosječna vrijednost je 96,29%, a nakon 60 minuta nošenja maske, prosječna vrijednost iznosi 96,49% (99 ispitanika). Nakon fizičke aktivnosti, prosječna vrijednost iznosi 96,15% (62 ispitanika).

U tablici 12. prikazani su rezultat nakon provedenog Mann Whitney testa za hipotezu H2.

Tablica 12. Mann Whitney test za H2

		Bez maske	Fizička aktivnost s maskom
spol	Mann-Whitney U	1115,500	1247,000
	Wilcoxon W	2061,500	2423,000
	Z	-,340	-,643
	p vrijednost	,734	,520
navika pušenja	Mann-Whitney U	939,500	1163,000
	Wilcoxon W	2535,500	3116,000
	Z	-1,565	-,937
	p vrijednost	,118	,349

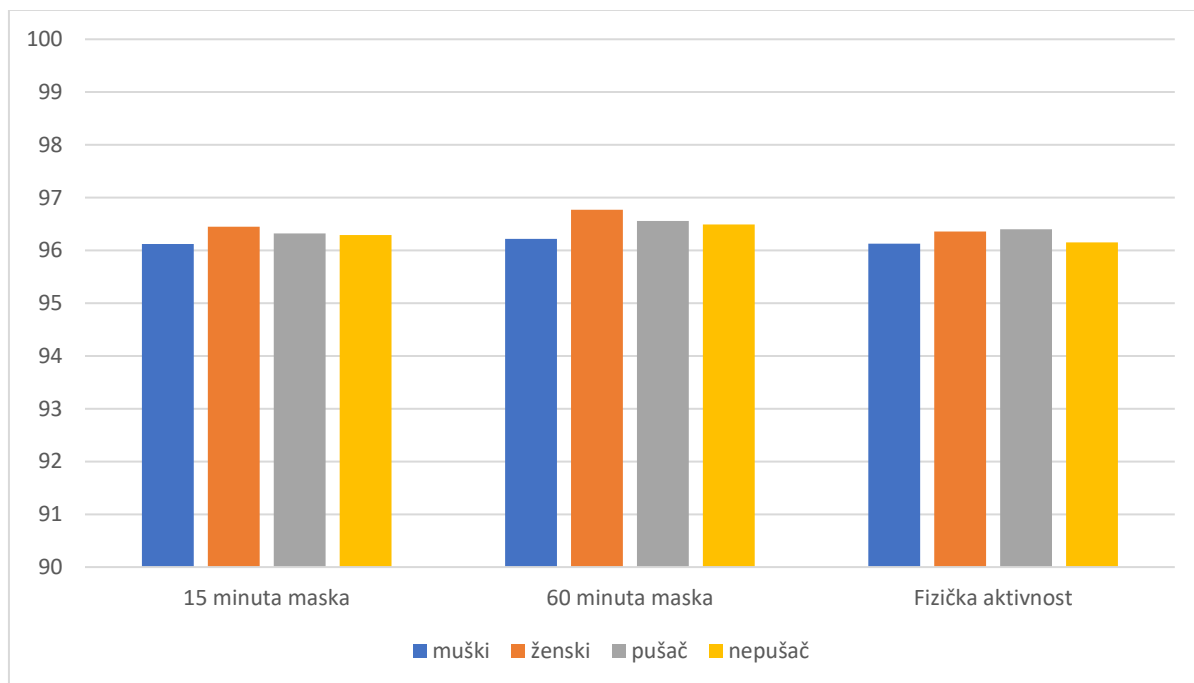


Pomoću Mann Whitney testa izračunata je p vrijednost za mjerenja skupine ispitanika prema spolu i navici pušenja bez maske u odnosu na fizičku aktivnost s maskom. Razina signifikantnosti, odnosno razina značajnosti testa postavljena je na  $\alpha = 0,01$ . Iz toga slijedi:

- $p_1$  (prema spolu bez maske):  $0,734 > 0,01$
- $p_2$  (prema spolu i fizičkoj aktivnost s maskom):  $0,520 > 0,01$
- $p_3$  (prema navici pušenja bez maske):  $0,118 > 0,01$
- $p_4$  (prema navici pušenja i fizičkoj aktivnost s maskom):  $0,349 > 0,01$

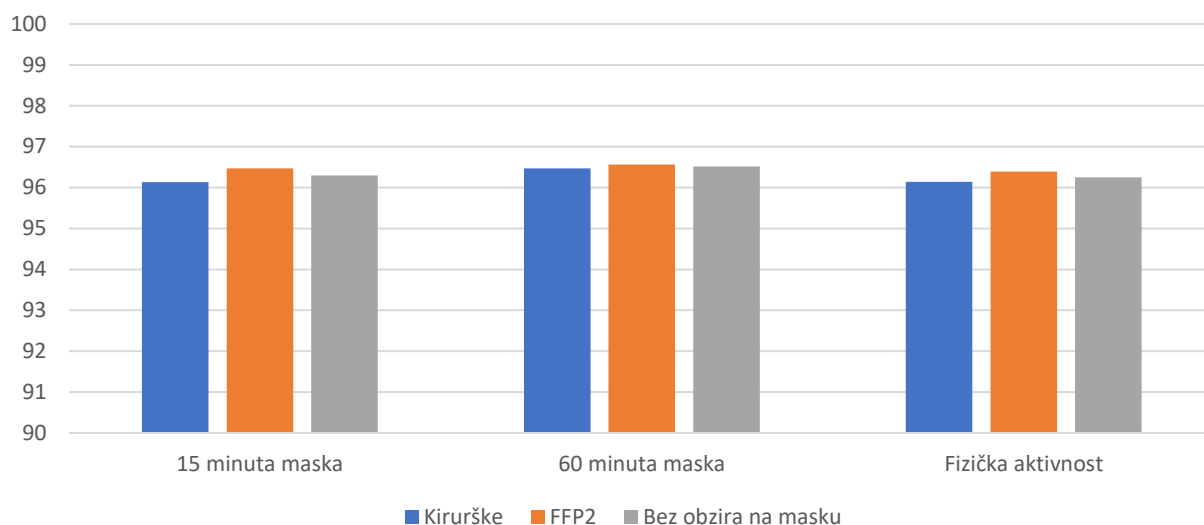
Kako su sve p vrijednosti veće od razine signifikantnosti, ne postoji statistička značajnost, odnosno u 99% slučajeva statistička značajnost ne postoji, dok u 1% slučajeva ona postoji.

