

# "Poznavanje važnosti određivanja maksimalno dozvoljene granice neinvazivne oksigenacije kod hitnog bolesnika"

---

**Bačić, Nevena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of  
Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:133745>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ SESTRINSTVO

NEVENA BAČIĆ

**Poznavanje važnosti određivanja maksimalno dozvoljene granice  
neinvazivne oksigenacije kod hitnog bolesnika**

**ZAVRŠNI RAD**

DUBROVNIK, 2021.

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ SESTRINSTVO

**Poznavanje važnosti određivanja maksimalno dozvoljene granice  
neinvazivne oksigenacije kod hitnog bolesnika**

**Knowing the importance of setting the maximum allowed limit of non -  
invasive oxygenation in an emergency patient**

**ZAVRŠNI RAD**

KANDIDAT:

NEVENA BAČIĆ

MENTOR:

Izv.prof.dr.sc.

DUBRAVKA BARTOLEK HAMP,  
prim.dr.med

DUBROVNIK, 2021.

## SAŽETAK

Uvod: Kisik se primjenjuje kod hipoksemičnih bolesnika i kao takav je važan dio svakodnevne kliničke prakse, dijagnostičkih postupaka te bolničke i izvanbolničke terapije. Manje je poznat podatak da za vrijeme transporta kolima hitne pomoći čak 34% bolesnika prima kisik, dok prosječno svega 15-17% hospitaliziranih bolesnika primi kisik u određenom trenutku hospitalizacije. Nažalost, danas još uvijek postoji niz zablude o primjeni kisika. Među njima je mišljenje da se ne može dati previše kisika pa se niti ne shvaća opasnost od prekomjernog davanja kisika. Ne može se preglasiti važnost kisika u smislu spašavanja života, no potrebno je osvijestiti i njegove neželjene strane.

Cilj: Istražiti uobičajenu praksu primjene kisika vezanu uz odabrani način i vrstu oksigenacije kod pojedinih hitnih stanja bolesnika među zdravstvenim osobljem na različitim radilištima.

Materijali i metode: Multicentrično istraživanje je provedeno na 129 ispitanika, putem anonimne, online ankete u razdoblju od 3 mjeseca. Svi ispitanici su pristupili dobrovoljno online anketnom upitniku. Ispitanici su bile odrasle osobe, oba spola, zaposleni na različitim radilištima. Upitnik se sastojao od 30 pitanja. Prikupljeni podaci su obrađeni u obrascu online upitnika "Google Forms". Prikupljeni podaci su prikazani grafikonima, tablično i numerički. Razlika rezultata, uspoređena statističkom analizom (Hi-kvadrat test) iz frekvencija, prihvaćena je kao signifikantna uz značajnost manju od 0.05 ( $P < 0.05$ ).

Rezultati: U istraživanju je sudjelovalo 71,3% ženskih ispitanika, te 28,7% muških ispitanika. Najveći broj ispitanika je u dobi od 26-39 godina. Raspoložive boce sa kisikom je navelo da ima 58,9% ispitanika. U transportnom vozilu 83,7% ispitanika može primijeniti kisik. Terapiju kisikom primjenjuje 82,2% ispitanika prema mjerenim vrijednostima periferne saturacije. Kod bolesnika bez kronične opstruktivne bolesti pluća (KOPB), podjednaki broj ispitanika još uvijek primjenjuje kisik uz saturaciju SpO<sub>2</sub> višu od 94%. (34,9%) dok kod bolesnika sa KOPB-om većina ispitanika primjenjuje terapiju kisikom prema preporuci BTA-a (SpO<sub>2</sub> 88-92%) tj. njih 94,1% ( $P < 0.05$ ). Najveći broj ispitanika bilježi početak i kraj terapije kisikom na listi bolesnika (73,6%) dok ih 26,4% još uvijek ne evidentira.

Rasprava: Pristup zdravstvenih djelatnika u primjeni terapije kisikom još uvijek nije ujednačen. Osobito se uočava razlika kada je riječ o postizanju tzv. ciljane saturacije kod bolesnika na oksigenaciji bez i sa KOPB-om. Gotovo svi zdravstveni djelatnici imaju

dostupan kisik. U svojem radu redovito evidentiraju primjenu terapije kisikom što je izrazito važno.

**Zaključak:** Primjena kisika je od osobitog značaja za bolesnike, osobito u izvanbolničkim uvjetima. Zdravstveni djelatnici su ukazali da posjeduju vrijedno znanje o primjeni terapije kisikom, kao i da prate suvremene smjernice u njegovoj primjeni. No, bez obzira na to saznanje i dalje mora postojati težnja unapređenju postojećih standarda u terapiji kisikom kao i konstantno provođenje edukacije iz područja primjene kisika.

**Ključne riječi:** hipoksemija, kisik, zdravstveni djelatnici, terapija.

## SUMMARY

**Introduction:** Oxygen is used in hypoxemic patients and as such is an important part of daily clinical practice, diagnostic procedures, and inpatient and outpatient therapy. Less well known is the fact that during transport by ambulance as many as 34% of patients receive oxygen, while on average only 15-17% of hospitalized patients receive oxygen at some point in hospitalization. Unfortunately, there are still a number of misconceptions about the use of oxygen today. Among them is the opinion that not enough oxygen can be given, so the danger of excessive oxygen supply is not even understood. The importance of oxygen in terms of saving lives cannot be overemphasized, nor is it necessary to raise awareness of its side effects.

**Objective:** To investigate the common practice in the application of oxygen related to the selected methods and type of oxygenation in individual emergencies of patients among emergency medical staff at different work sites.

**Materials and methods:** A multicenter study was conducted on 129 respondents, through anonymous, online surveys over a 3-month period. All respondents volunteered to access the online survey questionnaire. Respondents were adults, both sexes, employed in different work places. The questionnaire consisted of 30 questions. The collected data was processed in the online query form "Google Forms". The collected data are presented in graphs, tabular and numerical. Different results, compared by statistical analyzes (Chi-square test) from frequency, were accepted as significant with significance less than 0.05 ( $P < 0.05$ ).

**Results:** In the study have participated more female respondents (71.3%; male 28.7%). The largest number of respondents is aged 26-39.-Available oxygen cylinders were reported by 58.9% of respondents. In a transport vehicle, 83.7% of respondents can use oxygen. Oxygen therapy is used by 82.2% of subjects according to the measured values of peripheral saturation. In patients without chronic obstructive pulmonary disease (COPD), an equal number of subjects still administer oxygen with SpO<sub>2</sub> saturation greater than 94%. (34.9%) while in patients with COPD most subjects use oxygen therapy according to the recommendation of BTA (SpO<sub>2</sub> 88-92%), is 94.1% ( $P < 0.05$ ). The largest number of respondents recorded the beginning and end of oxygen therapy on the list of patients (73.6%), while 26.4% still do not register them.

**Discussion:** The approach of health professionals in the application of oxygen therapy is still not uniform. The difference is especially noticeable when it comes to achieving the so-called.

targeted saturation of patients on oxygenation. Almost all health professionals have oxygen available. In their work, they regularly record the application of oxygen therapy, which is extremely important.

Conclusion: The use of oxygen is of particular importance for patients, especially in outpatient settings. Healthcare professionals indicated that they have valuable knowledge about the application of oxygen therapy as well as that they follow modern guidelines in its application. No, regardless of this knowledge, there must still be a tendency to improve the existing standards in oxygen therapy as a constant implementation of education in the field of oxygen application.

Key words: hypoxemia, oxygen, health professionals, therapy.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	1
1.1. Osnovne kontroverze za i protiv primjene kisika	1
1.2. Suvremene kliničke smjernice za primjenu kisika	2
1.3 Put opskrbe tijela kisikom	4
1.6. Stanična respiracija	6
1.7. Mehanizam opskrbe tijela kisikom	8
1.8. Metode mjerenja razine kisika u tijelu	8
<b>1.8.1. Krivulja disocijacije oskihemoglobina (KDO)</b>	9
<b>1.8.2. Vrijednosti oksigenacije hemoglobina u perifernoj, arterijskoj i venskoj krvi</b>	10
<b>1.8.3. Metode mjerenja oksigenacije bolesnika u hitnoj medicini i transportu</b>	11
1.8.3.1. Pulsni oksimetar	11
1.8.3.2. Transportni aparat za analizu plinova u krvi	13
1.8.3.3. Prednosti i nedostaci mjerenja oksigenacije neinvazivnim (pulsni oksimetrom) i invazivnim pristupom (analiza plinova u krvi) kod hitnog bolesnika	13
<b>1.8.4. Poremećaji oksigenacije i načini njihovog ranog prepoznavanja</b>	15
<b>1.8.4.1. Hipoksemija, hipoksija i respiracijska insuficijencija</b>	15
<b>1.8.4.2. Hiperoksemija</b>	17
<b>1.8.4.3. Parametri pravovremenog prepoznavanja poremećaja oksigenacije</b>	17
1.9. Indikacije za primjenu kisika kod bolesnika u hitnoj medicini i transportu	19
<b>1.9.1. Načini primjene kisika</b>	20
<b>1.9.2. Neinvazivni načini oksigenacije bolesnika</b>	20
<b>1.9.3. Invazivni načini oksigenacije bolesnika</b>	22
<b>1.9.4. Skladištenje i opskrba kisikom hitnog izvanbolničkog bolesnika i bolesnika u transportu</b>	22
<b>1.9.5. Prijevoz i dostava kisika za vrijeme prijevoza pacijenta u vozilu hitne pomoći</b>	23



<b>1.9.6. Osobitosti izvanbolničke oksigenacije kod pojedinih hitnih stanja</b>	23
<b>1.9.7. Komplikacije primjene terapije kisikom</b>	26
<b>1.9.8. Opasnost od eksplozije kod primjene terapije kisikom</b>	26
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA</b>	27
<b>3. MATERIJALI I METODE</b>	27
<b>4. REZULTATI</b>	28
<b>5. RASPRAVA</b>	42
<b>6. ZAKLJUČAK</b>	44
<b>7. LITERATURA</b>	45
<b>8. KRATICE</b>	46

# 1. UVOD

## 1.1. Osnovne kontroverze za i protiv primjene kisika

Primjena kisika kod hipoksemičnih bolesnika, bilo kojeg uzroka nastanka hipoksije, je osnovna sastavnica svakodnevne kliničke prakse, dijagnostičkih postupaka te bolničke i izvanbolničke terapije. Manje je poznato da se prema učestalosti oksigenacija bolesnika ipak najčešće koristi u hitnoj medicini. Od svih ambulantnih bolesnika u tranzitu, uključujući i hitnu pomoć sa transportom čak 34% bolesnika prima kisik, dok prosječno svega 15-17% hospitaliziranih bolesnika primi kisik u određenom trenutku hospitalizacije (1,2).

Usprkos suvremenim saznanjima u medicini i dugotrajnoj primjeni kisika, još uvijek su prisutne zablude vezane uz njegovu sigurnu primjenu i među samim zdravstvenim djelatnicima. Jedna od njih je da se ne može dati previše kisika. Naime, ne shvaća se opasnost od posljedica hiperoksemije. Postoji niz dokaza u kojima se prikazuje štetnost neprimjerene upotrebe kisika. Između mnogih, hiperoksemija dovodi do koronarne vazokonstrikcije te utječe na otežanu isporuku kisika u srčani mišić (2). Prema drugoj zabludi smatra se da se primjenom kisika ublažava dispneja kod hipoksemije. Liječenje dispneje je kroz povijest obuhvaćalo terapiju uglavnom visokom razinom kisika neovisno o uzroku dispneje. I konačno, ne postoje dokazi o koristi oksigenacije bolesnika sa normalnom razinom arterijskog kisika, ili osoba koje su blago hipoksemične. Međutim, danas je nepobitna spoznaja da teška hipoksemija dovodi do smrti. Prema tome, ne smije se zaboraviti da kisik spašava živote uvijek kada se pravilno koristi. Najveća dobrobit primjene kisika i oksigenacije bolesnika je vezana uz liječenje dvaju kritičnih tj. vitalno ugrožavajućih stanja neovisno o uzroku koji je do njih doveo, hipoksemije te srčanog i respiracijskog zastoja (aresta) u postupku same reanimacije (1).

Kroz povijest, kisik se primjenjivao uz tri glavne indikacije od kojih je samo jedna zapravo opravdana. Prva indikacija je bila oksigenacija bolesnika radi korekcije hipoksemije. Druga indikacije je bila vezana uz primjenu kisika bolesnicima koji mogu postati hipoksemični. Danas je poznato da nije opravdana primjena kisika dokle god je razina kisika u arterijskoj krvi normalna iako postoji opravdana sumnja na mogućnost razvoja hipoksemije.

Treća indikacija je uključivala primjenu kisika radi ublažavanja kratkoga daha (tj. dispneje) kod bolesnika bez hipoksemije.

## **1.2. Suvremene kliničke smjernice za primjenu kisika**

Kako bi se preveniralo neracionalno korištenje kisika, 2008. godine u Velikoj Britaniji je osnovan odbor u sklopu Britanskog torakalnog društva (BTS eng. „The British Thoracic Society“) koji je izradio smjernice utemeljene na suvremenim kliničkim dokazima za primjenu kisika s osobitim osvrtom u pojedinim dijagnostičkim procedurama (bronhoskopiji, gastroskopiji), u kliničkim postupcima terapije kisikom kod bolesnika bez- i sa kroničnom bolesti pluća te posebno tijekom hitnih stanja bolesnika. To je ujedno bila prva svjetska smjernica za terapiju kisikom u hitnoj medicinskoj pomoći (3).

2010. u Velikoj Britaniji je Nacionalna agencija za bolesnikovu sigurnost objavila podatke o devet smrtnih slučajeva koji su bili povezani uz primjenu terapije kisikom. Smatra se da se nekoliko tisuća smrtnih slučajeva u Velikoj Britaniji moglo prevenirati pravilnim indikacijama i kontrolom primjene kisika kod bolesnika. Propisivanje, odabir i praćenje terapije kisikom je i danas još uvijek manjkavo, nedovoljno objektivizirano i dokumentirano te nerijetko primjenjivano ovisno o raspoloživim resursima, što za sobom povlači i manje odgovarajući način (1).

Smjernice za primjenu kisika u hitnim stanjima imaju za svrhu prevenciju i racionalizaciju same primjene kisika kao i najoptimalnije metode primjene terapije kisikom o čemu će kasnije biti riječi. Cilj ovih smjernica je također usmjeriti liječnike na primjenu kisika koja je prikladna i individualizirana za svakog bolesnika (2).

Prema BTS-u opće smjernice za primjenu kisika uključuju sljedeće:

Očekivana saturacija arterijske krvi kisikom kod zdravih osoba je SaO<sub>2</sub> 96-98%. Stabilni bolesnici koji održavaju saturaciju na toj razini ne trebaju suplementaciju kisikom. Preporučena ciljna saturacija kod bolesnika je 94 do 98% ako osoba nema kroničnu opstruktivna bolest pluća (KOPB). Kod bolesnika sa KOPB-om ciljnu saturaciju je potrebno održavati između 88-92% (Tablica 1). Prije primjene kisika potrebno je identificirati i procijeniti bolesnike prema od ranije prisutnim bolestima (2).

Primjena kisika se tretira kao primjena bilo kojeg drugog lijeka te se mora evidentirati i to: način primjene kisika (nazalni kateter, maska za lice i sl.), udio kisika

u udahnutom zraku ( $F_{iO_2}$ ), vrijeme započinjanja i prestanka potrebe terapije kisikom, kao i svaka promjena oksigenacije tijekom primjene.

Tablica 1: Referentne vrijednosti analize plinova u arterijskoj krvi

<b>Zasićenost kisika u arterijskoj krvi (<math>SaO_2</math>)</b>	<b>94-98%</b>
<b><math>SaO_2</math> kod hiperkapničnih bolesnika</b>	<b>88-92%</b>
<b>Parcijalni tlak kisika (<math>PaO_2</math>)</b>	>10 kPa (75 mmHg)
<b><math>PaO_2</math> kod hiperkapničnih bolesnika</b>	> 8 kPa (60 mmHg)
<b>Parcijalni tlak ugljičnog dioksida (<math>PaCO_2</math>)</b>	4,6-6,0 kPa (34-45 mmHg)
<b><math>PaCO_2</math> kod hiperkapničnih bolesnika</b>	>6.1 kPa (>45 mmHg)
<b>pH</b>	7,35-7,45
<b>Bikarbonati (<math>HCO_3</math>)</b>	22-26 mmol/l

Izvor: O'Driscoll B, Howard L, Davison A. Emergency oxygen use in adult patients: concise guidance. Clin Med. 2011.;11(4):372–5.

