

# Acidobazni status u praćenju COVID-19 pacijenta

---

**Bannister, Jolene Christina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:881251>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI  
MEDICINSKI FAKULTET U PULI  
Preddiplomski stručni studij Sestrinstvo

**JOLENE CHRISTINA BANNISTER**

**ACIDOBAZNI STATUS U PRAĆENJU COVID-19 PACIJENATA**

Završni rad

Pula, listopad 2021.

SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI  
MEDICINSKI FAKULTET U PULI  
Preddiplomski stručni studij Sestrinstvo

**JOLENE CHRISTINA BANNISTER**

**ACIDOBAZNI STATUS U PRAĆENJU COVID-19 PACIJENATA**  
Završni rad

**JMBAG:** 0303086403, **izvanredni student**

**Studijski smjer:** Preddiplomski stručni studij Sestrinstvo

**Kolegij:** Osnove medicinske kemije i biokemije

**Znanstveno područje:** Biomedicina i zdravstvo

**Znanstveno polje:** Kliničke medicinske znanosti

**Znanstvena grana:** Sestrinstvo

**Mentor:** doc. dr. sc. Lorena Honović

Pula, listopad 2021.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana Jolene Christina Bannister, kandidat za prvostupnika ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad *Acidobazni status u praćenju covid-19 pacijenata* rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

U Puli,.....2021.godine.

Student

---



IZJAVA  
o korištenju autorskog djela

Ja, Jolene Christina Bannister dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom *Acidobazni status u praćenju covid-19 pacijenata* koristi tako da se gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst, trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu sa Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli,.....2021.godine.

Student

---

## Zahvale

Veliku zahvalu dugujem svojoj mentorici doc.dr.sc. Loreni Honović koja me je svojim stručnim savjetima vodila kroz izradu ovog završnog rada.

Također, želim se zahvaliti svojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su bili moja podrška i oslonac tijekom ovog studija.

## POPIS KRATICA

ARDS - sindrom akutnog respiratornog distresa (engl. Acute respiratory distress syndrome)

JIL - jedinica intenzivnog liječenja

POCT - pretrage uz bolesnika (engl. Point of care testing)

$pO_2$  - parcijalni tlak kisika

$pCO_2$  - parcijalni tlak ugljičnog dioksida

$HCO_3^-$  - bikarbonat

ADH - antidiuretski hormon

LDL - lipoproteini niske gustoće

$CO_2$  - ugljikov dioksid

$Na^+$  - natrijev ion

$K^+$  - kalijev ion

$Cl^-$  - kloridni ion

$Mg^{2+}$  - magnezijev ion

$SaO_2$  - saturacija kisikom arterijske krvi mjerena iz uzorka krvi

KOPB - kronična opstruktivna plućna bolest

ABS - acidobazni status

TAT – vremenski interval između ordiniranog nalaza i medicinske intervencije (engl. therapeutic turnaround time)

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OBRADA TEME .....	3
2.1. Nastanak pojma acidobazne ravnoteže .....	3
2.2. Acidobazni status u dijagnostici .....	4
2.3. Regulacija vodikovih iona.....	5
2.3.1. Koncentracija vodikovih iona i pH tjelesnih tekućina .....	5
2.4.  Mehanizmi održavanja pH.....	6
2.4.1.  Puferski sustav .....	7
2.4.2.  Respiracijski mehanizam .....	8
2.4.3.  Bubrežni mehanizam.....	9
2.5.  Poremećaji acidobazne ravnoteže .....	10
2.5.1.  Metabolička acidoza .....	11
2.5.2.  Metabolička alkalozna .....	12
2.5.3.  Respiratorna acidoza.....	13
2.5.4.  Respiratorna alkalozna .....	14
2.5.5.  Značaj određivanja parametara ABS-a.....	15
2.5.6.  Poremećaji acidobazne ravnoteže i COVID-19 .....	18
2.6.  Uloga medicinske sestre u izradi acidobaznog statusa.....	19
2.6.1.  Priprema pacijenta za uzrokovanje krvi za analizu ABS-a.....	19
2.6.2.  Komplikacije povezane s uzrokovanjem arterijske krvi .....	20
2.6.3.  Postupak uzrokovanja arterijske krvi .....	21
2.6.4.  Pogreške pri uzorkovanju i analizi arterijske krvi .....	22
2.7.  Uređaj za određivanje ABS-a.....	23