Na Slici 17. grafički su prikazani rezultati srednjih vrijednosti mjerenja nakon 15 minuta, nakon 60 minuta i nakon fizičke aktivnosti prema spolu i navici pušenja bez obzira na vrstu maske.



Slika 17. Rezultati srednjih vrijednosti mjerenja prema spolu i navici pušenja bez obzira na vrstu maske za H2

Na Slici 18. grafički su prikazani rezultati srednjih vrijednosti mjerenja nakon 15 minuta, nakon 60 minuta i nakon fizičke aktivnosti prema vrsti maske te bez obzira na vrstu maske.



Slika 18. Rezultati srednjih vrijednosti mjerenja prema vrsti maske i bez obzira na vrstu maske za H2

U tablici 13. prikazana je usporedba svih ispitanika s mjerenjima nakon 15 i 60 minuta te nakon fizičke aktivnosti.

Tablica 13. Usporedba svih ispitanika s mjerenjima nakon 15 i 60 minuta te nakon fizičke aktivnosti

	N	Minimum	Maksimum	prosječna vrijednost	standardna devijacija
fizička aktivnost sa maskom	104	92	99	96,25	1,647
15 minuta maska	150	93	99	96,30	1,360
60 minuta maska	149	92	99	96,52	1,518

Mjerenje saturacije hemoglobina kisikom izmjerena je kod 104 ispitanika nakon fizičke aktivnosti s maskom, kod 150 ispitanika izmjerena je nakon 15 minuta nošenja maske te kod 149 ispitanika nakon 60 minuta nošenja maske. Minimalna vrijednost mjerenja nakon fizičke aktivnosti i nakon 60 minuta maske iznosi 92%, dok nakon 15 minuta iznosi 93%. Maksimum kod svih tri mjerenja

iznosi 99%. Prosječna vrijednost kod ispitanika nakon fizičke aktivnosti iznosi 96,25%, nakon 15 minuta maske iznosi 96,30% i nakon 60 minuta maske iznosi 96,52%. Standardna devijacija za fizičku aktivnost iznosi 1,647, za 15 minuta nošenja maske 1,360 i za 60 minuta maske iznosi 1,518. Na temelju prikazanih rezultata, sve prosječne vrijednosti su približne.

U tablici 14. prikazana je analiza o utjecaju fizičke aktivnosti s maskom na saturaciju hemoglobina kisikom u odnosu na saturaciju hemoglobina kisikom bez maske.

Tablica 14. Utjecaj fizičke aktivnosti s maskom na saturaciju hemoglobina kisikom u odnosu na saturaciju hemoglobina kisikom bez maske

		Bez maske	Fizička aktivnost s maskom	
spol	muški	N	43	48
		prosječna vrijednost	95,91	96,13
		standardna devijacija	1,616	1,658
	ženski	N	54	56
		prosječna vrijednost	95,93	96,36
		standardna devijacija	2,214	1,645
	ukupno	N	97	104
		prosječna vrijednost	95,92	96,25
		standardna devijacija	1,961	1,647
navika pušenja	da	N	41	42
		prosječna vrijednost	96,32	96,40
		standardna devijacija	1,254	1,668
	ne	N	56	62
		prosječna vrijednost	95,62	96,15
		standardna devijacija	2,316	1,638
	ukupno	N	97	104
		prosječna vrijednost	95,92	96,25
		standardna devijacija	1,961	1,647

Prosječna vrijednost za 43 ispitanika muškog spola u mjerenju saturacije bez maske iznosi 95,91%, a nakon fizičke aktivnosti s maskom za 48 ispitanika iznosi 96,13%. Prosječna vrijednost za 54 ispitanika ženskog spola u mjerenju saturacije bez maske iznosi 95,93%, a nakon fizičke aktivnosti s maskom za 56 ispitanika iznosi 96,36%. Prosječna vrijednost za 41 ispitanika koji imaju naviku

pušenja u mjerenju saturacije bez maske iznosi 96,32%, a nakon fizičke aktivnosti s maskom za 42 ispitanika iznosi 96,40%. Prosječna vrijednost za 56 ispitanika koji nemaju naviku pušenja u mjerenju saturacije bez maske iznosi 95,62%, a nakon fizičke aktivnosti s maskom za 62 ispitanika iznosi 96,15%. Za sve ispitanike, prema spolu i navici pušenja te nakon mjerenja bez maske, prosječna vrijednost iznosi 95,92%, a nakon fizičke aktivnosti iznosi 96,25%. Na temelju prikazanih rezultata, sve prosječne vrijednosti su približne.