- a) Karakteristike primjene kisika u hitnoj medicini s osvrtom na transport i ulogu medicinske sestre

Primjena kisika je izrazito važna kod životno ugroženog bolesnika. Pravovremena oksigenacija bolesnika značajno može utjecati na ishod kliničkog stanja bolesnika (4). Uloga medicinske sestre prilikom transporta hitnog bolesnika je da u dogovoru sa liječnikom prije transporta osigura svu potrebnu opremu za oksigenaciju, kao i dovoljnu zalihu kisika u bocama ovisno o predviđenom trajanju transporta (rezervne boce). Medicinska sestra provjerava dostatnost sadržaja kisika u boci te sve priključne spojeve do bolesnika. Također otvara bocu s kisikom, namješta masku ili nazalni kateter za primjenu kisika, te preko popratnog neinvazivnog praćenja vrši nadzor vitalnih funkcija bolesnika uključujući i njegovu saturaciju. Medicinska sestra obavještava liječnika o svakoj značajnoj promjeni saturacije. Također brižno prati i bilježi od liječnika određeni protokol oksigenacije u datom vremenu. (5). Ukoliko je bolesnik pri svijesti medicinska sestra mu objašnjava sam postupak i pokušava ga

umiriti kako bi se održalo najbolje moguće spontano disanje ovisno o pridruženoj popratnoj bolesti.

- b) Važnost sestrinstva u edukaciji o pravilnoj primjeni opreme, načinu oksigenacije i dokumentaciji vođenja oksigenacije

Smjernice BTS-a vezane uz oksigenaciju bolesnika i ciljanu saturaciju dobile su još veće značenje tijekom pandemije COVID-a. Dosadašnja vrijedna saznanja i pristupi bolesnicima sa hipoksemijom polako se mijenjaju na temelju stečenih novih iskustava. Uloga sestrinstva je u edukaciji pravilnog načina provođenja oksigenacije od osobitog značenja.

### **1.3 Put opskrbe tijela kisikom**

Gotovo svaki organizam na zemlji za funkcioniranje treba kisik. Određeni ga dobivaju resorpcijom iz vode, dok drugi poput ljudi, udisanjem zraka. Energija ljudima dolazi iz hranjivih tvari, ali da bi se ta energija mogla pretvoriti u oblik energije koju stanica može iskoristiti potrebna nam je esencijalna molekula nazvana kisik. Kako bi tijelo dobilo kisik, respiratorni sustav, srce, stanice, arterije i vene moraju imati aktivnu ulogu. Potreban je funkcionalan dišni put koji će osigurati tijelu da neometano dobije kisik. Kisik udahom ulazi u tijelo kroz usta i nos, zatim prolazi kroz grkljan i dušnik u traheju do pluća i plućnih alveola okruženih gustom mrežom kapilara. Izvanredno tanki zidovi alveola dopuštaju kretanje molekula kisika iz alveola u krv kapilara, a ugljikovom dioksidu prelazak iz krvi kapilara u alveole. Krv bogata kisikom zatim iz pluća plućnim venama dolazi do lijevog srca koje pumpa krv dalje, te se arterijama dostavlja do svih stanica tijela. Nakon oksigenacije stanice, iz stanice venskim kapilarama izlazi ugljični dioksid koji se putem venske cirkulacije kroz gornju i donju šuplju venu vraća u desno srce, te iz desnog srca putem plućne arterije dolazi u plućni krvotok gdje kroz alveo-kapilarnu membranu prelazi u alveole te se izdahom izbacuje iz tijela (5).

## 1.4. Uloga disanja u opskrbi tijela kisikom

Razlikujemo dvije komponente procesa disanja- ventilaciju i respiraciju.

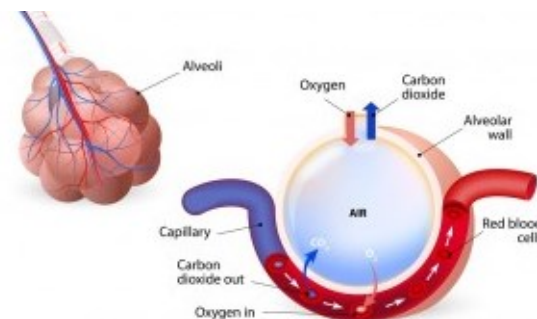
Ventilacija je proces kojim se izmjenjuje zrak između okoline i pluća zbog smanjenja tlaka: za vrijeme udaha (inspirija) tlak zraka u plućima se smanjuje zbog povećanja volumena koje nastaje širenjem prsnog koša te kisik u smjesi zraka ulazi u pluća, a u izdahu (ekspiriju) ošit se opušta, pluća se smanjuju, u njima raste tlak te CO<sub>2</sub> sa zastatnom smjesom zraka izlazi iz pluća. To je vrlo važan, kompleksan i prirodan proces izvan svjesne volje pojedinca. Kako bi se ovaj proces mogao ujednačeno odvijati potrebna je održanost pravilne frekvencije, dubine i snage disanja što čini osnovne parametre spontane ventilacije.

Respiracija je proces izmjene plinova između pluća i cirkulacije preko alveo-kapilarne membrane. Tada govorimo o plućnoj ili eksternoj respiraciji. Prijelaz kisika i plinova između krvi i stanica organizma naziva se internom respiracijom. Niz metaboličkih reakcija i procesa kojim dolazi do oslobađanja energije i popratnih metaboličkih produkata u samim stanicama nazivamo staničnom respiracijom (6).

## 1.5. Transport udahnutog kisika krvlju do stanica

Kisik prelazi iz alveola pluća u cirkulaciju preko alveolo-kapilarne membrane (Slika 1).

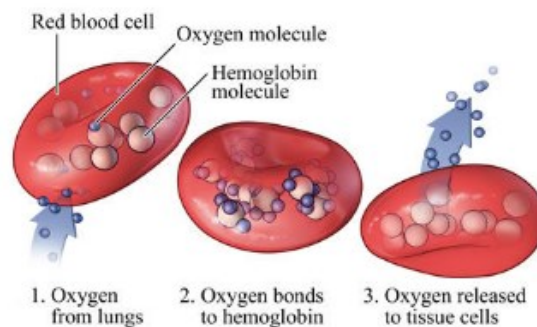
Slika 1: Gradijentom više koncentracije kisik iz alveola prelazi kroz alveolo-kapilarnu membranu u kapilare arterijskog dijela cirkulacije, a ugljični dioksid iz venskih kapilara u alveole.



Izvor:<https://www.pedilung.com/pediatric-lung-diseases-disorders/anatomy-of-a-childs-lung/alveolus-gas-exchange-pulmonary-alveolus/>)

Ulaskom kisika u arterijsku cirkulaciju, kisik se otapa u krvi samo u malim količinama nedostatnim za ukupnu potrebu organizma. Primarno, kisik ima visoki afinitet vezivanja za molekule hemoglobina u eritrocitima koje su glavni prenosači kisika. Hemoglobin je protein, sastavljen od četiri proteinska lanca. U središtu svakog lanca nalazi se željezo. Kisik se veže za svaki od četiri iona željeza molekule hemoglobina i cirkulira kroz tijelo do srca (Slika 2).

Slika 2: Vežanje kisika na molekulu hemoglobina na eritrocitima



Izvor: <https://www.krwg.org/post/science-digest-fetal-hemoglobin>

Lijevo srce pumpa oksigeniranu krv kroz cijelo tijelo do samih stanica u kojima se oslobađa iz hemoglobina, veže na stanične strukture i sudjeluje u procesu stanične respiracije (6).

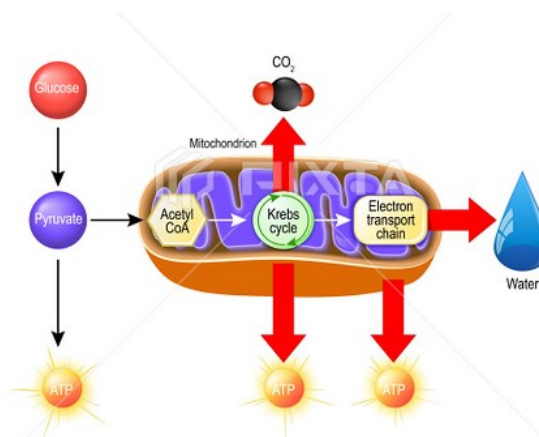
## 1.6. Stanična respiracija

Ovisno da li se u procesu stanične respiracije koristi kisik, razlikujemo anaerobni i aerobni metabolizam. U anaerobnom metabolizmu se ne koristi kisik, a rezultat ovakvog procesa je oslobađanje laktata kao popratnog nusprodukta. Za vrijeme intenzivnih napora tijelo brže troši kisik nego što ga unosi. Tako u najpotrebnijim stanicama dolazi dijelom do aktivacije anaerobnog metabolizma što rezultira povećanom produkcijom laktata. Nakupljanje laktata i nedostatak kisika su razlog umora mišića i otežanog disanja za vrijeme napornih vježbi.

Možemo reći da je kisik glavno „gorivo“ tj. vitalna supstancija u stanicama sisavaca i ljudi koja omogućava odvijanje životnih procesa. Stanice tijela kroz proces tzv. „stanične respiracije“ koriste kisik za izmjenu pohranjene stanične energije (glukoze) u najiskoristiviji

potrebni oblik energije (ATP, adenzin trifosfat) za potrebe jedne od različitih vitalnih funkcija (npr. snagu srčanog mišića). Oslobođena energija u stanici se također koristi i za neophodnu izmjenu tvari i energije kroz stanicu. Stanična respiracija je aeroban proces kojim se iz pohranjene glukoze oslobađa sva potrebna energija. Može se odvijati jedino uz prisutnost kisika i to kroz tri stadija: glikolizu, Krebsov ciklus i fosforilacijom transporta elektrona (Slika 3)(7).

Slika 3: Aerobni metabolizam: Kisik dopremljen arterijskom krvi ulazi u stanice, te se pohranjuje u mitohondrijima. Piruvat iz procesa razgradnje glukoze ulazi u mitohondrij, oksidira se uz pomoć kisika u Krebs-ovom ciklusu dajući energiju (ATP) te oslobađajući ugljični dioksid i vodu.



Izvor: <https://www.pixtastock.com/illustration/59289560>

Prva faza se naziva glikoliza i ona ne zahtijeva prisutnost kisika. Za vrijeme ove faze dolazi do razgradnje glukoze u piruvat. Oslobođena energija koristi se dalje za sintezu energijom bogatih spojeva adenzin trifosfata (ATP) i reducirani oblik nikotinamid adenin dinukleotida (NADH). Oslobođeni ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) se kao otpadni proizvod uklanja iz tijela. Druga faza se naziva Krebsov ciklus. On se sastoji od niza složenih kemijskih reakcija koje stvaraju dodatni NADH. Posljednja faza se naziva oksidacijska fosforilacija. To je najučinkovitiji metabolički put koji koristi energiju oslobođenu oksidacijom hranjivih tvari za sintezu energije ATP-a (7).



## 1.7. Mehanizam opskrbe tijela kisikom

Ljudsko tijelo zahtjeva vrlo preciznu regulaciju razine kisika u krvi. U tu svrhu raspolaže finim regulatornim mehanizmima koji održavaju specifičnu razinu u ravnoteži dostave i potrošnje kisika. Bilo koji poremećaj na putu dostave i razgradnje kisika može biti uzrokom hipoksemije (poremećaj regulacije disanja npr. koma, bolesti pluća npr. pneumonija ili KOPB, bolesti cirkulacije npr. embolija pluća, oslabljena kontrakcija srca, poremećaj vezivanja na hemoglobin npr. anemija, narušeni stanični metabolizam i/ili stanična respiracija npr. sepsa i sl).

Kada količina kisika padne (ili poraste) u krvotoku, karotidna tjelešca u karotidama koja su osjetljiva na pomanjkanje kisika šalju impulse preko karotidnog sinusa do živca odgovornog za povećanje (tj. smanjenje) stimulacije disanja (n. vagus) utječući na povećanje (tj. smanjenje) frekvencije disanja (8).

Za razliku od kisika, ugljični dioksid je proizvod metabolizma tijela. On iz krvotoka difuzijom kroz alveo-kapilarnu membranu prelazi u alveole pluća te se zatim izdahom eliminira iz tijela. On je dobro topljiv u krvi i prenosi se u tri oblika: bikarbonat (70%), otopljeni ugljični dioksid (10%), i vezan za hemoglobin (20%). Normalan raspon ugljičnog dioksida u arterijskoj krvi je od 4,6 do 6,1 kPa (34-46 mmHg). Povećana koncentracija ugljičnog dioksida dovodi do povećane ventilacije, povećanja njegovog klirensa iz pluća, a time i iz krvotoka. Sigurno uklanjanje ugljičnog dioksida jednako je važno kao i unos kisika (8).

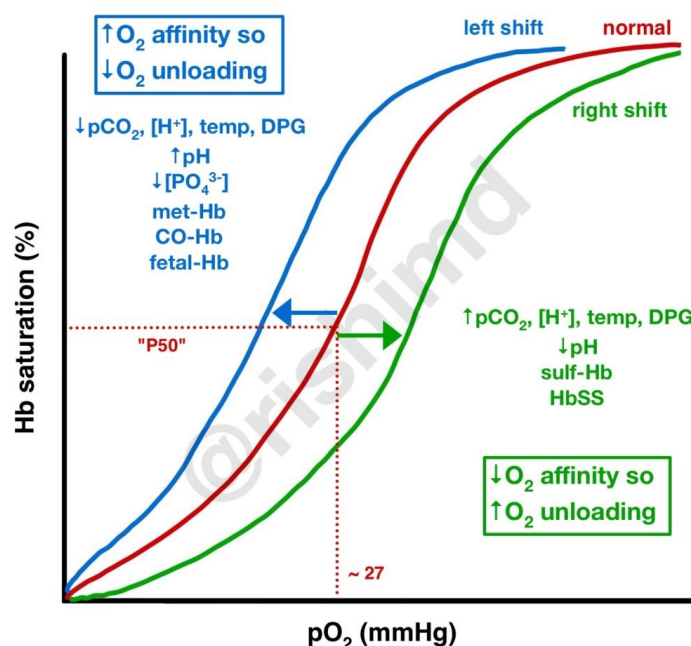
## 1.8. Metode mjerenja razine kisika u tijelu

Zasićenje kisika se može mjeriti u različitim tkivima (6). Razlikujemo invazivne (ABS=acido-bazni status tj. analiza plinova iz arterijske krvi, SvO<sub>2</sub>=oksigenacija hemoglobina u centralnoj veni ispred srca, SjO<sub>2</sub>=oksigenacija hemoglobina u bulbusu vene jugularis) te neinvazivne metode mjerenja razine kisika u tijelu SpO<sub>2</sub>=saturacija hemoglobina kisikom u perifernoj krvi (pulsni oksimetar), StO<sub>2</sub>=saturacija tkiva kisikom (infracrvena spektroskopija).

### 1.8.1. Krivulja disocijacije oskihemoglobina (KDO)

Sposobnost hemoglobina da veže kisik naziva se zasićenje hemoglobina kisikom (oksihemoglobin), a mjeri se direktno iz arterijske krvi ( $SaO_2$ ) (7). Odnos zasićenja hemoglobina kisikom i parcijalnog tlaka kisika u arterijskoj krvi ( $PaO_2$ ) naziva se disocijacija oksihemoglobina i prikazuje krivuljom. KDO pokazuje ravnotežu između vezanog udjela kisika na hemoglobinu (oksihemoglobina) s obzirom na različite vrijednosti parcijalnog tlaka nevezanog kisika u krvi (Slika 4).

Slika 4: Krivulja disocijacije oksihemoglobina.



Izvor: <https://rk.md/2017/oxyhemoglobin-dissociation-curve/>

U pojedinim stanjima organizma hemoglobin može pokazivati povećani (ili smanjeni) afinitet za vezivanje kisika te time doprinijeti pomaku KDO u desno (ili lijevo)(Slika 4).