2.8. Uloga acidobaznog statusa kod bolesnika s COVID-19.....	24
3. CILJ RADA.....	27
3.1. MATERIJALI I METODE .....	27
3.1.1. Ispitanici.....	27
3.1.2. Metode.....	27
3.1.3. Statistička obrada rezultata.....	28
3.2. REZULTATI.....	29
4. RASPRAVA.....	34
5. ZAKLJUČAK .....	37
6. LITERATURA.....	38
7. POPIS SLIKA .....	43
8. POPIS TABLICA .....	43
9. SAŽETAK.....	44
10. SUMMARY .....	45

## 1. UVOD

Kroz povijest ljudi su bili izloženi epidemijama i pandemijama raznih zaraznih bolesti. Neke od njih značajno su utjecale na tijek povijesti ljudskog roda. Posljednju globalnu pandemiju, onu bolesti COVID-19, Svjetska zdravstvena organizacija (engl. WHO) proglasila je u ožujku 2020.godine s prvim slučajem zaraze virusom SARS-CoV-2, Hrvatskoj mjesec dana ranije. (Karlović, 2020.)

Novi koronavirus, službeno nazvan SARS-CoV-2, uzrokuje novu infektivnu bolest COVID-19 (engl. Coronavirus infectious disease 2019). Do početka rujna 2021. godine u pandemijskim je razmjerima oboljelo više od 219 milijuna ljudi, a umrlo 4,5 milijuna ljudi u cijelom svijetu. Pandemija je nakon Kine snažno zahvatila Europu, nakon toga Sjedinjene Američke Države u kojima se bilježio kontinuirani porast broja slučajeva. Iz tog se razloga Sjedinjene Američke Države smatraju najpogođenijom zemljom kad je posljednja pandemija u pitanju. (Vince, 2021.)

Bolesnici s potvrdnim nalazom virusa mogu se pojaviti kao blagi, umjereni, ali i teški i kritični slučajevi s nastupom respiracijskog zatajenja, razvojem ARDS-a, prisutnošću šoka i zatajenja bilo kojeg organa koje zahtijeva intenzivno praćenje i prijem bolesnika u jedinice za intenzivno liječenje. Jedna od najčešće provedenih pretraga u jedinicama intenzivnog liječenja je određivanje razine plinova u krvi, i to iz arterijske krvi. Ista pretraga koristi se elektivno u standardnim vremenskim intervalima i hitno u slučaju pogoršanja kliničke slike bolesnika. (Mahečević i sur., 2021.)

Analiza plinova u krvi ili acidobazna ravnoteža (ABS) je pojam koji obuhvaća laboratorijsko određivanje parametara acidobazne ravnoteže i oksigenacijskog statusa bolesnika. Oksigenacijski status se procjenjuje korištenjem vrijednosti parcijalnog tlaka kisika ( $pO_2$ ) i saturacije hemoglobina kisikom ( $sO_2$ ). Parcijalni tlak kisika mjeri se amperometrijski, dok se saturacija hemoglobina kisikom mjeri kooksimetrijski. Za određivanje kiselosti (pH) i parcijalnog tlaka ugljičnog dioksida ( $pCO_2$ ) koristi se potenciometrija. Parametri kao što su ukupni ugljikov dioksid ( $tCO_2$ ), koncentracija bikarbonata ( $CHCO_3^-$ ) i suvišak baza (engl. base excess, BE) izračunavaju se iz vrijednosti izmjerenih parametara. Suvremeni uređaji za analizu acidobazne ravnoteže imaju mogućnost određivanja ioniziranih oblika elektrolita (natrij, kalij, kloridi, kalcij,

magnezij) i metabolita (glukoza, laktat, bilirubin, kreatinin). Dodatni parametri koji se mogu određivati na uređajima za analizu acidobazne ravnoteže se nazivaju „vezana mjerenja” (engl. related measurements). (Dukić i sur., 2016.)