Za prikaz rezultata za H2 korišteni su sljedeći parametri: spol, navika pušenja te mjerenje saturacije hemoglobina kisikom nakon fizičke aktivnosti s maskom. S obzirom na specifičnost mjerenja kod ispitanika, od ukupno 150 ispitanika, sva mjerenja su uspješno provedeno kod 104 ispitanika te su prikazani rezultati na temelju 104 ispitanika.

U tablici 15. prikazani su podaci koji se odnose na saturaciju hemoglobina kisikom nakon fizičke aktivnosti s maskom u odnosu na spol.

Tablica 15. Rezultati za H2

spol	N	prosječna vrijednost	standardna devijacija
muški	48	96,13	1,658
ženski	56	96,36	1,645
ukupno	104	96,25	1,647

Od 104 ispitanika kojima je izmjerena saturacija hemoglobina kisikom nakon fizičke aktivnosti, njih 48 bilo je muškog spola, a njih 56 bilo je ženskog spola. Standardna devijacija za muške ispitanike iznosi 1,658, dok za ženske ispitanice iznosi 1,645. Izračunata prosječna vrijednost dobro prikazuje rezultate. Prosječna vrijednost saturacije hemoglobina kisikom kod ispitanika muškog spola iznosi 96,13%, dok kod ispitanika ženskog spola iznosi 96,36%.

U tablici 16. prikazani su podaci koji se odnose na saturaciju hemoglobina kisikom nakon fizičke aktivnosti s maskom u odnosu na naviku pušenja kod ispitanika.

Tablica 16. Rezultati za H2

Pušač	N	prosječna vrijednost	standardna devijacija
da	42	96,40	1,668
ne	62	96,15	1,638
ukupno	104	96,25	1,647

Od 104 ispitanika kojima je izmjerena saturacija hemoglobina kisikom nakon fizičke aktivnosti, njih 42 bili su pušači, a njih 62 bili su nepušači. Standardna devijacija za ispitanike koji puše iznosi 1,668, dok za ispitanike koji ne puše iznosi 1,638. Izračunata prosječna vrijednost dobro prikazuje rezultate. Prosječna vrijednost saturacije hemoglobina kisikom kod ispitanika koji puše iznosi 96,40%, dok kod ispitanika koji ne puše iznosi 96,15%.

Nakon prikazanih rezultata u kojima su u odnos stavljeni spol, navika pušenja i fizička aktivnost s maskom, hipoteza H2 se u potpunosti potvrđuje. Spol, navika pušenja i fizička aktivnost ne utječu na saturaciju hemoglobina kisikom prilikom nošenja zaštitnih maski, bilo kirurške ili FFP2.

## 4. RASPRAVA

Tijekom mirovanja su uglavnom sve studije pokazale da maske ne utječu na SpO<sub>2</sub>, dok neke studije pokazuju da pri većoj fizičkoj aktivnosti maske smanjuju saturaciju. U ovoj studiji ispitanici su se podvrgnuli samo umjerenom, svakodnevnom fizičkom opterećenju (penjanje uz stube tri kata), a bili su uglavnom mlađe životne dobi, te se rezultati ne mogu ekstrapolirati na osobe starije životne dobi, te na osobe koje obavljaju intenzivnu fizičku aktivnost. Vrijednost je ove studije da je po prvi put ispitivanje učinaka maski provedeno na studentima, da su se analizirali učinci dvaju tipova maski, te da se analizirao učinak pojedinog tipa maske s obzirom na spol, pušenje i blagu fizičku aktivnost. Dobiveni rezultati i nalazi su u skladu s teorijskim očekivanjem s obzirom na veličinu molekule kisika i propusnost maski. Većina je studija provedena na zdravstvenim radnicima, a ova je prvi put provedena među studentskom populacijom na predavanjima/seminarima, a analizirani su učincima dva tipa maske. U pušača, koji inače imaju „zauzeti“ dio hemoglobina, koji ne veže kisik (karbaminohemoglobin) nisu ustanovljene patološke vrijednosti saturacije uz nošenje maski. Rezultati su mogli ovisiti o načinu postavljanja i nošenja maske, no svi su ispitanici bili instruirani i nadzirani tijekom nošenja maske, te su one pokrivala nos i usta. Maske mogu i psihološki utjecati na studente (nelagoda), no ovom studijom to nije ispitano. Ovo je prvo istraživanje kojim se pratio utjecaj maski na SpO<sub>2</sub> u studenata tijekom nastave, a zasebno se analizirao učinak dviju vrsti maski koje su bile preporučene tijekom pandemije.

Rezultati ove studije u skladu su prijašnjim studijama koje su ispitivale učinke nošenja maski u drugim populacijskim studijama. Međutim, neke su studije pokazale da nošenje maske može utjecati na određene respiracijske parametre, ali tijekom intenzivnije fizičke aktivnosti.