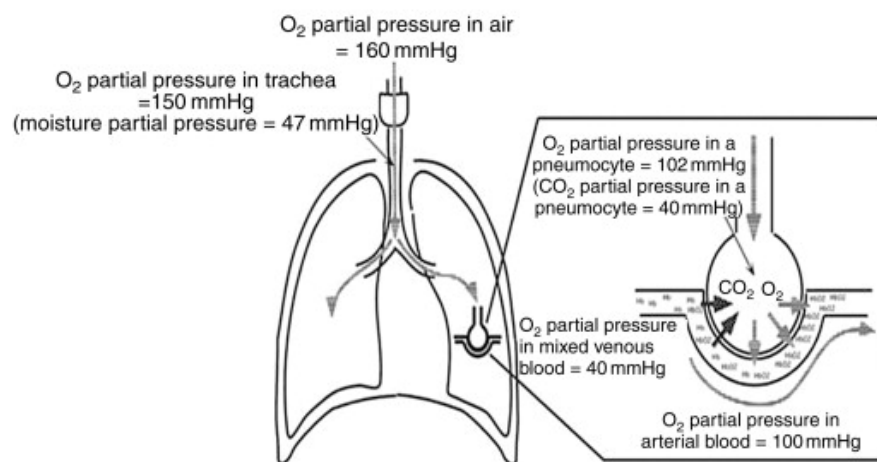
Čimbenici koji utječu na pomak KDO krivulje udesno su fiziološka stanja u tkivima kojima treba više kisika. Za vrijeme vježbanja mišići imaju veću brzinu metabolizma, stoga im je potrebno više kisika, s obzirom da tada proizvode više ugljičnog dioksida i mliječne kiseline (laktata), a temperatura im raste. Pomicanje KDO udesno (zelene krivulje) označava da je za postizanje slične razine zasićenja hemoglobina u usporedbi s osnovnom linijom (crvena krivulja) potreban veći  $PO_2$ . To znači da molekula hemoglobina ima manji afinitet

prema kisiku, i da može dopremiti veću količinu kisika na razini tkiva. Čimbenici koji stvaraju pomak udesno su: hipoksija i anemija. Pomicanje KDO ulijevo (plava krivulja) označava da  $PO_2$  može postići veću zasićenost hemoglobina u odnosu na osnovnu vrijednost. Hemoglobin ima veći afinitet prema kisiku i manje je spreman odreći se molekula kisika perifernim tkivima. Niz faktora utječe na pomak ulijevo: smanjena temperatura, alkalozna, smanjena razina ugljičnog dioksida. Methemoglobinemija je stanje u kojem dio željeza u hemoglobinu oksidira u stanje  $3+$  i ne može prihvatiti kisik, normalno stanje oksidacije je  $2+$ , te s time stvara pomak ulijevo. Iz toga razloga će se kisik čvršće vezati za područja koja imaju veći afinitet za pomak ulijevo. Kada normalan hemoglobin nije voljan prepustiti kisik perifernim tkivima, bolesnik će se činiti cijanotičan. Vrlo sličan problem se javlja s ugljičnim monoksidom, on se za hemoglobin veže 250 puta lakše nego li kisik, samim time smanjuje mjesta vezanja i krivulja se pomiče ulijevo. Fetalni hemoglobin se strukturno razlikuje od hemoglobina za odrasle i prilagođen je visokom afinitetu za kisik s obzirom da uteroplacentalna cirkulacija ima niske parcijalne tlakove kisika.

### 1.8.2. Vrijednosti oksigenacije hemoglobina u perifernoj, arterijskoj i venskoj krvi

Slijedeći put kisika iz pluća preko srca u arterijsku cirkulaciju do stanica organizma u kojima se vrši stanična respiracija, zasićenost hemoglobina kisikom pada (Slika 5)(Tablica 2).

Slika 5: Transport kisika ( $O_2$ ), i ugljičnog dioksida ( $CO_2$ ) preko pluća do krvi i obrnuto.



Izvor: <https://www.sciencedirect.com/topics/nursing-and-health-professions/oxygen-dissociation-curve>

Potrebno je napomenuti da je objektivno očitavanje analize plinova iz venske krvi samo ukoliko je saturacija hemoglobina u venskoj krvi >75%. Ukoliko se ona nalazi između 50-75%, venska krv će imati znatno niži pH i znatno više vrijednosti pCO<sub>2</sub>, a ukoliko je manja od 50% ovu procjena analize plinova iz venske krvi je potrebno izbjegavati.

Tablica 2: Normalne vrijednosti analize plinova u krvi

	Arterijska krv	Venska krv
pH	7.40	7.36
pO <sub>2</sub>	75-100 mmHg	35-40 mmHg
pCO <sub>2</sub>	35-45 mmHg	41-51 mmHg
HCO <sub>3</sub>	22-26 mEq/L	24-28 mEq/L
BE (višak baza)	-2 do 2	0 do 4
SaO <sub>2</sub>	≥ 95%	70-75%

Izvor: <https://pharmaceutical-journal.com/article/ld/oxygen-therapy-emergency-use-and-long-term-treatment#main-content>

### 1.8.3. Metode mjerenja oksigenacije bolesnika u hitnoj medicini i transportu

Dvije najčešće metode mjerenja oksigenacije kod hitnoga bolesnika uključuju:

#### 1.8.3.1. Pulsni oksimetar

Pulsni oksimetar je prijenosni, praktičan i neinvazivan uređaj koji se koristi za mjerenje postotka zasićenog hemoglobina u perifernoj krvi (SpO<sub>2</sub>). Osim toga mjeri i srčanu frekvenciju tj. broj otkucaja srca u minuti (Slika 6a). Zahvaljujući različitim modelima senzora (naljepnice, štikaljka i sl.) mjerenje se izvodi na perifernim dijelovima tijela (prstiju, uške, nosa, čela), no najčešće sa kažiprsta, srednjeg prsta i prstenjaka ruke. Pulsni oksimetar između dviju elektroda mjeri količinu apsorbiranog svjetla (crvenog i infracrvenog) u perifernim arterijama tijekom ciklusa pulsno vala tj. u sistoli (oksihemoglobin) i dijastoli

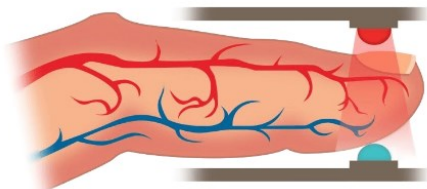
(deoksihemoglobina). Kako se oksihemoglobin i deoksihemoglobin razlikuju po apsorpciji svjetla, količina crvenih i infracrvenih zraka koje apsorbira krv je pokazatelj zasićenja hemoglobina kisikom (Slika 6b)(9). Dobivena vrijednost zasićenja hemoglobina kisikom pulsnom oksimetrijom je vrlo blizu vrijednosti dobivene analizom plinova arterijske krvi. Kako SpO<sub>2</sub> ovisi o vrijednosti hemoglobina, tlaku pulsno vala i cirkulaciji u perifernoj krvi sva stanja koja utječu na ove parametre utjecati će na objektivnost mjerenja. Stoga je mjerenje SpO<sub>2</sub> u ovim okolnostima nužno provjeriti analizom plinova arterijske krvi koji su svakako točniji.

Slika 6a: Pulsni oksimetar



Izvor: : <https://www.ortorea.hr/proizvodi/model-7500/>

Slika 6b: Princip rada pulsno oksimetra



Izvor: <https://hr.rayhaber.com/2020/12/pulse-oksimetre-nedir-nasil-calisir/>

### 1.8.3.2. Transportni aparat za analizu plinova u krvi

Iz uzorka venske ili arterijske krvi omogućava analizu plinova ( $\text{PaO}_2$ ,  $\text{PaCO}_2$ ), u krvi i u vanbolničkim uvjetima. Na brz i jednostavan način može se dobiti uvid u realnu sliku pacijentovog stanja i zasićenosti krvi s kisikom (10).

Slika 7: Transportni aparat za analizu plinova u krvi (Slika 7)



Izvor: <https://m.made-in-china.com/product/Promotion-Portable-Blood-Gas-Analyzer-Blood-Gas-Electrolyte-Analyzer-903440805.html>

### 1.8.3.3. Prednosti i nedostaci mjerenja oksigenacije neinvazivnim (pulsni oksimetrom) i invazivnim pristupom (analiza plinova u krvi) kod hitnog bolesnika

I pulsni oksimetar i analiza plinova u krvi imaju svoje tehničke i kliničke prednosti i nedostatke u mjerenju saturacije bolesnika osobito kod vitalno ugroženog bolesnika sa narušenom jednom ili više životnih funkcija kao i kod hitnog bolesnika i bolesnika u transportu.

Analiza plinova u krvi je zlatni standard, a pulsni oksimetar omogućuje uvid u  $\text{SpO}_2$  kao jedan od neinvazivnih postupaka koji su vrlo dostupni. Također omogućava kontinuirano mjerenje kisika u krvi. Objektivnost  $\text{SpO}_2$  mjerene preko pulsno oksimetra ovisi o mnogim kliničkim stanjima zbog kojih može prikazati nerealne vrijednosti, npr: prisustvo periferne vazokonstrikcije u stanjima šoka, hipotenzija, pothlađenost i/ili edem ekstremiteta, okluzija i/ili kompartment arterijske cirkulacije na ekstremitetu gdje se mjeri saturacija (npr. istostrana primjena tlakomjera, duboka opekline) i sl. O tim stanjima treba posebno voditi računa u interpretaciji  $\text{SpO}_2$  te procijeniti dali je ABS kod datog bolesnika sigurnija metoda.

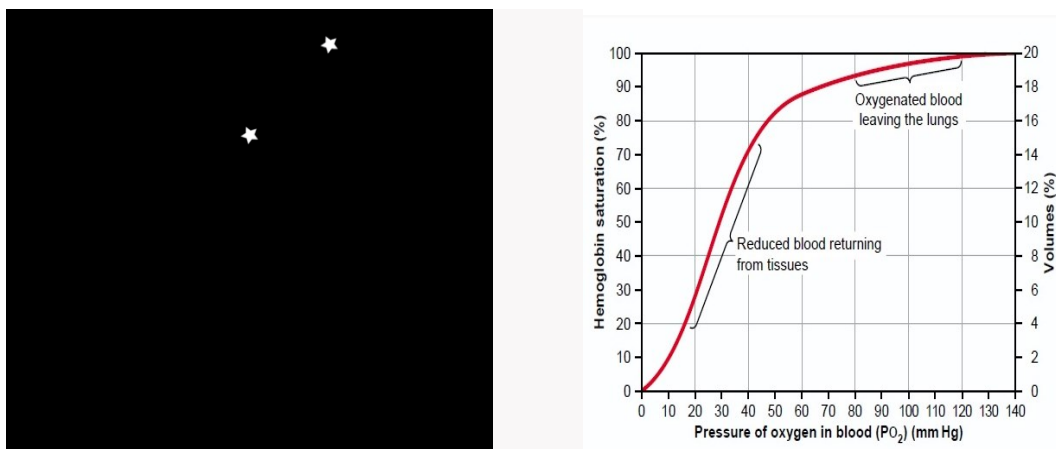
Kako je ABS analiza invazivna metoda zahtjeva i informiranost bolesnika o samom postupku. Iz istog razloga i uvijek kada su potrebne ponovljene punkcije postavlja se

arterijska kanila. ABS se za procjenu zasićenosti hemoglobina kisika koristi kod vitalno ugroženih ili hitnih pacijenata. Punkcija periferne arterije radi ABS-a je kod ugroženog bolesnika često otežana, što je glavna poteškoća kod reanimacije ili zbrinjavanja bolesnika na terenu ili u samom transportu. Pravilo je da se ABS učini najranije i kada samo stanje bolesnika to dopušta. ABS je u transportu metoda praćenja oksigenacije bolesnika koji se usprkos svim poduzetim mjerama teško oksigenira na visokim protocima kisika (npr. SARS-CoV2 bolesnici, bolesnici u transportu sa ECMO-om), a koji već imaju osigurani arterijski pristup.

#### 1.8.3.4. Korelacija saturacije pulsним oksimetrom (SpO<sub>2</sub>) i parcijalnog tlaka kisika (pO<sub>2</sub>) u arterijskoj krvi

Povezanost SpO<sub>2</sub> i arterijskog pO<sub>2</sub> se može pratiti standardnom krivuljom disocijacije oksihemoglobina (KDO). KDO prikazuje postotak vezivanja kisika za hemoglobin. U dosadašnjim studijama je pokazano da je SpO<sub>2</sub> > 90% povezana s arterijskim pO<sub>2</sub> >60mmHg u više od 94% bolesnika (Slika 8). Iz KDO se može uočiti koliko brzo pada kisik (pO<sub>2</sub>) ispod zasićenja od 90% (11).

Slika 8: Odnos vrijednosti saturacije pulsnog oksimetra i saturacije arterijske krvi



Slika 8A: Izvor: <https://airwayjedi.com/2015/12/09/difference-oxygen-saturation-pao2/>

Slika 8B: Izvor: [https://www.brainkart.com/article/Factors-That-Shift-the-Oxygen-Hemoglobin-Dissociation-Curve---Their-Importance-for-Oxygen-Transport\\_19574/](https://www.brainkart.com/article/Factors-That-Shift-the-Oxygen-Hemoglobin-Dissociation-Curve---Their-Importance-for-Oxygen-Transport_19574/)

Nagli pad zasićenja hemoglobina kisikom (SaO<sub>2</sub>) vezan je uz njegovu sposobnost brzog otpuštanja kisika prema stanicama i tkivima koja su tada slabije opskrbljena kisikom tj. u hipoksiji (Slika 8A). Minimalna koncentracija kisika koja još osigurava dovoljno kisika i kratko prevenira ishemiju u tkivima je PaO<sub>2</sub> od 60 mmHg. Kada O<sub>2</sub> padne ispod 90%, osoba

brzo ulazi u hipoksično područje. Ono što se želi je održati minimalno zasićenje kisikom iznad 90% i PaO<sub>2</sub> 60 mmHg. Za zasićenost od SaO<sub>2</sub> 100%, sadržaj arterijskog O<sub>2</sub> je >120-500 mmHg pa i viši za što nema potrebe, a vrijednost SaO<sub>2</sub> se i dalje održava na 100% uz široki visoki udio PaO<sub>2</sub> što može kod dugotrajnije primjene biti uzrokom hiperoksemije (Slika 8b).

#### **1.8.4. Poremećaji oksigenacije i načini njihovog ranog prepoznavanja**

U ljudskome tijelu, štetan i nepoželjan učinak na stanice i organizam ima jednako prevelika i premalena dostava količine kisika. Stanje kod kojeg u arterijskoj cirkulaciji nalazimo povišeni parcijalni tlak kisika nazivamo hiperoksemija, a sniženi hipoksemija.

##### **1.8.4.1. Hipoksemija, hipoksija i respiracijska insuficijencija**

Hipoksemija se definira kao niska koncentracija kisika u krvi u odnosu na koncentraciju kisika koji se udiše. Neovisno o uzroku nastanka (centralna inhibicija disanja, bolesti dišnog trakta i pluća, bolesti krvi, oštećenje celularne respiracije npr. toksemija stanice), napredovanjem bolesti i/ili neadekvatna oksigenacija bolesnika, hipoksemija će progredirati u oskudicu tkiva kisikom tj. hipoksiju. Hipoksija je stanje smanjene količine kisika u tkivima ili stanicama, što posljedično dovodi do poremećaja u radu organa, pa i do smrti. Hipoksija kod bolesnika zahtjeva liječenje kisikom; te je vrlo važno prepoznati uzrok hipoksije kako bi se odredila razina kisika, u određenim stanjima će pomoći viša razina kisika, dok kod određenih stanja kisik neće imati nikakav utjecaj (12).

Podjela uzroka hipoksije:

- Nedovoljna opskrba krvi u plućima zbog vanjskih utjecaja (nedostatak kisika u zraku, hipoventilacija)
- Plućne bolesti (zbog otpora u dišnim putevima, kod povećanog mrtvog prostora ili fiziološkog šanta)
- Nedovoljan prijenos kisika krvlju do tkiva (anemija, poremećaj cirkulacijskog sustava, određeni edemi ili lokalni poremećaji cirkulacijskog sustava)
- Smanjena mogućnost korištenja kisika u tkivima (kod određenih trovanja, ili poremećaja metabolizma) (12).



Hipoksija dovodi do smrti stanica u čitavom organizmu ako je dovoljno jaka, ako je slabija dovodi do poremećaja mentalne aktivnosti, može uzrokovati komu i smanjiti radnu sposobnost osobe (5).

Organizam nastoji pribaviti dovoljnu količinu potrebnog kisika u stanice povećanjem parametara disanja (frekvencije disanja i udahnutog volumena) i ubrzanjem cirkulacije (frekvencije srca, udarnog i minutnog volumena srca) na što dodatnim radom i sam troši više kisika. Ukoliko to stanje i dalje progredira bolesnik ulazi u respiracijsku insuficijenciju i/ili respiracijski zastoj. Do zatajenja dišnog sustava dolazi onda kada su niske razine zasićenja kisikom. Definiira se vrijednostima parcijalnog kisika  $<9\text{kPa}$  ili  $60\text{ mmHg}$  (saturacija približno 90%), s niskim ili normalnim parcijalnim tlakom razine ugljičnog dioksida. Druga vrsta zatajenja javlja se kod bolesnika s kroničnom opstruktivnom plućnom bolesti, dolazi do nemogućnosti uklanjanja ugljikovog dioksida, što dovodi do hiperkapnije, razina ugljikovog dioksida je iznad normalnog raspona, dok je razina kisika niska ili normalna. Višak ugljikovog dioksida posljedično može uzrokovati respiratornu acidozu (4). Zaključno, respiracijsku insuficijenciju definiramo svakim stanjem kod kojeg je prisutan najmanje jedan od faktora:

- $P_{\text{aO}_2} < 60\text{ mmHg}$ , što odgovara  $\text{SpO}_2$  90% tj. hipoksemija i/ili hipoksija
- $P_{\text{aCO}_2} > 50\text{ mmHg}$  uz  $\text{pH} < 7.35$  tj. pojava hiperkapnije
- P/F ratio ( $P_{\text{aO}_2}/\text{FiO}_2$ )  $< 300$  kod bolesnika na suplementaciji kisikom

Hiperkapnija je višak ugljikova dioksida u krvi. Javlja se kao samostalni poremećaj (ventilacijski ili metabolički) ili kao posljedica hipoksije uslijed hipoventilacije ili cirkulacijskog poremećaja. Uz zbrinjavanje osnovnog uzroka zbog kojeg se razvila hiperkapnija, potrebno ju je pokušati kupirati povećanom plućnom ventilacijom. Time dolazi do uklanjanja i bržeg prijenosa ugljikovog dioksida iz tkiva i iz krvi. Kako je prijenos  $\text{CO}_2$  tri puta veći od prijenosa kisika, za očekivati je da će se i hiperkapnija lakše zbrinjavati od hipoksije. No, u kliničkom tijeku bolesti hiperkapnija i hipoksija najčešće nisu izolirane pojave te često mogu biti komplicirane patologijom same bolesti i urušajem organizma. Visoka razina  $\text{CO}_2$  suprimira funkciju disanja te produbljuje bradipneju. Također suprimira i funkciju CNS-a uslijed čega bolesnik postaje najprije agitiran, izvan suvislog kontakta, a po tome somnolentan, soporozan sve do stanja kome. Neliječeno i/ili neprepoznato stanje teške hiperkapnije posljedično uzrokuje nagomilavanje  $\text{CO}_2$ , koji uzrokuje respiracijski zastoj i smrt bolesnika (5).