U bolnicama je sve prihvaćenija primjena uređaja za pretrage uz bolesnika (engl. point of care testing, POCT) što ih čini lako dostupnim i brzim alatom za dijagnostiku. Pretrage na takvim uređajima su rutinske i cijenom povoljne, a svoje posebno mjesto našle su u provođenju terapije i praćenju oboljelih od pacijenata zaraženim SARS-CoV-2 virusom. (Mahečić i sur., 2021.)

## 2. OBRADA TEME

### 2.1. Nastanak pojma acidobazne ravnoteže

Nastanak pojma acidobazne ravnoteže započinje razumijevanjem uloga i ponašanja kiselina. Razumijevanje acidobazne ravnoteže i njezina poremećaja znatno se mijenjalo kroz povijest, od prvotnih saznanja do današnjih spoznaja. Na razvoj i razumijevanje acidobazne ravnoteže poseban utjecaj kroz povijest imali su znanstvenici Arrhenius, Naunyn, Sørensen, Bronsted, Lowry, Henderson, Hasselbach i Poul Astrup. Kao jedan od osnivača fizikalne kemije, Arrhenius je definirao kiseline kao tvari koje u vodenoj otopini povećavaju koncentraciju vodikovih iona ( $H^+$ ), dok je lužine definirao kao tvari koje u vodenoj otopini povećavaju koncentraciju hidroksidnih iona ( $OH^-$ ). Nakon Arrheniusa, fizičari Brønsted i Lowry samostalno su razvili vlastitu teoriju, sve dok Lewis nije predložio poboljšanu i točniju verziju. (Lapić, 2021.)

Svojim utjecajem značajno su sudjelovali u oblikovanju moderne kemijske termodinamike odnosno razvoju razumijevanja acidobazne ravnoteže, a njihov skup teorija koristi se do danas.

Kada govorimo o acidobaznoj ravnoteži, neobilazna je i svima poznata Henderson-Hasselbachova jednadžba. Henderson je prvi upozorio na važnu ulogu  $HCO_3^-$  kao i alkalnog pufera u slučaju viška kiselina u organizmu. Nakon uspostavljenog Sørensenove pH ljestvice, Hasselbach je modificirao Hendersonovu jednadžbu, a time je nastala Henderson-Hasselbachova jednadžba (slika 1.) koja pridonosi razumijevanju sustava koji puferira suvišak baza i kiselina. (Constabal, 2014.)

#### Slika 1. Henderson-Hasselbachova jednadžba

(preuzeto: <https://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-3-ph-y-soluciones/ecuacion-de-henderson-hasse.html>)

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Jednadžba govori o odnosu između koncentracije soli i slabe kiseline puferskog sustava koji utječe na održavanje konstantnog pH. (Lapić, 2021.)

1917. Donald D. Van Slyke uveo je plinsku metodu za određivanje ukupnog ugljikovog dioksida i ukupnog postotka količine kisika u krvi. U Danskoj 1952. godine, tijekom epidemije poliomijelitisa, poznati znanstvenik Poul Astrup zamjenjuje Slykeov instrument i uvodi izum staklene elektrode za mjerenje pH u krvi pri 37°C, prije i nakon uravnoteženja s poznatom vrijednosti pCO<sub>2</sub>. (Kofstad, 2012.)

## 2.2. Acidobazni status u dijagnostici

Pretrage ABS-a i povezanih mjerenja pripadaju prvoj skupini hitnosti, što označava da rezultati moraju biti izdani unutar 30 minuta od prijema uzorka u laboratorij. Osim toga, temeljem informacija dobivenih analizom ABS-a i povezanih mjerenja donose se neodgodive kliničke odluke za procjenu i praćenje stanja svih kritično oboljelih pacijenata, pa tako i oboljelih od COVID-19. (Kopčinović, 2021.)