U studiji procjene učinaka maske N95 (FFP2) na SpO<sub>2</sub> na pružatelje stomatološke zdravstvene zaštite provedena je presječna opservacijska studija u veljači 2022. godine. Svrha te opservacijske studije bila je procijeniti učinke SpO<sub>2</sub> na uzorku stomatologa koji četiri sata nose masku N95 ili Filtering Face Piece (FFP2). Saturacija je mjerena pulsним oksimetrom prije nanošenja maske i ponovno nakon četiri sata rada. Završna analiza provedena je na 147 vraćenih održivih upitnika putem Google obrasca. Za cijelu populaciju uzoraka osnovna zasićenost bila je  $98,6 \pm 1,2$ , a nakon četiri sata nošenja maski došlo je do značajnog smanjenja zasićenosti kisikom

na  $97,0 \pm 2,9$  ( $p < 0,01$ ). Nema statističkih razlika u SpO<sub>2</sub> unutar različitih djelatnosti ili u različitim vrstama postupaka provedenih tijekom 4 sata. Otkucaji srca nisu se značajno razlikovali prije i poslije 4 sata u svim kategorijama. Tri najčešće prijavljene pritužbe bile su: umor (64%), glavobolja (36%) i vanjska bol u uhu (31%). Ova studija naglašava značajno smanjenje zasićenosti kisikom nakon samo 4 sata rada (osim pušača) tijekom nošenja FFP2 i potvrđuje raširene simptome umora, glavobolje i boli iza ušiju koje stomatološki stručnjaci doživljavaju (19). U našem provedenom istraživanju nema statistički značajnih razlika u saturaciji Hb kisikom izmjerenu pulsним oksimetrom u mladih zdravih ljudi tijekom mirovanja i blage fizičke aktivnosti, a razlike nisu zabilježene između muškog i ženskog spola te između pušača i nepušača.

U presječnoj studiji u kojoj su se proučavali učinci kirurških i FFP2/N95 maski za lice na sposobnost kardiopulmonalnog vježbanja u prosincu 2020. godine kvantificirali su se učinci nošenja maske (nm), kirurške maske (sm) i maske FFP2/N95 (ffpm) kod 12 zdravih muškaraca. Trideset i šest testova provedeno je randomiziranim redosljedom. Kardiopulmonalni i metabolički odgovori praćeni su ergo-spirometrijom i kardiografijom impedancije. Upitnikom je procijenjeno deset domena udobnosti/nelagode pri nošenju maske. Parametri plućne funkcije bili su znatno niži s maskom. Vršni odgovor laktata u krvi smanjen je maskom. Srčani izlaz bio je sličan s maskom i bez nje. Sudionici su izvijestili o dosljednoj i izraženoj nelagodi kod nošenja maski, posebno ffpm. Ventilacija, sposobnost kardiopulmonalnog vježbanja i udobnost smanjeni su kirurškim maskama i visoko narušeni maskama za lice FFP2/N95 kod zdravih osoba. U našoj studiji kod studenata zaključili smo da maske ne remete respiracijske procese u studenata tijekom praćenja nastave u obliku predavanja, seminara i vježbi (20), kao i tijekom blage aktivnosti, no temeljem dobivenih rezultata ne može se donijeti zaključak o učincima maski u slučajevima teže fizičke aktivnosti ili vježbanja.

U studiji "You can leave your mask on" iz 2021. godine proučavani su kardiorespiratorni parametri u mirovanju i tijekom maksimalnog napora kako bi se istaknule razlike s upotrebom zaštitnih maski. Kod 12 zdravih ispitanika provedena su tri identična testa kardiopulmonalnog vježbanja, jedan bez nošenja zaštitne maske, jedan s kirurškom maskom i jedan s filterom za lice (FFP2). Dispneja je procijenjena pomoću Borgove ljestvice. Također su provedeni standardni testovi plućne funkcije. Svi subjekti ( $40,8 \pm 12,4$  godina; šest muškaraca) završili su protokol bez nuspojava. Spirometrija je pokazala progresivno smanjenje forsiranog ekspiratornog volumena u

1 s (FEV1) i forsiranog vitalnog kapaciteta (FVC) od bez maske preko kirurške do FFP. Ventilacija u mirovanju, unos O<sub>2</sub> (V' O<sub>2</sub>) i proizvodnja CO<sub>2</sub> (V' CO<sub>2</sub>) bili su progresivno niži, uz smanjenje brzine disanja. Na vrhuncu vježbanja ispitanici su imali progresivno višu Borgovu ljestvicu kada su nosili kirurške i FFP2 maske. Sukladno tome, pri vrhuncu vježbanja, V' O<sub>2</sub>, ventilacija, brzina disanja i dišni volumen postupno su se smanjivali. Nije bilo značajne razlike u zasićenju kisikom kao ni u našem istraživanju. Zaštitne maske povezane su sa značajnim, ali skromnim pogoršanjem spirometrije i kardiorespiratornih parametara u mirovanju i pri najvećem naporu (21).

Također je provedeno jedno slično cross-over istraživanje u rujnu 2021. u Italiji gdje je svrha istraživanja bila istražiti utjecaj nošenja kirurških maski na kardiopulmonalnu funkciju zdravih ljudi tijekom vježbanja. Analizirani su fiziološki odgovori 71 zdravog ispitanika (35 muškaraca i 36 žena, dob  $27,77 \pm 7,76$  godina) kod vježbanja sa i bez kirurških maski. Kardiopulmonalna funkcija i metabolička reakcija mjerene su kardiopulmonalnim testom vježbanja (CPET). Svi testovi su provedeni nasumičnim redoslijedom. CPET-ovi s maskom na maski nisu bili željeni. Nošenje kirurških maski tijekom aerobnih vježbi pokazalo je određene negativne učinke na kardiopulmonalnu funkciju, posebice tijekom vježbi visokog intenziteta kod zdravih mladih ispitanika (22).