#### **1.8.4.2. Hiperoksemija**

Hiperoksemija se definira kao povećanje parcijalnog tlaka arterijskog kisika ( $\text{PaO}_2$ ) na razinu veću od 120 mmHg (16 kPa). Smatra se da je umjerena za 120-200 mmHg, a ozbiljna ako  $\text{PaO}_2$  prelazi 200 mmHg (27 kPa). Prekomjerna upotreba kisika može biti štetna osobito kod nedonoščadi i onih osoba koje zadržavaju ugljikov dioksid (kao što su bolesnici oboljeli od kronične opstruktivne plućne bolesti). Može utjecati na različite mehanizme, od vazokonstikcije i heterogenosti mikrovaskularnog protoka krvi do povećanog stvaranja reaktivnih vrsta kisika. Štetni učinci prekomjerne razine kisika najviše se odražava na mozgu i sustavnoj cirkulaciji. Hiperoksemija može uzrokovati cerebralnu vazokonstrikciju i napadaje, smanjuje minutni volumen i broj otkucaja srca, a povećava vaskularni otpor. Terapija kisikom je sigurna, no može uzrokovati određene nuspojave, kao što su: suh ili krvav nos, umor i jutarnje glavobolje. Simptomi toksičnosti kisika su: kašalj, blaga iritacija grla, bol u prsima, otežano disanje, omaglica, zamagljen vid, mučnina. Razina kisika ne smije prijeći 120 mmHg. Oštećenja mogu utjecati i na stanice u plućima, koje mogu biti reverzibilne.

#### **1.8.4.3. Parametri pravovremenog prepoznavanja poremećaja oksigenacije**

U kliničkoj je praksi od velikoga značenja pravovremeno prepoznavanje hipoksemije. Kod hitnih bolesnika na terenu i samom transportu do bolnice, hipoksemija se najčešće procjenjuje prema kliničkim simptomima te raspoloživim vrijednostima parametara koji su tada dostupni.

Parametri kojima procjenjujemo hipoksemiju uključuju  $\text{SpO}_2$ , kojom možemo indirektno procijeniti  $\text{PaO}_2$  i težinu hipoksemije, vrijednost dostave kisika bolesniku (L/min) iz koje možemo predvidjeti stvarni udio kisika u udahutoj smjesi ( $\text{FiO}_2$ ) te omjer  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  (tj. aktualnu vrijednost parcijalnog tlaka kisika u arterijskoj krvi i udjela kisika koji bolesnik udiše) iz kojega možemo ocijeniti težinu hipoksije bolesnika.

##### **1. Procjena udahnutog udjela kisika ( $\text{FiO}_2$ ) iz litara kisika koji bolesnik prima (L/min) u određenom vremenu**

Sobni zrak koji bolesnik udiše sadrži 21% tj.  $\text{FiO}_2$  je=21% ili 0.21. Prema KDO peterostruka vrijednost  $\text{FiO}_2$  odgovara  $\text{PaO}_2$  kisika u arterijskoj krvi tj. 105 mmHg. Svaka litra kisika koju dostavljamo bolesniku sadrži još 4% kisika. Tako preko npr. nazalnog

katetera (5L/min) bolesnik prima 41% udjela udahnutog kisika ( $41\% \text{ FiO}_2 = 21\% + 4\% \times 5$ ) sa očekivanim PaO<sub>2</sub> od 205 mmHg u arterijskoj krvi. Preko maske sa 10L/min kisika, bolesnik će udahnuti 61% udjela kisika ( $61\% \text{ FiO}_2 = 21\% + 10 \times 4\%$ ) uz predviđenim PaO<sub>2</sub> od 305 mmHg.

## 2. Procjena PaO<sub>2</sub> kisika u arterijskoj krvi iz FiO<sub>2</sub> i SpO<sub>2</sub>

Ukoliko u određenom trenutku nije raspoloživ ABS, okvirna procjena PaO<sub>2</sub> bolesnika uz KDO odgovara 5x uvećanoj vrijednosti primijenjenog postotka kisika koji dajemo bolesniku (FiO<sub>2</sub>) i jednostavno ju je izračunati. Korelacija FiO<sub>2</sub> 21% (uz atmosferski zrak) i PaO<sub>2</sub> može se pratiti prema KDO-u ili iz priložene tablice (Tablica 3). Zdrava osoba će tako, udišući atmosferski zrak (tj. 21% kisika tj. FiO<sub>2</sub> 21%), imati pet puta veći PaO<sub>2</sub> u arterijskoj krvi=105 mmHg što odgovara SpO<sub>2</sub> od oko 96.5%.

Tablica 2: Pretvorba vrijednosti SpO<sub>2</sub> (%) u PaO<sub>2</sub> (mmHg) uz sobni zrak (FiO<sub>2</sub> 21%)

<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85
<b>PaO<sub>2</sub> (mmHg )</b>	≥115	113	112	110	90	80	73	68	64	60	58	56	54	52	51	50

Izvor: <https://pharmaceutical-journal.com/article/ld/oxygen-therapy-emergency-use-and-long-term-treatment#main-content>

S druge strane ako npr. bolesnik koji udiše 50% kisika ima PaO<sub>2</sub>=100 mmHg što odgovara SpO<sub>2</sub> 97%, umjesto očekivanih PaO<sub>2</sub>=250, PaO<sub>2</sub> je još uvijek dovoljan da disanjem može osigurati oksigenaciju tkiva. Usprkos adekvatno održavanoj oksigenaciji tkiva i uz visoki udisajni udio kisika, ovaj bolesnik ipak još nije hipoksemičan, ali je u visokom riziku hipoksemije dokle god se ne riješi uzrok njezina nastanka. To stanje nazivamo tzv. relativnom hipoksemijom. I konačno, ukoliko kod istog bolesnika, uz isti udio udisajnog kisika (FiO<sub>2</sub> 50% i ranijih PaO<sub>2</sub> 100 mmHg umjesto 250 mmHg) PaO<sub>2</sub> padne na 50 mmHg

što odgovara oko SpO<sub>2</sub> 85%, govorimo o pogoršanju hipoksemije, no sada i o nedostatnoj opskrbi tkiva kisikom, tj. hipoksiji.

### 3. Značenje omjera PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>

Dijeljenjem aktualne vrijednosti parcijalnog tlaka kisika bolesnika u arterijskoj krvi sa udjelom kisika koji bolesnik udiše dobivamo tzv. omjer PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> ili P/F. Kod bolesnika koji udiše sobni zrak (FiO<sub>2</sub> 21%), PaO<sub>2</sub> je oko 105 mmHg, a P/F je 500 (100/0.21). Normalna vrijednost P/F omjera je  $\geq 400$ , a ekvivalentna je PaO<sub>2</sub>  $\geq 80$  mmHg što odgovara SpO<sub>2</sub>  $\geq 99\%$ . Bolesnik je uredne respiracijske funkcije.

Međutim, P/F omjer nam ukazuje i na stupanj ovisnosti bolesnika o suplementaciji kisikom bez testiranja bolesnika odvajanjem od kisika kao i na težinu same respiracijske insuficijencije. Ako bolesnik udiše kisik uz FiO<sub>2</sub> 0.5 uz SpO<sub>2</sub> 90%, očekivani PaO<sub>2</sub> je 58 mmHg, a P/F =116 tj. još uvijek je respiracijski insuficijentan (P/F  $\leq 300$ ). Ako bolesnika uz SpO<sub>2</sub> 94%, PaO<sub>2</sub> 113 mmHg i FiO<sub>2</sub> 0.4 (P/F=182) prebacimo na sobni zrak (FiO<sub>2</sub> 0.21) dobit ćemo niski P/F omjer (283 koji je  $\leq 300$ ) i mogućnost pogoršanja njegova stanja s obzirom da je još uvijek u opasnosti od hipoksemije. Ako kod tog istog bolesnika kisik postupno smanjimo sa 0.4 na 0,3 dobiti ćemo P/F od 376 koji osigurava respiracijsku postojanost sa nižom dozom još uvijek potrebne suplementacije kisikom.

### 1.9. Indikacije za primjenu kisika kod bolesnika u hitnoj medicini i transportu

Hipoksija tkiva se razvija pogoršanjem osnovnog stanja bolesnika, produbljenjem već postojeće hipoksemije, neadekvatnom oksigenacijom bolesnika ili preranim prekidanjem započete terapije kisikom.

Bez potrebne dostave kisika tijelu stanice mogu funkcionirati samo kroz ograničeni vremenski period. Tako npr. iznenadna izloženost niskim razinama kisika ispod 80% saturacije uzrokuje poremećeno mentalno funkcioniranje. Mozak je najosjetljiviji organ u nastaloj hipoksemiji, no niti drugi organi nisu manje osjetljivi. Dugotrajnija nestašica kisika neminovno dovodi do smrti stanice te po tome i do smrti organizma (4,5).

Indikacije za korištenje kisika su: respiracijsko zatajenje kod kojega je neadekvatna oksigenacija ili uklanjanje ugljičnog dioksida iz miješane venske krvi i liječenje ozbiljne hipoksemije koja je posljedica ishemijske bolesti srca, traume, sepsa i sl. (4).

### **1.9.1. Načini primjene kisika**

Od velike je važnosti pravovremena, ali i dostatna primjena kisika kroz točno određeno vrijeme. Prema smjernicama BTS-a danas se primjena kisika propisuje i bilježi u medicinskoj dokumentaciji kao svaki drugi lijek: doza davanja (udjelom postotka kisika u udahnuтой smjesi (FiO<sub>2</sub>), način primjene (nazalni kateter, maska, respirator) i vrijeme primjene.

Ukoliko je očuvano spontano disanje bolesnika, kisik se može primijeniti neinvazivnim načinom bilo niskim protokom kisika (5-15 L/min O<sub>2</sub>)(LFNO) preko nazalnog katetera, odnosno različitih maski, ili visokim protokom (20-60 L/min)(HFNO) uz pomoć posebnih aparata npr. za visokoprotočnu oksigenaciju, posebnim skafanderima sa kisikom i sl. (5). Pravilo je da se kod akutne hipoksemije koja još nije dijagnosticirana, počinje s maskom s rezervoarom na 15 L/min ako je početna saturacija ispod 85%. Ako je viša, stavlja se nosna kanila ili obična maska za lice (3). Kod respiracijske insuficijencije kod koje je već nastupio i poremećaj spontanog disanja biti će nužno pravovremeno primijeniti djelomično ili potpuno potpomognuto disanje (respirator).

### **1.9.2 Neinvazivni načini oksigenacije bolesnika**

#### **Maska s rezervoarom**

Maska s rezervoarom isporučuje kisik u koncentraciji između 60% do 90% kada se koristi pri protoku od 10 do 15 L/min. Koncentracija kisika ovisi o protoku kisika i načinu disanja pacijenta. Ove maske su vrlo su prikladne kod trauma i hitnih slučajeva (13).

#### **Obična maska za lice**

Maska za lice osigurava koncentraciju kisika između 40% do 60%. Koncentracija kisika se može podizati ili spuštati između 5 do 10 L/min . Može uzrokovati nakupljanje ugljikovog dioksida unutar maske, stoga nije prikladna za bolesnike s hiperkapnijom. Ne preporučuje se kod osoba kojima je potrebna niska razina kisika (13).

#### **Nazalni kateter**

Kod osoba kojima je potrebna niska i srednja doza kisika, primjenjuje se nazalni kateter. Osigurava se razina kisika od 1 do 4 L/min što je jednako od 24 do 40% kisika. Kisik se može

maksimalno povećati na 6 L/minuti, no tada će osjećati nelagodu i suhoću nosa, osobito ako se primjenjuje kroz nekoliko sati (13).

Prednosti nazalnog katetera u usporedbi s običnom maskom su: udobnost za pacijenta, podesiv protok doze kisika, manja učestalost osjećaja klaustrofobije, bolesnik može slobodno govoriti, financijski je isplativiji te je manja mogućnost zadržavanja ugljikovog dioksida. Najčešći nedostaci koji su prisutni kod nosnih katetera su: iritacija nosa, suha sluznica, laceracije sluznice, bol. Oksigenacija nosnim kateterom neće funkcionirati ako bolesnik ima začepljen nos iz bilo kojega razloga (13).

### **Venturijeva maska**

Osobitost venturijeve maske čini regulacija protoka i koncentracije kisika koja se vrši preko posebnih plastičnih nastavaka (regulatora) koji dolaze uz svaku masku. Nastavci su u različitim bojama, a označavaju količinu protoka (L/min) i koncentraciju kisika u udahnutom zraku u postocima npr. žuti nastavak u masci regulira 35% koncentraciju kisika i protok od 8 L/min. Venturijevom maskom je moguće postići koncentraciju kisika u udahnutom zraku ( $FiO_2$ ) od 24 do 60%, pri protoku od 2 do 15 L/min.

Venturijeva maska osigurava koncentraciju kisika od 24%, 28%, 35%, 40% i 60%. Ova maska je pogodna za sve bolesnike, osobito one koji zadržavaju ugljikov dioksid (kao što su bolesnici s kroničnom opstruktivnom plućnom bolesti) (13).

### **Oksigenacija bolesnika visokim protokom**

Primjena kisika s visokim protokom koristi se u jedinicama za intenzivno liječenje. Iako se koriste visoki protoci kisika do 60 L/min uz visoke udjele udahnog kisika (i do  $FiO_2$  100%), u krvi je potrebno težiti i održavati normoksemiju ( $PaO_2$  115-200 mmHg) kako bi se izbjegla hiperoksemija sa normalno neželjenim i nepotrebnim komplikacijama. Problem koji se može javiti je da pacijenti na pulsnoj oksimetriji imaju visoku razinu saturacije (98%), no pridruženi niski  $PaO_2$ , što zapravo ukazuje na pogoršanje bolesti koje je prikriveno visokim udjelom udahnutoga kisika koji se iz bilo kojeg razloga brzo troši iz cirkulacije i ne ugrađuje u stanice i tkiva u organizmu. Ovi bolesnici pokazuju sklonost naglom respiracijskom urušavanju sa brzim razvojem hipoksije (2).

### **1.9.3. Invazivni načini oksigenacije bolesnika**

Mehanička ventilacija – koristi se kod bolesnika koji imaju nedostatno spontano disanje ili kada izgube funkciju disanja. Iz toga razloga je potrebno bolesnika intubirati kako bi se mogla izvršiti mehanička ventilacija. Različiti modaliteti pružaju podršku bolesniku prilikom disanja, a kako se bolesniku poboljšavaju nalazi i vraća snaga, na respiratoru se mijenjaju načini provedbe respiracije i započinje se postupak odvajanja od respiratora.

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO) – se koristi kod bolesnika uz pomoć zatvorenog mehaničkog sistema izvan tijela bolesnika, krv se oksigenira pomoću membrane na uređaju, te kontinuirano cirkulira kroz uređaj i izvršava funkciju pluća koja to nisu u mogućnosti. To je posljednja alternativa oksigenacije bolesnika.

### **1.9.4. Skladištenje i opskrba kisikom hitnog izvanbolničkog bolesnika i bolesnika u transportu**

**Cilindrične boce** sa kisikom sadrže komprimirani kisik u plinovitom stanju koji se nalazi pod visokim pritiskom. Dolaze u različitim veličinama i kapacitetima, ovisno o potrebi. Tekući kisik se dobiva postupkom frakcijske destilacije zraka a nalazi se u tlačnim spremnicima (9).

**Mjerač protoka** Svaki sustav za dovod kisika mora imati sisteme pomoću kojih se regulira protok kisika koji se daje pacijentu. Većina mjerača protoka kisika se koristi s rotirajućim rotametrom koji označava brzinu protoka, ali i veličinu tlaka. Rotametar se usklađuje s odgovarajućom oznakom brzine protoka kisika koji želimo dostaviti bolesniku.

**Cijevi za kisik** osiguravaju spajanje mjerača protoka na izvor kisika sa regulatornim uređajem za isporuku kisika bolesniku (13).