Druge indikacije za vađenje krvi u svrhu uvida u ABS pacijenata su neočekivana hipoksemija, akutna plućna oboljenja s pojavom hiperkapnije, teški metabolički poremećaji, trovanje ugljikovim monoksidom, sepsa, višeorgansko zatajenje i drugo. Brza i adekvatna dijagnostika poremećaja ABS-a i arterijske hipoksemije ključni je alat u pružanju pravodobne respiracijske potporne terapije bolesnicima teškog općeg stanja. (Hornsby, 2017.)

Za analizu ABS-a mogu se koristiti različite vrste uzoraka – arterijska, kapilarna i venska krv. Arterijska krv je vrsta uzorka koja se koristi za točnu procjenu izmjene plinova, funkcije pluća (pO<sub>2</sub> i pCO<sub>2</sub>), a posebice za procjenu oksigenacijskog statusa. Uzorak kapilarne krvi može biti adekvatna zamjena arterijskoj krvi u pedijatriji i neonatologiji, dok kapilarni uzorak može zamijeniti arterijski uzorak samo ako je provedena tehnika arterijalizacije. Kod određivanja ABS-a, venska krv nije prikladna zamjena za arterijsku krv zbog same prirode uzorka i razlike u razini oksigenacije u odnosu na arterijsku krv. Venska krv je prikladna za određivanje različitih varijanti hemoglobina, elektrolita kao i pH, pCO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> i metabolita. (Dukić i sur., 2016.)

### 2.3. Regulacija vodikovih iona

Vodikov ion ( $H^+$ ) je pojedinačni slobodni proton otpušten iz vodikova atoma. U metaboličkim procesima svih živih organizama stvaraju se relativno velike količine kiselih tvari. Za vrijeme oksidacijskih procesa u stanicama se na dan stvara oko 10 do 20 mola ugljikove kiseline, što je jednako 1 litri koncentrirane klorovodične kiseline. Tome treba dodati još 80 do 120 mmola organskih kiselina i kiselina koje nastaju oksidacijom fosfolipida i proteina, a sadržavaju sumpor i fosfor. Navedene kiseline jače ili slabije disociraju pri čemu dolazi do oslobađanja slobodnih vodikovih iona. (Štraus, 2009.)

Funkcioniranje organizma ovisi o biokemijskim reakcijama u kojima najvažniju ulogu imaju enzimi. Enzimi djeluju tako da ubrzavaju biokemijske reakcije u stanicama i velika većina njih svoju fiziološku aktivnost iskazuje kod pH 7,4. Stoga je od presudne važnosti osiguravanje optimalne i konstantne pH vrijednosti što je moguće promjenom koncentracije  $H^+$  iona kojima se posljedično mijenjaju stanične i tjelesne funkcije. (Lapić, 2021.)

#### 2.3.1. Koncentracija vodikovih iona i pH tjelesnih tekućina

Organizam je vodena sredina u kojoj su enzimski sustavi djelotvorni samo kod optimalne koncentracije vodikovih iona i već samo mala odstupanja mogu dovesti do značajnih promjena u njihovoj aktivnosti. Koncentracija  $H^+$  iona u krvi normalno se održava unutar uskih granica, uobičajene vrijednosti od 40 mmol/L. Normalne su varijacije u rasponu od samo 3 do 5 mmol/L. No, koncentracija  $H^+$  iona u različitim stanjima organizma može se smanjiti i na 10 mmol/L ili povećati i do 160 mmol/L, a da ne nastupi smrt. (Stipić, 2011.) Kako je normalna koncentracija  $H^+$  iona mala, a izražavanje tako malih brojeva nespretno, uobičajeno je koncentraciju  $H^+$  iona izražavati logaritamskom skalom koristeći jedinicu pH. pH je mjerna jedinica kojom se definira stupanj kiselosti ili lužnatosti određene otopine. Jedinice se kreću na skali od 0 do 14. Neutralna vrijednost pH je 7. Sve vrijednosti veće od 7 označavaju lužnatost, a sve jedinice manje od 7 označavaju kiselost. (Bolf i sur., 2015.)