U studiji Katedre za medicinu zajednice Medicinskog fakulteta Sveučilišta Chiang Mai u svibnju 2022. proučavao se učinak respiratora N95 na fiziološki odgovor kisika i ugljičnog dioksida. U fizičkim aktivnostima visokog intenziteta, meta-analiza pokazala je granično nižu zasićenost kisikom i veći parcijalni tlak ugljičnog dioksida, ali zasićenost kisikom nije se promijenila u fizičkoj aktivnosti niskog do umjerenog intenziteta. Upotreba respiratora N95 mogla bi statistički utjecati na fiziološke promjene ugljičnog dioksida i kisika u tjelesnoj aktivnosti visokog intenziteta među zdravim sudionicima, ali to možda nije klinički značajno (23).

Na kineziološkom fakultetu u Kanadi u cross-over studiji u studenom 2020. željelo se dokazati da nošenje tkanine ili jednokratnih kirurških maski za lice nema utjecaja na snažne performanse vježbanja kod zdravih osoba. Proučavala se procjena učinaka nošenja kirurške maske, platnene maske ili bez maske kod 14 sudionika (7 muškaraca i 7 žena;  $28.2 \pm 8.7$  y) tijekom testa ergometrije ciklusa do iscrpljenosti. Zasićenost arterijskog kisika (pulsna oksimetrija) i indeks oksigenacije tkiva (pokazatelj zasićenja/desaturacije hemoglobina) na vastus lateralisu procijenjeni su tijekom ispitivanja vježbe. Nošenje maski za lice nije utjecalo na performanse. Kada se izražava



u odnosu na snažnije performanse vježbanja, nisu bile vidljive razlike između nošenja ili nenošenja maske na zasićenje arterijskog kisika, indeksa oksigenacije tkiva, ocjene percipiranog napora ili otkucaja srca u bilo kojem trenutku tijekom testova vježbanja. Nošenje maske za lice tijekom snažnog vježbanja nije imalo vidljiv štetan učinak na oksigenaciju krvi ili mišića kod mladih, zdravih sudionika (24). Nije bilo značajne razlike u zasićenju kisikom kao ni u našem istraživanju.

Da nošenje kirurške maske za lice ima minimalan učinak na performanse i fiziološka mjerenja tijekom vježbanja visokog intenziteta kod mladih hokejaša na ledu dokazivalo se također u Kanadi na Kineziološkom fakultetu tijekom rujna 2021. godine. Prijenos COVID-19 prevladava tijekom hokeja na ledu; međutim, nije poznato utječe li nošenje maski za lice na smanjeni učinak hokejaša. Korištena je randomizirana unakrsna studija za usporedbu nošenja kirurške maske s lažnom maskom (kontrolom) kod mladih hokejaša tijekom simuliranog hokejaškog razdoblja (ergometrija ciklusa; šest smjena od 20 s "lakog" pedaliranja (40% vršne snage), 10 s "tvrđog" pedaliranja (95% vršne snage), 20 s "lakog" pedaliranja, s pomacima odvojenim s 5 minuta odmora. Nisu pronađene razlike između maski i kontrolnih uvjeta te za otkucaje srca ili zasićenost arterijskim kisikom tijekom simuliranih hokejskih izvedbi. Nošenje maske za lice nije utjecalo na performanse kod hokejaša (25).

Proučavani su učinci nošenja različitih maski za lice na respiratorne simptome, zasićenost kisikom i funkcionalni kapacitet tijekom šestominutnog testa šetnje kod zdravih ispitanika u Tajlandu. Respiratorni simptomi (dispneja i napor disanja), zasićenost kisikom i drugi fiziološki parametri procijenjeni su prije i nakon svakog ispitivanja hodanja. Testovi su pokazali da nošenje platnene maske značajno povećava dispneju u usporedbi s nošenjem kirurške maske. Nošenje platnene maske također je značajno povećalo napor disanja u usporedbi s nošenjem kirurške maske i nenošenjem maske. Isto tako, nošenjem maske N95, napor disanja značajno se povećao u usporedbi s nošenjem kirurške maske i ne nošenjem maske. Zaključeno je da nošenje različitih maski tijekom izvođenja submaksimalne funkcionalne aktivnosti ne rezultira razlikama u funkcionalnim aktivnostima, zasićenosti kisikom, otkucajima srca ili krvnom tlaku. Međutim, nošenje platnenih maski i N95 maski rezultira respiratornim simptomima (26).

Raspravlja se o utjecaju maske na otpor u dišnim putovima i udisanje ugljičnom dioksida, što može utjecati na izmjenu plinova te izazivati nelagodu. Ukupno 23 zdravih ljudi (13 žena, 10 muškaraca) sudjelovala su u randomiziranom unakrsnom ispitivanju. Tijekom intervencija sudionici su nosili ili kiruršku masku za lice, filter za lice ili su bili bez maske. Intervencije su uključivale 20-minutno sjedenje i 20-minutno stacionarno kretanje na ergometru. Nijedna maska nije pokazala nikakav usporedni učinak na druge hemodinamske, metaboličke, subjektivne ili kognitivne ishode. Nošenje maske dovelo je do malo povećanog kardiovaskularnog stresa i povišene razine ugljičnog dioksida tijekom vježbanja, ali nije utjecalo na kognitivne performanse ili dobrobit stanja ljudi koji su sudjelovali u istraživanju (27).