#### **Korištenje ovlaženog kisika**

Gornji dišni put se normalno zagrijava i vlaži. Prilikom korištenja kisika s visokim protocima, ovlaživanje se koristi kako bi se smanjio osjećaj suhoće u gornjim dišnim putovima. Vlaženje može pomoći kod onih pacijenata koji imaju prisutan sekret ili imaju poteškoće s iskašljavanjem. Ovlaživanje kisika se široko primjenjuje kada god je to moguće u svih bolesnika na terapiji kisikom kako bi se smanjila nelagoda i osjećaj suhoće, te oštećenja sluznice. Provodi se na način da se kisik isporučuje kroz toplu ili hladnu vodu prije nego li

dode do pacijenta. Kod toga ostaje upitna korist vlaženja zraka i udobnosti pacijenta kao i povećani rizik od infekcije (13).

#### **1.9.5. Prijevoz i dostava kisika za vrijeme prijevoza pacijenta u vozilu hitne pomoći**

Prijevoz boca s kisikom u vozilu hitne pomoći podliježe Zakonu o prijevozu opasnih tvari. Cilindri sa kisikom moraju biti dobro osigurani i učvršćeni na odgovarajući način kako bi se vozilo hitne pomoći moglo kretati bez rizika. U blizini boca sa kisikom i primjene samog kisika, strogo je zabranjeno pušenje. Boce s kisikom je potrebno redovito provjeravati kako bi se uočili znakovi propuštanja. Osim toga nužno je spriječiti i izravan kontakt sa sunčevom svjetlosti. Na vozila koja prevoze kisik, uključujući kola hitne pomoći, potrebno je postaviti zeleni trokut kao znak upozorenja transporta komprimiranog plina. Boce sa kisikom moraju mijenjati samo one osobe koje su obučene za to (9).

Hitna pomoć je opremljena na način da može osigurati dovod kisika tokom cijelog putovanja pacijenta u vozilu hitne medicine. Osim u vozilu, hitna pomoć osigurava kisik i na lokaciji nesreće, ili u domu bolesnika.

Kisik u vozilu hitne pomoći omogućava i primjenu prijenosnog respiratora (9).

#### **1.9.6. Osobitosti izvanbolničke oksigenacije kod pojedinih hitnih stanja**

Kod svih bolesnika koji nisu u direktnoj opasnosti preporučuje se raspon zasićenja od 94 do 98%. Kod zdrave osobe koja nije pušač normalna razina je od 96 do 98% (5).

Kako osoba stari tako se i zasićenje kisikom smanjuje, stoga je kod osobe koja ima 70 godina zasićenje od 94% normalno, osobito ako boluje od bolesti pluća ili srca. Oni pacijenti koji su stabilni ne zahtijevaju terapiju kisikom (2).

Rizične skupine bolesnika su one koje boluju od kronične opstruktivne bolesti pluća (emfizem i kronični opstruktivni bronhitis), bolesnici sa cističnom fibrozom, poremećajima zida prsnog koša, bronhiektazijama, bolesnici nakon preboljelog teškog oblika COVID-a, teškom astmom, neuromuskularnim bolestima ali i pretilosti. Prije primjene kisika kod ovih bolesnika je potrebno identificirati i procijeniti njihovo aktualno stanje i kronične bolesti od kojih se liječe. (2). Naime, primijenjene visoke koncentracije kisika mogu utjecati i na pogoršanje njihovog osnovnog stanje te dovesti i do pogoršanja respiracije i smrtnosti. Kod bolesnika sa plućnim bolestima predlaže se raspon SpO<sub>2</sub> od 88 do 92%, a za preživljavanje kod pogoršanja ovih bolesnika dovoljna je saturacija od 85%. Kod svake promjene terapije



kisikom treba ponovno procijeniti stanje bolesnika i zasićenost kroz 30 do 60 minuta s ponovljenim plinskim nalazom arterijske krvi.

Kod bolesnika koji su dugogodišnji pušači ili imaju povijesti dispneje, preporučuje se pristup i liječenje kao da boluju od kronične opstruktivne bolesti pluća (2).

Istraživanje provedeno na intenzivnoj medicini ukazuje na srednje preživljenje sa zasićenjem arterijske krvi kisika od 90% (SaO<sub>2</sub> 90%) kod kritično ugroženog bolesnika, te se kod oksigenacije ovih bolesnika preporučuje održavanje zasićenja na toj razini. S obzirom da se uz ABS pulsnom oksimetrijom kontinuirano prati i periferna oksigenacija, preporučuje se održavanje zasićenosti od SpO<sub>2</sub> 94 do 98% što okvirno, kao i SaO<sub>2</sub> 90%, podržava jednak minimalni PaO<sub>2</sub> u arterijskoj krvi  $\geq$ od 100 mmHg.

Kisik je izrazito važan dio reanimacijskog procesa i stabilizacije bolesnika sa nestabilnim vitalnim funkcijama. Kod ovih bolesnika potrebno je zabilježiti parametre vitalnih funkcija (tlak, puls, temperaturu i frekvenciju disanja) te uz bol kao „peti vitalni znak“ i SpO<sub>2</sub> sa pulsnog oksimetra kao tzv. „šesti vitalni znak.“ Analiza plinova u arterijskoj krvi je rutinski postupak uz praćenje vitalnih funkcija u bolničkim uvjetima. Ukoliko je raspoloživ transportni ABS, poželjno ga je učiniti i u izvanbolničkim uvjetima te usporediti sa parametrima mjerenja neinvazivne oksigenacije. U početnom stadiju reanimacijskog postupka, kod bolesnika s teškom hipoksemijom, na početku se osigurava visoka koncentracija kisika. Kada su vitalne funkcije stabilizirane kod bolesnika je potrebno na temelju nalaza plinova iz arterijske krvi procijeniti potrebu za adekvatnim udjelom kisika u udahnujoj smjesi. Uzimanje uzoraka iz arterijske krvi za procjenu plinova, preporučuje se: kod svih kritično nestabilnih pacijenata, neprikladne ili neočekivane hipoksemije, kod pogoršanja zasićenja, kod povećane potrebe za kisikom ili pojave dispneje kod do sada stabilnih pacijenata, kod osoba koje su pospane, a sumnja se na hiperkapniju, kod bolesnika kod kojih postoji sumnja na metaboličku acidozu, trovanja, predoziranja lijekovima i drugim tvarima, te svakako ukoliko je bolesnik priključen na mehaničku potporu disanja (2).

Za vrijeme **kardiopulmonalne reanimacije** se primjenjuje 100% FiO<sub>2</sub> kisika sve do uspostave cirkulacije. Ukoliko neposredno po reanimaciji nastupi oporavak svijesti i spontanog disanja, prateći ABS bolesnika, koncentracija isporučenog zraka može se postići do 85% upotrebom sistema a rezervoarom i spajanjem na kisik s protokom od 15 L/min. Ukoliko bolesnik po uspostavi cirkulacije i dalje nije pri svijesti i/ili ne diše zadovoljavajuće samostalno, priključuje se na mehaničku potporu disanja uz FiO<sub>2</sub> prema aktualnim

vrijednostima PaO<sub>2</sub> iz arterijske krvi. U izvanbolničkim uvjetima se, uz raspoloživost samo pulsnog oksimetra a po postignutoj spontanoj cirkulaciji kod bolesnika bez svijesti primjenjuje viši postotak kisika kako bi se izbjegla opasnost od hipoksije. Kod toga FiO<sub>2</sub> kisika u udahnuтой smjesi treba prilagoditi tako da se SpO<sub>2</sub> održava od 94 do 98%, a kod pacijenata s plućnim bolestima od 88 do 92% (14). **Kod akutnog zatajenja srca** uvijek je poželjno razmotriti primjenu neinvazivne ventilacije ukoliko je očuvano spontano disanje bolesnika.

Kada je prisutna **anemija i/ili hematološke** bolesti, najvažnije je korigirati uzrok njihovog nastanka, a sama terapija kisikom nije prioritet.

Kod osoba sa **cerebrovaskularnim bolestima**, koje su imale moždani udar a nisu hipoksemične, terapija kisikom može biti i štetna.

Žene koje su doživjele traumu, sepsu ili određeno akutno stanje za vrijeme **trudnoće** trebaju održavati saturaciju kisika od 94 do 98%. Isti raspon je potrebno održavati kod žena koje su anemične za vrijeme trudnoće ili boluju od određenih hipoksemičnih stanja. Sve žene koje su trudne više od 20 tjedana moraju biti na lijevom boku kako bi se povećao srčani minutni volumen. Terapija kisikom se ne primjenjuje za vrijeme poroda kod onih žena koje nisu hipoksemične obzirom da može doći do negativnih utjecaja na dijete (1).

**Akutna astma**, upala pluća, rak pluća ili druge bolesti pluća, zahtijevaju masku s rezervoarom na 15 L ako je početna saturacija manja od 85%. Ako je saturacija veća može se staviti nazalni kateter ili obična maska (3). Astma se definira kao difuzna upala karakterizirana djelomično ili potpuno reverzibilnim bronhopstrukcijama. Danas je astma javnozdravstveni problem koji pogađa svaku zemlju bez obzira na stupanj razvijenosti. Pacijenti s teškom astmom obično ne pokazuju znakove oslabljene izmjene plinova, sve dok respiratorni sustav ne izgubi sposobnost kompenzacije. Oko 10 do 26% slučajeva pacijenata s akutnom astmom će imati hiperkapniju pri prijemu na liječenje (15).

Kod **pneumotoraksa** koji zahtjeva drenažu ako je pacijent hipoksemičan, potrebno je promatrati pacijenta i staviti ga na masku s rezervoarom od 15 L. Ako pacijent ne zahtjeva drenažu, ciljana saturacija je 98% (3). **Pleuralni izljev** količine između 500-1000 ml kod bolesnika ne uzrokuje hipoksemiju. Ukoliko on postane uzrokom hipoksemije rješava se pretežito uklanjanjem tekućine, a po tome i terapijom kisikom (3).

**Neurološke bolesti** koje uzrokuju neuromuskularnu slabost mogu zahtijevati ventilacijsku podršku. Kod ovih bolesnika vrlo je važan nadzor prilagodbe oksigenacije prema kontroli plinova u krvi (3).

Kod **otrovanja** lijekovima ili drugim tvarima, hipoksemija je vjerojatnija uz depresiju dišnog sustava. Najvažnije je primijeniti protuotrov ukoliko je raspoloživ i oksigenirati bolesnika prema vrijednostima SpO<sub>2</sub>. Oksigenaciju korigiramo odmah po dostupnosti ABS analize plinova u krvi koja nam ujedno omogućava korekciju ili isključenje hiperkapnije. S druge strane, važno je poznavati i uzrok trovanja. Ako se osoba npr. **otrovala** bleomicinom terapija kisikom može samo naštetiti plućima. Potrebno je izbjegavati kisik, te ga primijeniti samo ako je pacijent hipoksemičan uz ciljanu saturaciju od 85 do 88%.

### **1.9.7. Komplikacije primjene terapije kisikom**

Moguće komplikacije koje se mogu javiti kod dugotrajne primjene kisika su: apsorpcijska atelektaza, depresija cilijarnog aparata dišnih puteva i razvoj toksičnosti. Dugotrajna primjena većih koncentracija O<sub>2</sub> uzrokuje oštećenje pluća nalik ARSD-u. Kod prematurusa je potrebno izbjegavati PaO<sub>2</sub> >80mmHg zbog retinopatije. Može doći i do iritacije nazalne sluznice i kože oko nosa kao posljedica upotrebe nazalnog katetera.

### **1.9.8. Opasnost od eksplozije kod primjene terapije kisikom**

Primjena kisika je vezana za opasnost od eksplozije, stoga podliježe strogom nadzoru zaštite. Mjere predostrožnosti uključuju konstantnu provjeru ispravnosti boca sa kisikom, spojnice i ventila uređaja. Od osobite je važnosti da se boce s kisikom skladište izvan dosega bilo kakvog postrojenja s ložištem ili vatrom. Primjena kisika je radi sigurnosnih mjera ograničena na strogo određene indikacije (potvrđenoj hipoksemiji, postojećim visokim rizicima nastanka ili već potvrđenog prisustva tkivne hipoksije). Ako se primjenjuje terapija kisikom, potrebno je ograničiti FiO<sub>2</sub> na najnižu vrijednost kojom se postiže zadovoljavajuća saturacija. Primjenu terapije kisikom uz visoke protoke i visoki udio kisika u udahnuтой smjesi je potrebno ograničiti na što kraći vremenski interval.

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Cilj istraživanja je bio utvrditi praksu primjene kisika, vezanu uz odabrani način i vrstu oksigenacije kod bolesnika, među zdravstvenim osobljem na različitim radilištima i lokacijama.

## **3. MATERIJALI I METODE**

Istraživanje je obuhvatilo 129 ispitanika putem dobrovoljne, anonimne, online ankete u razdoblju od 3 mjeseca. Ispitanici su bile odrasle osobe, oba spola, zaposleni u zdravstvenom sustavu na različitim radilištima.

Upitnik se sastojao od 30 pitanja, od kojih je 9 pitanja obuhvaćalo demografske podatke o ispitanicima, a ostalih 21 je procjenjivalo znanje ispitanika o oksigenoterapiji. Upitnik je sastavljen od strane autora ovog rada. Upitnik se nalazi u prilogu (Prilog 1).

Prikupljeni podaci su obrađeni u obrascu online upitnika "Google Forms" i prikazani grafikonom ili tablicom. Učestalost događaja je prikazana na ukupan broj ispitanika (frekvencija) i izražena je u postotku (%). Značajnost razlike između dviju učestalosti utvrđena je uz pomoć Hi-kvadrat testa te prihvaćena kao signifikantna uz vrijednost P manju od 0.05 ( $P < 0.05$ ).

## 4. REZULTATI

Anketu je ispunilo 129 ispitanika. Sve ankete su ispravno ispunjene i uzete u obzir. U tablici 4. su prikazani demografski podaci ispitanika.

Tablica 4. Demografske osobitosti ispitanika

<b>Zdravstveni djelatnik na hitnom prijemu</b>	<b>Hitna medicinska pomoć sa transportom bolesnika</b>	<b>52,7%</b>
	Hitni bolesnički prijem Opće bolnice	34,9%
	Ambulanta obiteljske medicine	7,8%
	Hitni prijem Doma zdravlja	4,7%
<b>Stručna sprema</b>	Srednja sprema	32,6%
	Viša sprema	36,4%
	Visoka sprema	31%
<b>Spol</b>	Ženski	71,3%
	Muški	28,7%
<b>Životna dob</b>	18-25	27,9%
	26-39	51,2%
	40-54	16,3%
	55-70	4,7%
<b>Godine rada u zdravstvenoj djelatnosti</b>	Do 4 godine	34,1%
	5-14 godina	41,1%
	15-29 godina	20,9%
	30 i više godina	3,9%
<b>Moje radilište je vezano uz</b>	Udaljena, teže dostupna mjesta	32,6%
	Pristupačna, lako dostupna mjesta	67,4%
<b>Moje mjesto rada je</b>	Na otoku	9,3%
	Na selu	10,9%
	U gradu	61,2%
	U jednom od većih gradova	18,6%
<b>Moje radilište je do mjesta trajnog zbrinjavanja bolesnika</b>	100-300 km	11,6%
	50-100 km	15,5%

<b>udaljeno</b>	5-50 km	41,1%
	Manje od 5	31,8%
<b>Hitne bolesnike do mjesta trajnog zbrinjavanja najčešće transportiramo</b>	Kolima hitne pomoći	96,1%
	Brodom	0%
	Helikopterom	3,1%
	Avionom	0,8%

Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Istraživanje je obuhvatilo značajno veći broj ispitanika ženskoga spola (71,3%; muškarci 28,7%). Najveći broj ispitanika tj. 52,7% je bio zaposlen na hitnoj medicinskoj pomoći sa transportom (34,9% na hitnom prijemu opće bolnice, 7,8% radi u ambulanti opće medicine i 4,7% na hitnom prijemu doma zdravlja).

Ispitanici su prema završenom školovanju imali jednaku raspodjelu stupnja edukacije (32,6% srednja, 36,4% viša i 31% visoka stručna sprema).

Najveći broj ispitanika je bio u dobi između 26-39 godina (51,2%)(18-25 godina=27,9% ispitanika, 40-54 godina=16,3% ispitanika i 55-70 godina=4,7%).

Najveći broj ispitanika je prema mjestu rada bilo iz pristupačnih i lako dostupnih mjesta (67,4%)(32,6% ispitanika udaljeno i teško dostupno mjesto). Prema mjestu rada, najmanji je broj ispitanika bilo iz ruralnog područja (20,2%) tj. 9,3% sa otoka i 10,9% sa sela. Dominirali su ipak ispitanici iz gradskog područja (79,8%); tj. 61,2% ispitanika iz manjih gradova i 18,6% ispitanika u jednom od većih gradskih centara).

S obzirom na udaljenost ispitanika do najbliže bolnice, veći je broj ispitanika bio udaljen samo do 50 km (72,9%)(41,1% između 5-50 km, 31,8% do 5 km) u usporedbi na udaljenost >od 50 km (27,1%), 15,5% na udaljenosti od 50-100, 11,6% na udaljenosti od 100-300 km.