Provedena je presječna studija zdravstvenih radnika koji nose različite vrste maski za lice tijekom uobičajenog tjeka dužnosti. Objektivno neinvazivno određivanje arterijske saturacije kisikom kod svakog ispitanika učinjeno je prijenosnim pulsni oksimetrom. Subjektivna samoprocjena globalne nelagode ocjenjivana je pomoću numeričke ljestvice od 11 točaka, od 0 (bez nelagode) do 10 (najgora zamisliva nelagoda). Također su procijenjeni elementi neugode koje je korisnik percipirao. Sedamdeset i šest zdravstvenih radnika završilo je studiju i nosili su maske u razdobljima od 68 do 480 minuta. Neudobnost doživljena korištenjem maske N95 bila je veća od kirurške maske. Nije primijećena značajna promjena u zasićenosti arterijske krvi kisikom s uporabom nijedne od vrsta maski. Čvrsto vezivanje maske N95 percipirano je kao doprinos nelagodi koja se javlja pri korištenju maske. Zaključeno je da su maske N95 stvarale veću nelagodu od kirurških maski, ali niti jedna od maski nije utjecala na zasićenje arterijske krvi kisikom zdravstvenih radnika (28).

U sustavnom pregledu s meta-analizom proučavan je utjecaj sveprisutnih maski za lice tijekom odmora, rada i vježbanja na izmjenu plinova, plućnu funkciju i fizičke performanse. Sudionici su morali biti zdravi ljudi stariji od 16 godina bez stanja ili bolesti koje su utjecale na plućnu funkciju ili metabolizam. Maske su dovele do smanjenja SpO<sub>2</sub> tijekom vježbe snažnog intenziteta. Zasićenost kisikom dobivena pulsnom oksimetrijom povećala se tijekom odmora kada su ispitanici postavili maske, dok je nošenje maske tijekom iscrpljujućeg vježbanja dovelo do smanjenog zasićenja kisikom (29).

Provedena je studija učinaka na oksigenaciju i status otkucaja srca oralnih kirurga tijekom operacije u veljači 2021. godine na Odjelu za inovativne tehnologije u medicini i stomatologiji, Italija. Cilj studije bio je izmjeriti status oksigenacije kirurga i nelagodu prije i nakon njihovih dnevnih rutinskih aktivnosti. Deset muških stomatologa specijaliziranih za oralnu kirurgiju i deset muških doktora dentalne medicine koji sudjeluju u magistarskim tečajevima oralne kirurgije na Odjelu za oralnu kirurgiju Sveučilišta Chieti, prosječne dobi  $29 \pm 6$  (27-35), sudjelovali su u studiji. Ovo je istraživanje provedeno kako bi se istražili učinci nošenja maski na status oksigenacije dok su oralni kirurzi aktivno radili. Korištene su jednokratne sterilne kirurške papirnate maske (Surgical Face Mask, Euronda, Italija) i FFP2 (Surgical Face Mask, Euronda, Italija), a položaj maske koja pokriva nos nije se mijenjao tijekom zahvata. FFP2 maska je bila prekrivena kirurškom maskom tijekom kirurškog liječenja. Pulsni oksimetar korišten je za mjerenje oksimetrijske saturacije krvi tijekom studije. Kod svih dvadeset kirurga koji su nosili FFP2 prekrivene kirurškim maskama, zabilježeno je smanjenje arterijske zasićenosti O<sub>2</sub> s oko 97,5% prije operacije na 94% nakon operacije s povećanjem broja otkucaja srca. Također su zabilježeni nedostatak daha i ošamućenost/glavobolje. U zaključku, nošenje FFP2 prekrivene kirurškom maskom uzrokuje smanjenje cirkulirajućih koncentracija O<sub>2</sub> bez kliničke važnosti, dok su zabilježeni povećanje frekvencije srca i osjećaj nedostatka zraka, vrtoglavica/glavobolja (30). Ispitan je učinak kirurške i FFP2 maske, za koje nije nađen utjecaj, no ova je studija pokazala da istovremeno nošenje obje smanjuje saturaciju.

## 5. ZAKLJUČAK

Ovom studijom je pokazano da kirurške i FFP2 maske ne utječu na saturaciju Hb kisikom izmjerenu pulsним oksimetrom u mladih zdravih ljudi tijekom mirovanja i blage fizičke aktivnosti, a razlike nisu zabilježene između muškog i ženskog spola te između pušača i nepušača. Stoga se može zaključiti da maske ne remete respiracijske procese u studenata tijekom praćenja nastave u obliku predavanja, seminara i vježbi. Međutim, ovi nalazi ne mogu se primijeniti na osobe sa akutnim kroničnim plućnim i kardiovaskularnim bolestima, niti na zdrave osobe pri dugotrajnijem i/ili intenzivnijem fizičkom naporu, budući da takvi slučajevi nisu uključeni u studiju.

## 6. LITERATURA

- 1) Tomljenović A. Vrste, primjenjivost i označivanje maski za lice u Republici Hrvatskoj tijekom pandemije COVID-19. *Kemija u industriji* [Internet]. 2021 [pristupljeno 06.06.2022.];70(7-8):419-428. <https://doi.org/10.15255/KUI.2021.021>
- 2) Regent A. Zaštitne maske za lice – medicinske i maske za građanstvo – kritički osvrt. *Sigurnost* [Internet]. 2020 [pristupljeno 25.06.2022.];62(4):413-415. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/248887>
- 3) R. Suman, M. Javaid, D. Nandan: Sustainability of Coronavirus on Different Surfaces, *Journal of clinical and experimental hepatology*, 2020, str. 386-390
- 4) S. Kumar, R. Nyodu, V.K. Maurya, S.K. Saxena: Morphology, genome organization, replication, and pathogenesis of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2(SARS-CoV-2). U S. K. Saxena (Ur.), *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*, 2020, str. 23–31
- 5) L. Jemersić: Coronaviruses - virues marking the 21st century, *Veterinarska stanica*, 2020, str. 229-239
- 6) R. Hilgenfeld, M. Peiris: From SARS to MERS: 10 years of research on highly pathogenic human coronaviruses, Elsevier, 2013, str. 286-295
- 7) Vince A. COVID-19, pet mjeseci kasnije. *Liječnički vjesnik* [Internet]. 2020 [pristupljeno 25.06.2022.];142(3-4):55-63. <https://doi.org/10.26800/LV-142-3-4-11>
- 8) S. Bajek, D. Bobinac, R. Jerlović, D. Malnar, I. Marić: *Sustavna anatomija čovjeka*. Digitalpoint, 2007
- 9) Car H. LJUDSKO TIJELO: PLUĆA I DISANJE. *Matka* [Internet]. 2012 [pristupljeno 25.06.2022.];20(79):168-168. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/81035>
- 10) A. C. Guyton, J. E. Hall: *Medicinska fiziologija*. Medicinska naklada. Zagreb, 2006.
- 11) Verbanac D, Perić M, Čipčić-Paljetak H, Matijašić M, Jurković S. Prehrana i zdravlje respiratornog sustava. *Medicus* [Internet]. 2013 [pristupljeno 25.06.2022.];22(2\_Respiratorni\_Konti):115-124. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/111753>

- 12) Jalušić Glunčić T. Važnost razumijevanja parametra plućne funkcije kod bolesnika s kroničnom opstruktivnom plućnom bolesti. *Medicina Fluminensis* [Internet]. 2012 [pristupljeno 25.06.2022.];48(2):179-185. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/84192>
- 13) <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-krvi-i-krvotoka/biologija-krvi/stanicni-sastojci>
- 14) (Ben J Wilson, Cowan HJ, Lord JA, Zuege DJ, Zygun DA. The accuracy of pulse oximetry in emergency department patients with severe sepsis and septic shock: a retrospective cohort study. *BMC Emerg Med.* 2010; 10:9.
- 15) Kipnis E, Vallet B. Tissue perfusion monitoring in the ICU. U: Webb A, Angus D, Finfer S, Gattinoni, Singer M, ur. *Oxford textbook of critical care.* 2. izd. Oxford: Oxford University Press; 2016. Str. 640-3)
- 16) <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/pulmologija/testovi-plucne-funkcije/pulsna-oksimetrija>
- 17) <https://www.zzzjdnz.hr/zdravlje/prevenција-zaraznih-bolesti/1368>, dostupno 15. 9. 2021.
- 18) Tomljenović A. Vrste, primjenjivost i označivanje maski za lice u Republici Hrvatskoj tijekom pandemije COVID-19. *Kemija u industriji* [Internet]. 2021 [pristupljeno 06.06.2022.];70(7-8):419-428. <https://doi.org/10.15255/KUI.2021.021>
- 19) Saccomanno, S., Manenti, R.J., Giancaspro, S. et al. Evaluation of the effects on SpO<sub>2</sub> of N95 mask (FFP2) on dental health care providers: a cross-sectional study. *BMC Health Serv Res* 22, 248 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07648-5>
- 20) Fikenzer, S., Uhe, T., Lavall, D. et al. Effects of surgical and FFP2/N95 face masks on cardiopulmonary exercise capacity. *Clin Res Cardiol* 109, 1522–1530 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00392-020-01704-y>
- 21) Massimo M., Elisabetta S., Fabiana DeM., Irene M., Paola G., Carlo V., Stefania F. „You can leave your mask on”: effects on cardiopulmonary parameters of different airway protective masks at rest and during maximal exercise. *European Respiratory Journal* Sep 2021, 58 (3) 2004473; DOI: 10.1183/13993003.04473-2020
- 22) Zhang G, Li M, Zheng M, Cai X, Yang J, Zhang S, Yilifate A, Zheng Y, Lin Q, Liang J, Guo L i Ou H (2021) Učinak kirurških maski na kardiopulmonalnu funkciju kod zdravih mladih ispitanika: Crossover studija. *Front. Physiol.* 12:710573. doi: 10.3389/fphys.2021.710573