Najčešći transport bolesnika je bio kolima hitne pomoći (96,1%). Manje su bila zastupljena sva druga transportna sredstva (3,9%)(helikopter 3,1%, avion 0,8%), dok brod nije bio korišten niti kod jednog od ispitanik tijekom provođenja ankete.

Tablica 5. Dostupnost i primjena kisika na različitim radilištima

<b>Na radilištu je izbor kisika</b>	<b>Centralni izvor kisika</b>	<b>5,4%</b>
	Boce sa kisikom	58,9%
	Centralni izvor i boce s kisikom	34,9%
	Samo uz najavu primjene oksigenoterapije	0%
	Nije raspoloživ	0,8%
<b>U transportnom sredstvu kisik je:</b>	Uvijek dostupan	83,7%
	Dostupan uz prethodnu najavu	5,4%
	Uglavnom dostupan	10,1%
	Uglavnom nedostupan	0,8%
<b>Kisik primjenjujemo isključivo prema odredbi liječnika</b>	Da	67,4%
	Ne	32,6%
<b>Kisik se odmah primjeni, a kasnije korigira prema odredbi liječnika</b>	Da	51,9%
	Ne	48,1%

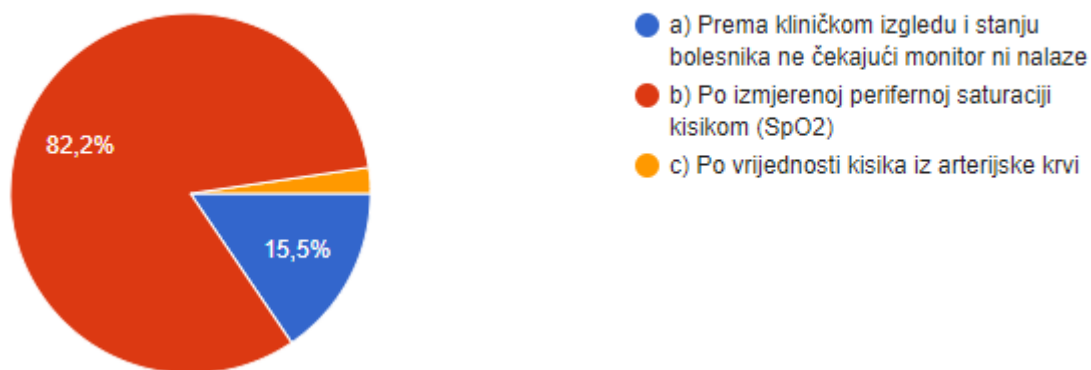
Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Najveći broj ispitanika ima na raspolaganju bocu s kisikom (58.9%). Centralni dovod kisika je bio dostupan kod 5,4% ispitanika, a 34,9% ispitanika je uz centralni dovod kisika imalo raspoloživu i bocu s kisikom. Kisik nije bio dostupan kod 0,8% ispitanika.

Za vrijeme transporta, kod 83,7% ispitanika kisik je uvijek dostupan, a kod 10,1% je bio uglavnom dostupan. Kod 5,4% ispitanika je potrebu za kisikom bilo potrebno najaviti unaprijed. Istom broju ispitanika koji nisu imali raspoloživi kisik na samom radilištu, je kisik bio nedostupan i za transport (0,8%).

Najveći broj ispitanika primjenjuje kisik uz odredbu liječnika (67,4%), dok 32,6% ispitanika ne čeka odluku liječnika. Među ispitanicima je bila podjednaka učestalost ispitanika koji odmah primjenjuju kisik uz naknadnu korekciju liječnika (51,9%) i onih koji kisik ne primjenjuje odmah (48,1%).

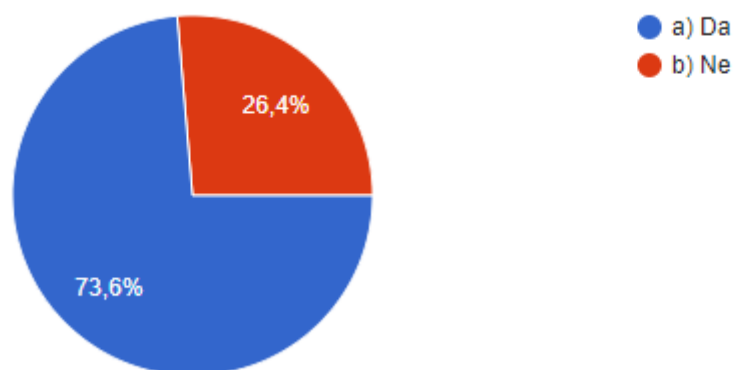
Grafikon 1: Primjena kisika prema kliničkim pokazateljima hipoksije i/ili mjerenim vrijednostima saturacije kisikom



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Najveći broj ispitanika primjenjuje terapiju kisikom prema izmjerenoj perifernoj saturaciji (82,2%). Vrijedno je istaknuti da je 15,5% ispitanika moglo primijeniti kisik samo na temelju kliničkog izgleda bolesnika, te da je samo 2,3% ispitanika imalo raspoloživi aparat za ABS iz arterijske krvi.

Grafikon 2: Učestalost dokumentiranja trajanja terapije kisikom

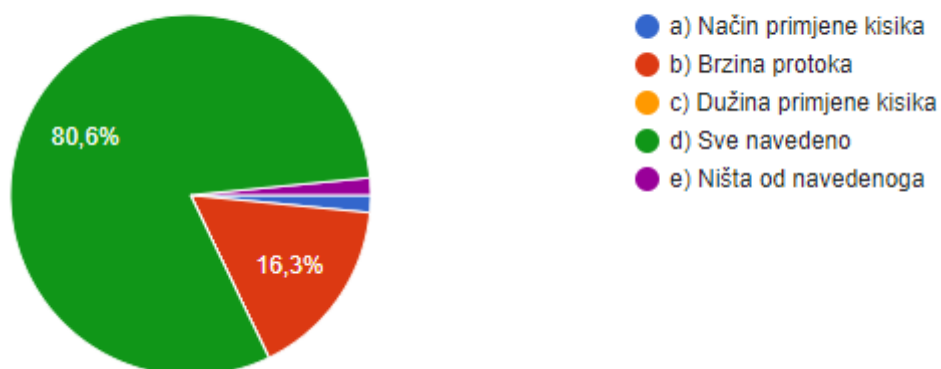


Izvor: Vlastiti izvor, 2021.



Najveći broj ispitanika bilježi početak i kraj terapije kisikom na listi bolesnika (73,6%) dok ih 26,4% još uvijek ne evidentira.

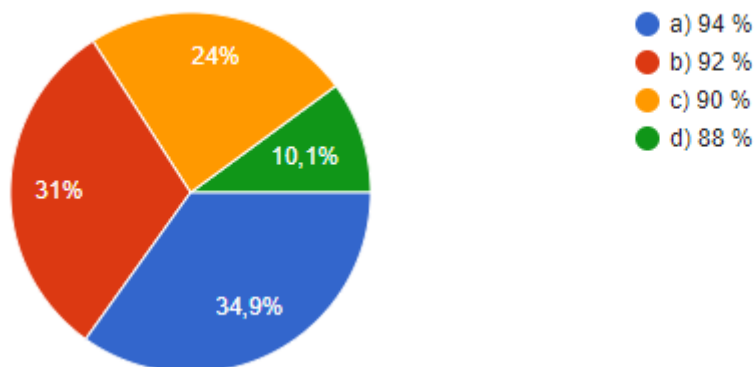
Grafikon 3: Učestalost pravilne evidencije terapije kisikom



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Pravilno praćenje terapije kisikom (način primjene kisika, brzinu protoka, dužinu primjene kisika) navodi 80,6% ispitanika. Ostali ispitanici bilježe samo pojedine dijelove oksigenacije i to: 16,3% samo brzinu protoka. 1,6% evidentira način primjene kisika. Dok 1,6% ispitanika ne evidentiraju ništa od ponuđenog.

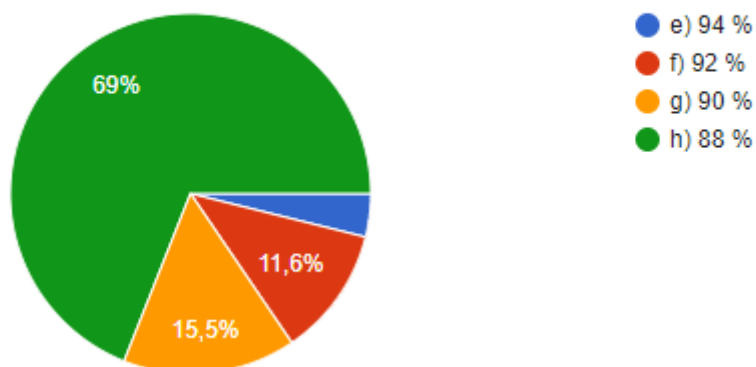
Grafikon 4: Početak primjene kisika kod bolesnika bez KOPB-a s obzirom na početnu saturaciju



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod bolesnika bez KOPB.a, podjednaki broj ispitanika još uvijek primjenjuje kisik uz SpO<sub>2</sub> višu od 94% (34,9%), kao i uz 92% (31%) i 90% (24%)( $P>0.05$ ) dok ih znatno manji broj primjenjuje kisik tek kod SpO<sub>2</sub> manje od 88% (10,1%)( $P<0.05$ ). Ovaj rezultat ukazuje da se primjena kisika još uvijek na svim radilištima ne provodi prema najnovijim smjernicama BTS-a.

Grafikon 5: Početak primjene kisika kod bolesnika sa KOPB-a s obzirom na početnu saturaciju

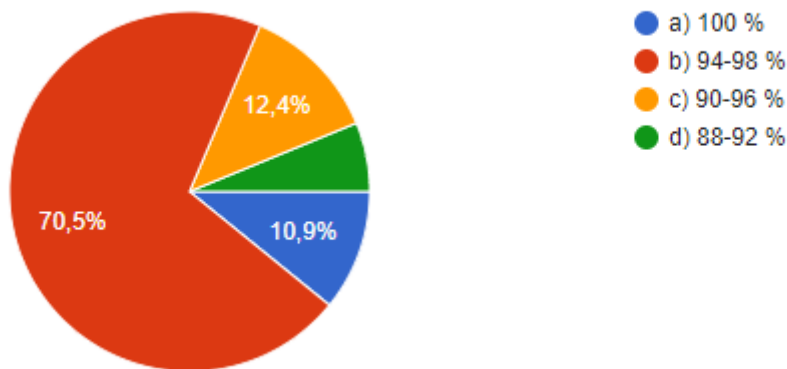


Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod bolesnika sa KOPB-om, dominiraju ispitanici koji primjenjuju terapiju kisikom uz pojavu minimalne granice saturacije prema preporuci BTA-a (SpO<sub>2</sub> 88-92%) tj. njih 94,1% u usporedbi sa ispitanicima koji kisik primjenjuju uz SpO<sub>2</sub> od 94% (3.9%)(P<0.05).

Među ispitanicima koji oksigenaciju primjenjuju prema BTS-ovim smjernicama, najveći ih broj primjenjuje kisik uz SpO<sub>2</sub> iznad 88% (69%), a podjednaki broj kod SpO<sub>2</sub> iznad 92% (11,6%) i SpO<sub>2</sub> iznad 90% (15.5%).

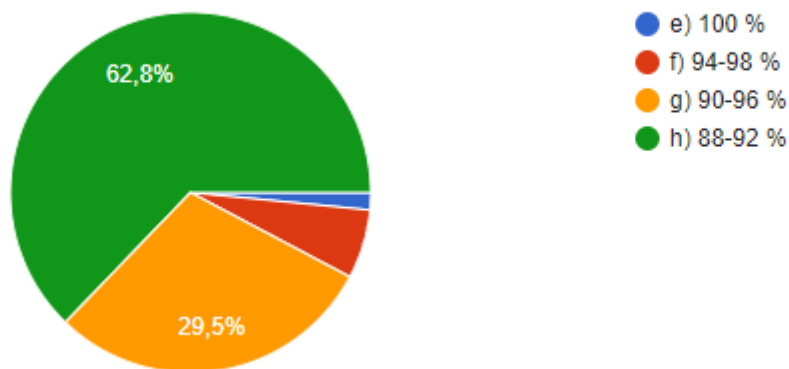
Grafikon 6: Učestalost ciljnog održavanja saturacije kod bolesnika bez KOPB-a



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod bolesnika bez KOBP-a, najveći broj ispitanika je težio održavanju tzv. ciljne saturacije prema preporukama BTS-a (SpO<sub>2</sub> 94-98%) tj. njih 70,5% u usporedbi sa ostalim ispitanicima (P<0.05) među kojima 10,9% još uvijek teži postizanju visoke SpO<sub>2</sub> od 100%, a 6,2% smatra da je zadovoljavajuća saturacija bolesnika bez KOPB-a uz SpO<sub>2</sub> 88-92%. Jedan manji broj ispitanika (12,4%) kod bolesnika bez KOBP-a nema jasnu predodžbu značenja same ciljne oksigenacije (SpO<sub>2</sub> 90-96%).

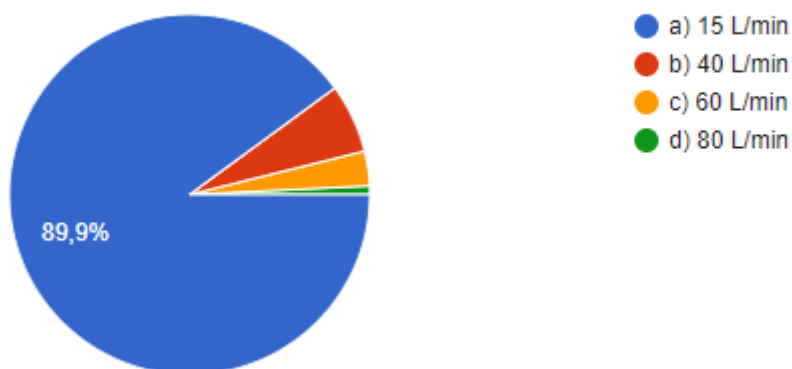
Grafikon 7: Učestalost ciljnog održavanja saturacije kod bolesnika sa KOPB-a



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod bolesnika sa KOBP-om, dominiraju ispitanici koji tijekom terapije kisikom teže postizanju tzv. ciljne oksigenacije prema BTS smjernicama (SpO<sub>2</sub> 88-92%) tj. njih 62,8% u usporedbi sa ostalim ispitanicima (37,3%)(P<0.05). Među ostalim ispitanicima njih 29,5% teži održavanju SpO<sub>2</sub> između 90-96%, a 6,2% između 94-98%. Potrebno je istaknuti da još uvijek mali broj ispitanika (1.6%) kod bolesnika sa KOBP-om teži održavanju SpO<sub>2</sub> od 100%.

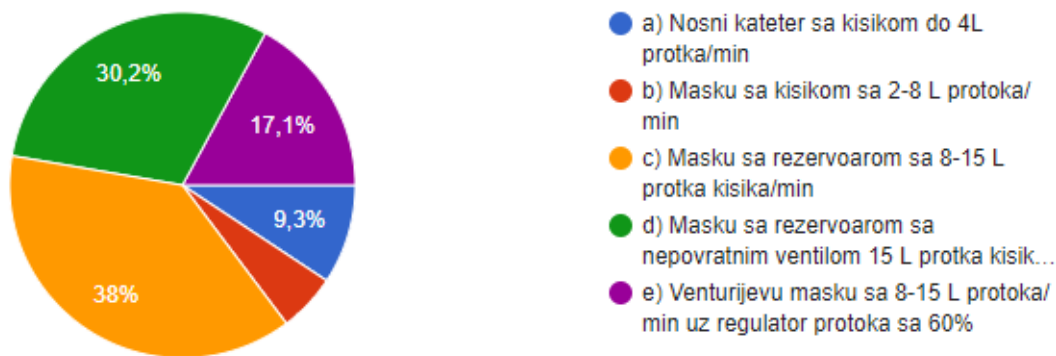
Grafikon 8: Učestalost saznanja ispitanika o maksimalno mogućem postizanju protoka kisika uz nisko-protočnu oksigenaciju (npr. maska sa kisikom)



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Većina ispitanika ima saznanje da se niskoprotlačnom oksigenacijom može postići maksimalni protok kisika do 15 L/min (89,9%) u usporedbi sa ostalim ispitanicima (11,1%)( $P<0.05$ ) od kojih 6,2% navodi da je to do 40 L/min, 3,1% do 60 L/min, a 0,8% da je to protok kisika do 80 L/min.

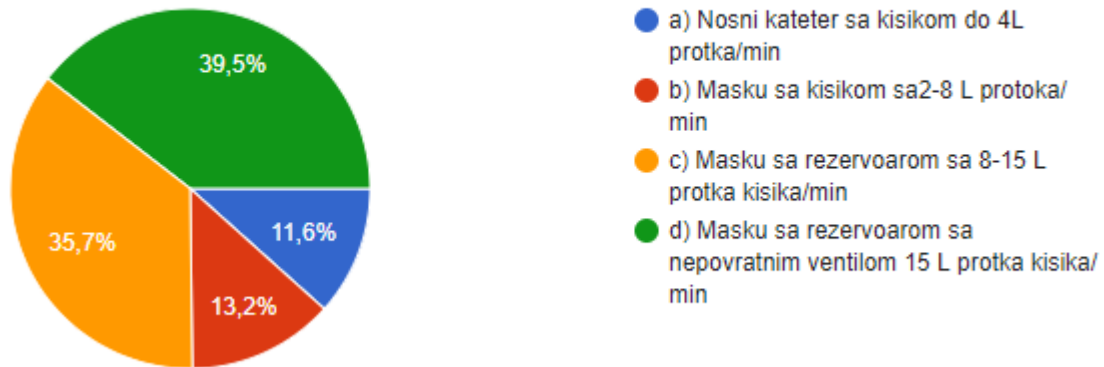
Grafikon 9: Učestalost primjene načina niskoprotlačne oksigenacije (LFNO) u postizanju maksimalnog protoka kisika



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Niskoprotlačnu oksigenaciju bez postizanja maksimalnog protoka kisika koristi značajno manji broj ispitanika (14,9%)(9,3% koristi nosni kateter uz protok do 4 l/min, a 5,4% koriste masku sa kisikom sa protokom 2-8 L/min) u usporedbi sa 68,2% ispitanika koji koriste maksimalni protok kisika (38% ispitanika koriste masku s rezervoarom sa 8-15 L/min, 30,2% koristi masku sa nepovratnim ventilom do 15 L/min protoka kisika dok 17,1% ispitanika koristi venturijevu masku sa 8-15 L protoka kisika u min uz regulator protoka sa 60%)( $p<0.05$ ).

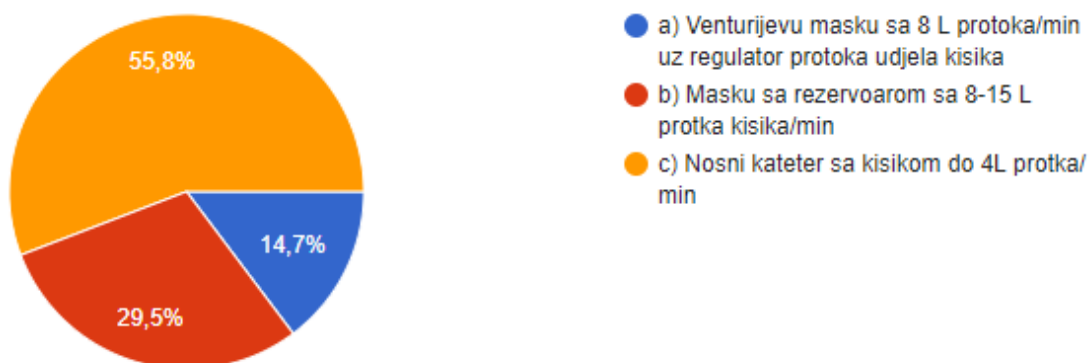
Grafikon 10: Učestalost primjene najoptimalnije oksigenacije sa visokim udjelom kisika uz niskoprotočnu oksigenaciju (LFNO) kod teško hipoksičnih bolesnika bez KOBP-a sa očuvanim spontanim disanjem



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod bolesnika sa očuvanim spontanim disanjem i izraženom teškom hipoksijom, najveći broj ispitanika koristi oksigenaciju uz visoki protok kisika (75,2)(39.5% masku sa rezervoarom sa nepovratnim ventilom uz 15 L protoka kisika/min, a ukoliko im ona nije raspoloživa 35,7% ispitanika koristi masku sa rezervoarom sa 8-15 L protoka kisika/min) u usporedbi sa ostalim ispitanicima (24,8%) koji koriste niske protoke kisika (13,2% ispitanika navodi da koristi masku sa kisikom sa 2-8 L protoka/min, a 11,6% navodi da koristi nosni kateter sa kisikom do 4 L protoka/min)( $P < 0.05$ ).

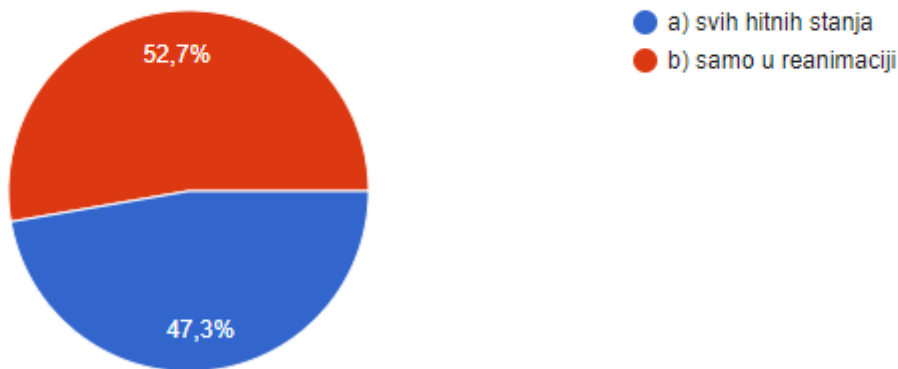
Grafikon 11: Učestalost načina primjene kisika kod bolesnika sa KOBP-om



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod bolesnika sa KOBP-om, značajno dominira primjena niskoprotodne oksigenacije uz redukciju protoka kisika (69,5%)(14,7% ispitanika koriste venturijevu masku sa 8 L protoka/min uz regulator protoka udjela kisika, a čak 55,8% ispitanika u nedostatku venturijevih maski koriste nosni kateter sa reduciranim protokom kisika) u usporedbi sa 29,5% ispitanika koji koriste masku sa rezervoarom sa 8-15 L protoka kisika/min ( $P < 0.05$ ). Ova nedominantna, ali visoka učestalost nepotrebne i moguće rizične oksigenacije kod bolesnika sa KOBP ukazuje na potrebu dodatnog usavršavanja i edukacije.

Grafikon 12: Saznanje o stanjima poželjne primjene 100%-og kisika

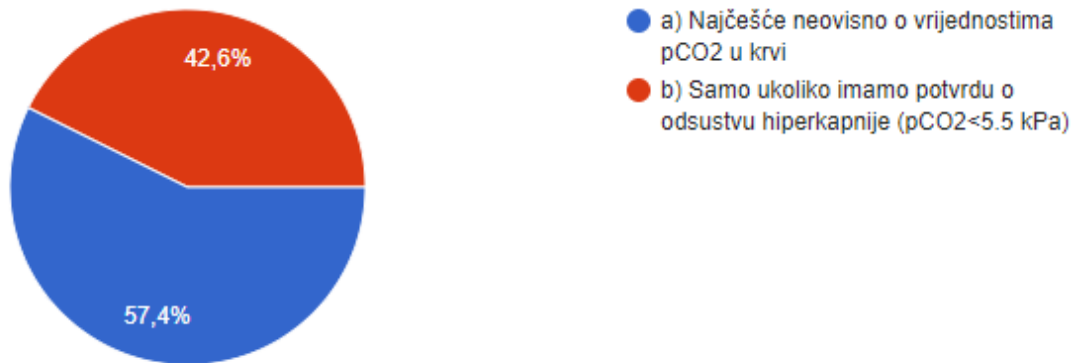


Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Podjednaki broj ispitanika tj. 47,3% navodi da primjenjuje udio kisika od 100% ( $FiO_2$  1.0) kod svih hitnih stanja u usporedbi sa samo 52,7% ispitanika koji ga primjenjuje isključivo tijekom reanimacije ( $P > 0.05$ ).

Kako kod kardiopulmonalnog aresta dolazi do trenutnog prekida plućne i stanične respiracije te se provodi reanimacija, primjena 100 postotnog kisika je opravdana. Prema BTS-ovim smjernicama sva druga hitna stanja su podložna titraciji udjela kisika u inspiracijskoj smjesi ( $FiO_2$ ) prema aktualnoj potrebi održavanja neophodne razine  $PaO_2$  u arterijskoj krvi i procjeni težine hipoksije, odnosno respiracijske insuficijencije prema P/F omjeru.

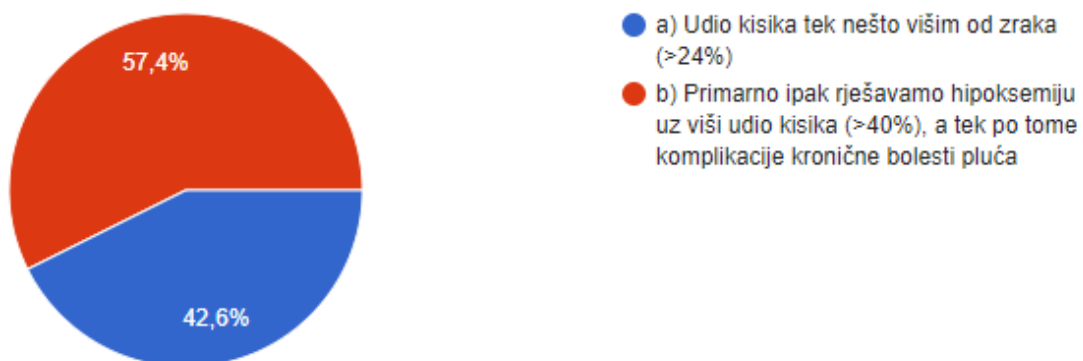
Grafikon 13: Učestalost primjene udjela kisika od 40-60% kod hipoksemičnih bolesnika u hitnim vanbolničkim uvjetima



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Kod hipoksemičnih hitnih bolesnika, 57,4% ispitanika se koristi udjelom kisika između 40-60% ukoliko imaju potvrdu o odsustvu hiperkapnije, a 42,6% se vodi neovisno o vrijednostima pCO<sub>2</sub>. Poboljšanju pristupa druge skupine ispitanika bi sigurno doprinijela i mogućnost analize ABS-a iz arterijske krvi (npr. transportnim ABS-om).

Grafikon 14: Saznanje o ispravnom načinu oksigenacije hitnog hipoksemičnog bolesnika sa KOBP-om

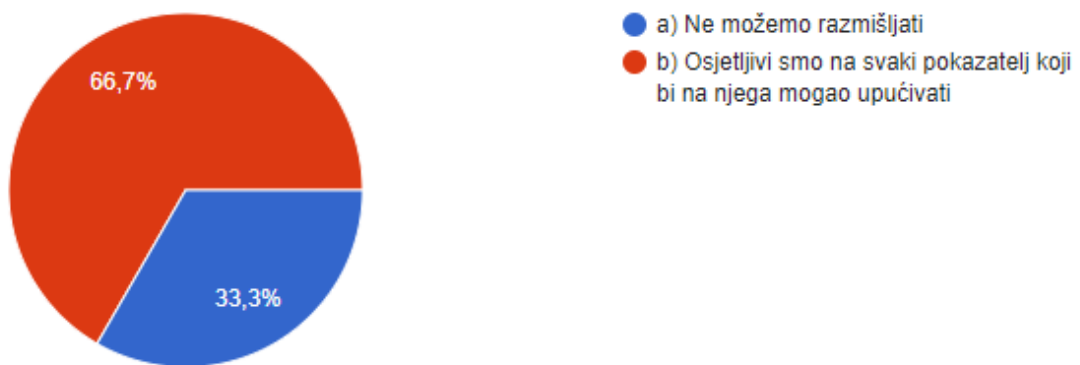


Izvor: Vlastiti izvor, 2021.



Kod hipoksičnog bolesnika s poznatim KOBP-om 57,4% ispitanika navodi da primarno rješavaju hipoksemiju uz viši udio kisika dok svega 42,6% ispitanika koristi udio kisika nešto viši od zraka.

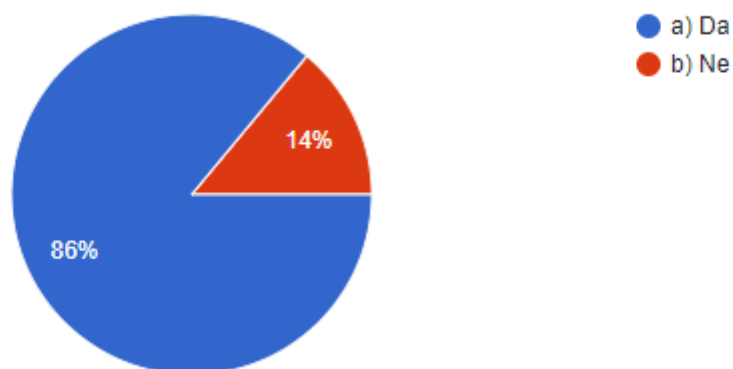
Grafikon 15: Da li u hitnim stanjima bolesnika možemo razmišljati o toksičnoj primjeni kisika?



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Značajno dominantan broj ispitanika navodi je osjetljivo na svaki pokazatelj koji bi mogao upućivati na razvoj toksičnog učinka kisika tijekom oksigenacije (66,7%) u usporedbi sa ostalim ispitanicima koji još uvijek smatraju da se o tome ne može razmišljati dok god je bolesnik hipoksičan (33,3%)( $P < 0.05$ ).

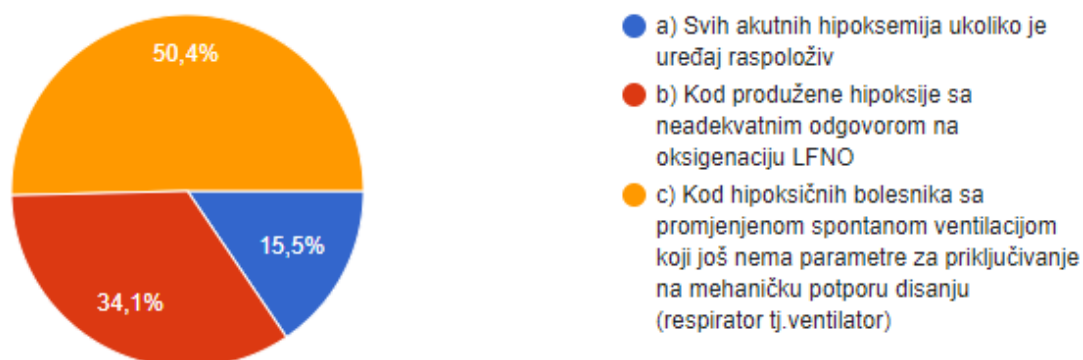
Grafikon 16: Dali se uzima u obzir da svako izlaganje udjelu kisika  $>60\%$  tijekom oksigenacije trajanja dužeg od 48h ima toksični učinak na sistemska tkiva i organe (oči, pluća, srce, bubrege, mezenhim)



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Značajno veći broj ispitanika uzima u obzir mogućnost toksičnog učinka kisika na sistemska tkiva i organe, prilikom izlaganja kisiku većem od 60% (86%) dok svega 14% tu mogućnost ne uzima u obzir (14%)( $P < 0,05$ ).

Grafikon 16: Kada se koristi visokoprotlačna oksigenacija (HFNO)?



Izvor: Vlastiti izvor, 2021.

Najveći broj ispitanika navodi da visokoprotlačnu oksigenaciju (HFNO) koriste kod hipoksičnih bolesnika uz kontrolu hiperkapnije ipak uz određenu indikaciju (84,5%), 50,4% koristi HFNO kod hipoksemičnih bolesnika sa promijenjenom spontanom ventilacijom koja još nema parametre za priključivanje na mehaničku potporu disanju, a 34,1% kod produžene

hipoksije sa neadekvatnim odgovorom na LFNO, u usporedbi sa 15.5% ispitanika koji će primijeniti HFNO kod svih akutnih hipoksemija ukoliko je uređaj dostupan ( $P < 0.05$ ).

## 5. RASPRAVA

U istraživanju je sudjelovalo ukupno 129 ispitanika, od toga broja je 92 (71,3%) ispitanika ženskog spola, a 37 (28,7%) ispitanika muškog spola. Najviše ispitanika radi u hitnoj medicinskoj pomoći sa transportom bolesnika, njih čak 52,7%. Najveći broj ispitanika je bio u dobi 26-39 godina (51,2%). Također najveći broj ispitanika je imao 5-14 godina rada u zdravstvu (41,1%). Većini ispitanika je radilište vezano uz pristupačna i lako dostupna mjesta (67,4%), te se kod 61,2% ispitanika mjesto rada nalazi u gradu.

Kada govorimo o izvoru kisika, 58,9% ispitanika koristi boce s kisikom, te je kod 83,7% ispitanika kisik uvijek dostupan. Prema navodima ispitanika, 67,4% primjenjuje kisik prema odredbi liječnika. Njih 51,9% primjenjuju kisik odmah, te ga kasnije korigira ovisno o odredbi liječnika. Primjena terapije kisikom bi se trebala kontinuirano evidentirati i bilježiti, no iz istraživanja je vidljivo da samo 73,6% ispitanika vodi evidenciju o terapiji.