- 23) Wangsan K, Sapbamrer R, Sirikul W, Panumasvivat J, Surawattanasakul V, Assavanopakun P. Effect of N95 Respirator on Oxygen and Carbon Dioxide Physiologic Response: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Jul 15;19(14):8646. doi: 10.3390/ijerph19148646.
- 24) Shaw K, Butcher S, Ko J, Zello GA, Chilibeck PD. Wearing of Cloth or Disposable Surgical Face Masks has no Effect on Vigorous Exercise Performance in Healthy Individuals. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Nov 3;17(21):8110. doi: 10.3390/ijerph17218110. PMID: 33153145; PMCID: PMC7662944.
- 25) Shaw KA, Butcher S, Ko JB, Absher A, Gordon J, Tkachuk C, Zello GA, Chilibeck PD. Wearing a Surgical Face Mask Has Minimal Effect on Performance and Physiological Measures during High-Intensity Exercise in Youth Ice-Hockey Players: A Randomized Cross-Over Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Oct 14;18(20):10766. doi: 10.3390/ijerph182010766. PMID: 34682512; PMCID: PMC8535201.
- 26) Dacha S, Chuatrakoon B, Sornkaew K, Sutthakhun K, Weeranorapanich P. Effects of wearing different facial masks on respiratory symptoms, oxygen saturation, and functional capacity during six-minute walk test in healthy subjects. *Can J Respir Ther*. 2022 Jun 22;58:85-90. doi: 10.29390/cjrt-2022-014. PMID: 35800851; PMCID: PMC9212081.
- 27) Grimm, K., Niederer, D., Nienhaus, A. et al. Blood gas levels, cardiovascular strain and cognitive performance during surgical mask and filtering face piece application. *Sci Rep* 12, 9708 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13711-2>
- 28) Arinze Duke George Nwosu et al. Oxygen saturation and perceived discomfort with face mask types, in the era of COVID-19: a hospital-based cross-sectional study. *Pan African Medical Journal*. 2021;39:203. [doi: 10.11604/pamj.2021.39.203.28266]
- 29) Engeroff, T., Groneberg, D.A. & Niederer, D. The Impact of Ubiquitous Face Masks and Filtering Face Piece Application During Rest, Work and Exercise on Gas Exchange, Pulmonary Function and Physical Performance: A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Med - Open* 7, 92 (2021). <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00388-6>
- 30) Scarano, A.; Inchingolo, F.; Rapone, B.; Festa, F.; Rexhep Tari, S.; Lorusso, F. Protective Face Masks: Effect on the Oxygenation and Heart Rate Status of Oral Surgeons during Surgery. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 2363. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052363>

## 7. POPIS SKRAĆENICA I AKRONIMA

<	manje od navedenog
>	više od navedenog
°C	celzijev stupanj
$\chi^2$	hi-kvadrat test ( $\chi^2_{df1}$ )
%	postotak
<b>CEN</b>	Europski odbor za normizaciju
<b>cm<sup>2</sup></b>	kvadratni centimetar; mjerna jedinica
<b>CO<sup>2</sup></b>	ugljikov dioksid
<b>COVID-19</b>	koronavirusna bolest (engl. <i>coronavirus disease</i> )
<b>CWA</b>	CEN Workshop Agreement; referentni dokument EU odbora za normizaciju
<b>EU</b>	Europska unija
<b>FFP</b>	Filtarske polumaske (engl. <i>Filtering Face Piece</i> )
<b>Hb</b>	hemoglobin
<b>HZJZ</b>	Hrvatski zavod za javno zdravstvo
<b>kPa</b>	kilopaskal; mjerna jedinica za tlak
<b>l</b>	litar; mjerna jedinica za volumen
<b>m</b>	metar, mjerna jedinica za duljinu
<b>mL</b>	mililitar; mjerna jedinica za volumen
<b>mm.</b>	lat. musculi; hrv. mišići
<b>µm</b>	mikrometar, jedinica duljine
<b>N</b>	broj ispitanika



<b>nm</b>	nanometar, mjerna jedinica
<b>lat.</b>	latinski jezik
<b>O<sup>2</sup></b>	kisik
<b>OZO</b>	osobna zaštitna oprema
<b>p</b>	vjerojatnost kontinuirane slučajne varijable
<b>PI</b>	perfuzijski indeks
<b>pO<sup>2</sup></b>	parcijalni tlak kisika
<b>pCO<sup>2</sup></b>	parcijalni tlak ugljikovog dioksida
<b>SaO<sup>2</sup></b>	invazivno mjerena arterijska oksigenacija
<b>SARS-CoV-2</b>	teški akutni respiratorni sindrom uzrokovan koronavirusom (engl. <i>Severe acute respiratory syndrome coronavirus</i> )
<b>SpO<sup>2</sup></b>	saturacija arterijske krvi kisikom
<b>SZO/WHO</b>	Svjetska zdravstvena organizacija (engl. <i>World Health Organization</i> )
<b>tj.</b>	to jest

## 8. ŽIVOTOPIS

Antonela Hren, rođena 20. veljače 1997. godine u gradu Zagrebu. Dolazi iz Hrvatskog Zagorja, točnije iz grada Donje Stubice. Osnovnu školu završila je u Osnovnoj školi Bedekovčina 2011. godine, nakon toga iste godine upisala je srednju školu za medicinsku sestru opće njege u Srednjoj školi Bedekovčina u trajanju od pet godina. Završila je preddiplomski stručni studij sanitarnog inženjerstva 2020. godine na Zdravstvenom veleučilištu Zagreb nakon čega je upisala diplomski sveučilišni studij sanitarnog inženjerstva na Medicinskom fakultetu u Rijeci. Tokom preddiplomskog studija stekla je iskustva i znanja kroz praktični dio na Zavodu za javno zdravstvo Krapinsko – zagorske županije, točnije na higijensko – epidemiološkom odjelu u gradu Zaboku. U sklopu praktične nastave na diplomskom studiju stekla je znanja i vještine rada na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda na Vodoopskrbi i odvodnji Zaprešić.