Prilikom procjene znanja djelatnika o primjeni terapije kisikom, u većinskom je dijelu vidljivo solidno poznavanje primjene kisika kod bolesnika u hitnim stanjima. Prisutno nedostatno znanje iz tog područja je uglavnom vezano uz manji postotak učestalosti primjene, ali otvara važno mjesto za uvođenje novih saznanja, unapređenje raspoloživih metoda i uvođenje suvremenih načina oksigenacije. Istraživanjem je zamijećeno da postoji puno veće saznanje o primjeni kisika kod bolesnika sa KOBP-om za razliku od pravilne oksigenacije bolesnika bez KOBP-a. Tako više od pola ispitanika (69%) zna da se kisik kod hipoksemije bolesnika sa KOPB-om primjenjuje uz ciljanu saturaciju između 88-92%. Iako čak 70,5% ispitanika točno odgovara na pitanje vezano uz ciljano održavanje saturacije kod bolesnika bez KOPB-a (94-98%) jedan veliki postotak ima nepotrebno široke granice ciljane oksigenacije. S druge strane kod bolesnika sa KOBP-om, mali je postotak ispitanika koji još uvijek primjenjuju neprilagođeno više protoke kisika, te nam oni pokazuju smjer u kojem se edukacijom i unapređenjem opreme i metoda oksigenacije može poboljšati primjena terapije kisikom kod ovih bolesnika.

Velika većina ispitanika (89,9%) navodi da se niskoprotočnom oksigenacijom postiže maksimalni protok kisika do 15 L/min. Kod upotrebe oksigenoterapije kod bolesnika s oštećenom funkcijom pluća, 55,8% ispitanika navodi da koriste nosni kateter s protokom do 4 L/min. Kada govorimo o primjeni 100% udjela kisika, podijeljeno je mišljenje ispitanika 52,7% ispitanika navodi da se koristi samo u reanimaciji, dok 47,3% ispitanika navodi da se koristi u svim hitnim stanjima. Ono što se u literaturi navodi je opravdano korištenje za vrijeme reanimacije sve dok se ne stabilizira pacijenta, no prema literaturi nije potrebno u svakom hitnom stanju koristiti 100% udjela kisika. Obzirom da je poznato i štetno djelovanje kisika, potrebno je napraviti procjenu i ovisno o opravdanosti primijeniti kisik.

Ono što je značajno je da 86% ispitanika uzima u obzir svako izlaganje kisiku za vrijeme oksigenacije duže od 48 sati. Također je važno da ispitanici poznaju i koriste suvremenu visokoprotočnu oksigenaciju kod bolesnika, 50,4% navodi da je koriste kod hipoksičnih bolesnika sa promijenjenom spontanom ventilacijom, a nemaju indikaciju za priključivanje mehaničke ventilacije.

Zdravstveni djelatnici prilikom stresnih situacija i drugačijih uvjeta rada na terenu, nego li u "kontroliranim" uvjetima kao što je hitni prijem u bolnici, ne mogu uvijek razmišljati o evidentiranju primjene terapije dok je život pacijenta ugrožen i potrebno je hitno ga transportirati u najbližu ustanovu. No, značajno je da ispitanici navode da evidentiraju, te velika većina evidentira sve faktore koji su uključeni za vrijeme primjene terapije kisikom (način primjene kisika, brzina protoka, dužina primjene kisika).

Razlike u odgovorima vezano uz znanje o razini saturacije, normalne razine saturacije i saturacije pri kojoj je potrebno započeti terapiju kisikom, mogu se pripisati tome da svaka ustanova i hitna samostalno određuje vrijednosti na temelju kojih se bazira početak terapije kisikom. Također različite literature različito opisuju normalne vrijednosti saturacije, te to također može biti uzrok različitim odgovorima ispitanika. Iskustvo primjene oksigenoterapije u COVID pandemiji danas pokušava ujednačiti upravo ove različite kriterije u jedan jedinstveni, u kojem će primjena kisika kao već neophodna i vitalna terapija u hipoksičnih bolesnika biti individualno prilagođena svakom bolesniku, težini hipoksije i popratnim komorbiditetima, a sa svrhom što manje učestalosti popratnih toksičnih reakcija.

Zdravstvene djelatnike je potrebno detaljnije educirati o primjeni terapije kisikom, s obzirom da se ona često ne smatra kao ugrožavajuća, no potrebno je educirati i o toksičnosti kisika, te neželjenim učincima ako se kisik koristi u većoj koncentraciji nego li je potrebno.

## 6. ZAKLJUČAK

Primjena terapije kisikom je važna za bolesnika, osobito u izvanbolničkim uvjetima, te je značajno na vrijeme započeti terapiju. U istraživanju velika većina ispitanika poznaje terminologiju i poznaje razliku između oksigenoterapije pacijenata s KOPB-om i bez KOPB-a.

Ovakve vrste istraživanja nisu prisutne u velikom broju, no smatram da je potrebno kontinuirano procjenjivati znanje zdravstvenih djelatnika kako bi se moglo uočiti područje iz kojega nedostaje znanje kako bi se edukacija mogla specifično usmjeriti. Također potrebno je provoditi više edukacije na ovu temu, s obzirom da se sastoji od niza faktora vezanih uz samu uporabu kisika, te komplikacije i nuspojave koje se mogu javiti nepravilnim korištenjem izvora kisika ali i samog kisika.

## 7. LITERATURA

1. O'Driscoll B, Howard L, Davison A. Emergency oxygen use in adult patients: concise guidance. *Clin Med.* 2011.;11(4):372–5.
2. Kane B, Decalmer S, Ronan O'Driscoll B. Emergency oxygen therapy: from guideline to implementation. *Breathe.* 2013.;9(4):246–53.
3. O'Driscoll BR, Howard LS, Earis J, Mak V. British Thoracic Society Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *BMJ Open Resp Res.* 2017.;4(1):e000170.
4. Pharmaceutical journal. Dostupno na: <https://pharmaceutical-journal.com/article/ld/oxygen-therapy-emergency-use-and-long-term-treatment#main-content>.
5. Davis M, Johnston J. Maintaining Supplemental Oxygen During Transport. *Am J Nursing* 2008;108(1):35-36.
6. Davis M, Johnston J. Maintaining Supplemental Oxygen During Transport. *Am J Nursing* 2018;108(1):35-36.
7. Ori J. What Do Our Body Cells Do With Oxygen?" *sciencing.com*, <https://sciencing.com/do-body-cells-do-oxygen-6388828.html>. 30 August 2021.
8. Henry M, Arnold T, Harvey J. BTS guidelines for the management of spontaneous pneumothorax. :14.
9. Marker.hr. Pulsni oksimetar APEX [Internet]. *bauerfeind.hr*. [citirano 17. rujan 2021.]. Dostupno na: <https://bauerfeind.hr/pulsni-oksimetar-apex-proizvod-1045/>
10. Arterial, radiometer, portable blood gas analyzers [Internet]. [citirano 17. rujan 2021.]. Dostupno na: <https://www.medicalequipment-msl.com/html/blood-gas-analyzers/>
11. Goodgame B, Zeserson E, Hess JD, et al. Correlation of pulse oximetry and arterial po2 in the undifferentiated critically ill patient, *Critical Care Med.* 2012; 40(12):1-328.
12. Guyton A, Hall J. *Medicinska fiziologija-udžbenik*, 13. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada;2017.
13. O'Driscoll BR, Howard LS, Davison AG, on behalf of the British Thoracic Society. BTS guideline for emergency oxygen use in adult patients. *Thorax.* 2008.;63(Supplement 6):vi1–68.
14. Monsieurs K.G. et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation. 2015;95: 1–80.
15. Green E, Jain P, Bernoth M. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of asthma: A systematic review of the literature. *Australian Critical Care.*2017.;30(6):289–97.

## 8. KRATICE

ABS-acido-bazni status tj. analiza plinova iz arterijske krvi,

ATP- adenzin trifosfat

BTS-britansko torakalno društvo (eng. „The British Thoracic Society“)

CO<sub>2</sub> ugljični dioksid

FiO<sub>2</sub>-udio kisika u udahnutom zraku

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>- bikarbonati

KDO- standardna krivulja disocijacije oskihemoglobina

KOPB - kronična opstruktivna bolest pluća

LFNO- Niskoprotočna oksigenacija

O<sub>2</sub>- kisik

PaCO<sub>2</sub>- parcijalni tlak ugljičnog dioksida

PaO<sub>2</sub>- parcijalni tlak kisika

SaO<sub>2</sub> -zasićenost kisika u arterijskoj krvi

SjO<sub>2</sub> -oksigenacija hemoglobina u bulbusu vene jugularis) te neinvazivne metode mjerenja razine kisika u tijelu (pulsoksimetrom

SpO<sub>2</sub> -saturacija hemoglobina kisikom u perifernoj krvi, infracrvena spektroskopija

StO<sub>2</sub>- saturacija tkiva kisikom

SvO<sub>2</sub>-oksigenacija hemoglobina u centralnoj veni ispred srca,

## Prilog. 1 Obrazac ankete

Poštovani,

Molimo Vas da ispunite ovu anonimnu anketu. Nije potrebno zaokruživati točne odgovore. **Zaokružite samo jedan odgovor koji je najbliži Vašem načinu rada u okolnostima kojima radite.**

### **NEINVAZIVNA OKSIGENACIJA BOLESNIKA NA HITNOM BOLESNIČKOM PRIJEMU**

#### 1. ZDRAVSTVENI SAM DJELATNIK NA HITNOM PRIJEMU

- a) Ambulante obiteljske medicine
- b) Hitnoga prijema Doma zdravlja
- c) Hitne medicinske pomoći sa transportom bolesnika
- d) Hitnog bolesničkog prijema Opće bolnice

#### 2. STRUČNA SPREMA

- a) Srednja
- b) Viša
- c) Visoka

#### 3. SPOL:

- a) Ženski
- b) Muški

#### 4. ŽIVOTNA DOB (godine):

- a) 18-25
- b) 26-39
- c) 40-54
- d) 55-70

#### 5. GODINE RADA U ZDRAVSTVENOJ DJELATNOSTI (godine):

- a) Do 4
- b) 5-14
- c) 15-29
- d) 30 i više



6. MOJE RADILIŠTE JE VEZANO UZ:

- a) Udaljena, teže dostupna i rijetko naseljena mjesta
- b) Pristupačna, lako dostupna i naseljena mjesta

7. MOJE MJESTO RADA JE:

- a) Na otoku
- b) Na selu
- c) U gradu
- d) U jednom od većih gradova

8. MOJE RADILIŠTE JE DO MJESTA TRAJNOG ZBRINJAVANJA BOLESNIKA UDALJENO:

- a) 100-300 km
- b) 50-100 km
- c) 5-50 km
- d) manje od 5 km

9. HITNE BOLESNIKE DO MJESTA TRAJNOG ZBRINJAVANJA NAJČEŠĆE TRANSPORTIRAMO:

- a) Kolima hitne pomoći
- b) Brodom
- c) Helikopterom
- f) Avionom

10. NA RADILIŠTU JE RASPOLOŽIVI IZVOR KISIKA:

- a) Centralni izvor kisika
- b) Boce sa kisikom
- c) Centralni izvor i boce sa kisikom
- d) Samo uz najavu primjene oksigenoterapije
- e) Nije raspoloživ

11. U TRANSPORTNOM SREDSTVU KISIK JE:

- a) Uvijek dostupan
- b) Dostupan je uz predhodno najavljenju potrebu
- c) Uglavnom dostupan
- d) Uglavnom nedostupan

12. KISIK PRIMJENJUJEMO ISKLJUČIVO PREMA ODREDBU LIJEČNIKA:

- a) Da
- b) Ne

13. KISIK SE ODMAH PRIMJENI, A KASNIJE SE KORIGIRA PREMA ODREDBI LIJEČNIKA:

- a) Da

- b) Ne

14. KISIK OBIČNO PRIMJENJUJEMO:

- b. Prema kliničkom izgledu i stanju bolesnika ne čekajući monitor ni nalaze
- c. Po izmjerenoj perifernoj saturaciji kisikom (SpO<sub>2</sub>)
- d. Po vrijednosti kisika iz arterijske krvi

15. POČETAK I KRAJ TERAPIJE KISIKOM UVIJEK SU EVIDENTIRANI NA LISTI TERAPIJE:

- a) Da
- b) Ne

16. TIJEKOM TERAPIJE KISIKOM BOLESNIKA EVIDENTIRA SE:

- a) Način primjene kisika
- b) Brzina protoka
- c) Dužina primjene kisika
- d) Sve navedeno
- e) Ništa od navedenoga

17. KOD HIPOKSIJE BOLESNIKA **BEZ KOPB**-a KISIK POČINJEMO PRIMJENJIVATI UZ SpO<sub>2</sub> MANJU OD:

- a) 94 %
- b) 92 %
- c) 90 %
- d) 88 %

18. KOD HIPOKSIJE BOLESNIKA SA KOPB-a KISIK POČINJEMO PRIMJENJIVATI UZ SpO<sub>2</sub> MANJU OD:

- e) 94 %
- f) 92 %
- g) 90 %
- h) 88 %

19. CILJNO ODRŽAVANJE SpO<sub>2</sub> KOD BOLESNIKA BEZ KOPB-a JE:

- a) 100 %
- b) 94-98 %
- c) 90-96 %
- d) 88-92 %

20. CILJNO ODRŽAVANJE SpO<sub>2</sub> KOD BOLESNIKA SA KOPB-om JE:

- e) 100 %
- f) 94-98 %
- g) 90-96 %

- h) 88-92 %

21. NISKOPROTOČNOM OKSIGENACIJOM (LFNO) POSTIŽEMO MAKSIMALNI PROTOK KISIKA DO:

- a) 15 L/min
- b) 40 L/min
- c) 60 L/min
- d) 80 L/min

22. ZA POSTIZANJE NAJVIŠE KONCENTRACIJE KISIKA U SMJESI ZRAKA U LFNO OKSIGENACIJI NAJČEŠĆE KORISTIMO:

- a) Nosni kateter sa kisikom do 4L protka/min
- b) Masku sa kisikom sa 2-8 L protoka/min
- c) Masku sa rezervoarom sa 8-15 L protka kisika/min
- d) Masku sa rezervoarom sa nepovratnim ventilom 15 L protka kisika/min
- e) Venturijevu masku sa 8-15 L protoka/min uz regulator protoka sa 60%

23. KOD BOLESNIKA KOD KOJIH JE POTREBAN VIŠI UDIO KISIKA UZ OČUVANO SPONTANO DISANJE (npr. trauma, ozljede glave, stanja nakon reanimacije, akutni infarkt srca) NAJČEŠĆE PRIMJENJUJEMO:

- a) Nosni kateter sa kisikom do 4L protka/min
- b) Masku sa kisikom sa 2-8 L protoka/min
- c) Masku sa rezervoarom sa 8-15 L protka kisika/min
- d) Masku sa rezervoarom sa nepovratnim ventilom 15 L protka kisika/min

24. KOD BOLESNIKA SA KRONIČNO PROMJENJENOM FUNKCIJOM PLUĆA (npr. KOPB, Astma) NAJČEŠĆE KORISTIMO:

- a) Venturijevu masku sa 8 L protoka/min uz regulator protoka udjela kisika
- b) Masku sa rezervoarom sa 8-15 L protka kisika/min
- c) Nosni kateter sa kisikom do 4L protka/min

25. VRIJEDNOSTI 100% UDJELA KISIKA U OKSIGENACIJI KORISTIMO UGLAVNOM KOD:

- a) Svih hitnih stanja
- b) Samo u reanimaciji

26. VRIJEDNOSTI UDJELA KISIKA IZMEĐU 40-60% KORISTIMO U HIPOKSEMIČNIH HITNIH BOLESNIKA:

- a) Najčešće neovisno o vrijednostima pCO<sub>2</sub> u krvi
- b) Samo ukoliko imamo potvrdu o odsustvu hiperkapnije (pCO<sub>2</sub><5.5 kPa)

27. KOD HITNIH HIPOKSIČNIH BOLESNIKA, SA POZNATIM KRONIČNIM BOLESTIMA PLUĆA I GLOBALNOM RESPIRACIJSKOM INSUFICIJENCIJOM, OKSIGENACIJU UOBIČAVAMO ZAPOČETI UZ:

- a) Udio kisika tek nešto višim od zraka (>24%)
- b) Primarno ipak rješavamo hipoksemiju uz viši udio kisika (>40%), a tek po tome komplikacije kronične bolesti pluća

28. O TOKSIČNOM UČINAKU KISIKA U HITNOM PRIJEMU BOLESNIKA:

- a) Ne možemo razmišljati
- b) Osjetljivi smo na svaki pokazatelj koji bi na njega mogao upućivati

29. UZIMAMO U OBZIR DA SVAKO IZLAGANJE UDJELU KISIKA >60% TIJEKOM OKSIGENACIJE DUŽE OD 48h IMA TOKSIČNI UČINAK NA SISTEMSKE ORGANE ( oči, pluća, srce, bubrege, mezenhim):

- a) Da
- b) Ne

30. SUVREMENU VISOKOPROTOČNU OKSIGENACIJU (>40 L PROTOKA KISIKA/min do 100% udjela kisika) KORISTIMO KOD:

- a) Svih akutnih hipoksemija ukoliko je uređaj raspoloživ
- b) Kod produžene hipoksije sa neadekvatnim odgovorom na oksigenaciju LFNO
- c) Kod hipoksičnih bolesnika sa promjenjenom spontanom ventilacijom koji još nema parametre za priključivanje na mehaničku potporu disanju (respirator tj.ventilator)