Odnos pH prema stvarnoj koncentraciji H<sup>+</sup> iona pokazuje sljedeća jednadžba (koncentracija H<sup>+</sup> iona izražava se u mol/L):

$$pH = \frac{1}{(H^+)} = -\log(H^+)$$

Kroz rezultate jednadžbe primjetno je da je pH obrnuto razmjernan koncentraciji H<sup>+</sup> iona, odnosno mali pH odgovara većoj koncentraciji H<sup>+</sup> iona, i obrnuto.

#### 2.4. Mehanizmi održavanja pH

Metabolički procesi stalno proizvode kiseline, a u manjoj mjeri i lužine. Posebno su reaktivni H<sup>+</sup> ioni koji se mogu vezati na negativno nabijene proteine, a u visokim koncentracijama remete njihov ukupni naboj, konfiguraciju i funkciju. Da bi se stanične aktivnosti zaštitile, organizam raspolaže složenim mehanizmima i procesima koji održavaju koncentraciju H<sup>+</sup> iona u uskim granicama, tipično između 37 i 43 mmol/L, što se označava pH vrijednošću između 7,37 i 7,43, gdje idealni pH iznosi 7,4. Poremećaji ovih mehanizama imaju ozbiljne kliničke posljedice za pojedinca. (Lovrić, 2004.)

U funkciji sprečavanja poremećaja u ABS-u sudjeluju 3 glavna sustava za kontrolu koncentracije H<sup>+</sup> iona u tjelesnim tekućinama. To su: puferski sustavi, respiracijski mehanizam i bubrežni mehanizam. (Lapić, 2021.)

### 2.4.1. Puferski sustav

Prva linija obrane koja omogućava održavanje pH i sprječava znatne promjene u vrijednosti pH jesu puferi. Neki od važniji puferskih sustava u organizmu jesu:

- bikarbonatni pufer
- izvanstanični pufer fosfata i amonijaka
- međustanični pufer bjelančevina (glutation, hemoglobin, metionin, taurin...)
- sustav pufera karbonskih soli - kalcij, natrij, kalij, magnezij, željezo
- hormonski puferski sustav - ADH (antidiuretski hormon – regulacija vode),
- pufer masti - LDL (engl. low density lipoproteins- lipoproteini niske gustoće) - vežu kiseline i pohranjuju ih u masno tkivo ako je eliminacija preko bubrega neodgovarajuća
- voda - efekt razrjeđivanja (dodavanjem vode koncentracija pada)

Puferski sustavi u međustaničnoj i staničnoj tekućini uglavnom su isti, samo što je u međustaničnoj tekućini manji udio proteinskog pufera. Budući da puferski kapacitet ovisi o koncentraciji pufera, samo se proteini, hemoglobin i bikarbonati nalaze u većim koncentracijama. (Dodig, 2009.)

Hemoglobinski pufer se sastoji od dva sustava: hemoglobina i oksihemoglobina. Hemoglobin sadržava kisele, karboksilne skupine, kao i lužnate imidazolne, gvanidinske skupine i aminoskupine. Važan je pufer u eritrocitima. Oksigenacijom molekula hemoglobina postaje kiselina, dok obrnuto, otpuštanjem kisika imidazolna skupina postaje u manjoj mjeri kiselina i može vezati  $H^+$  ione iz okolne tekućine, što rezultira pozitivnim nabojem. U tkivima gdje se odvijaju metabolički procesi i stvaraju  $H^+$  ioni, hemoglobin ima veću sposobnost puferiranja u odnosu na oksihemoglobin. Kada se s oksihemoglobina oslobodi kisik, reducirani hemoglobin slabije disocira. (Štraus, 2009.) Osim navedenog, o svojstvu puferiranja ovisi i pH sredine zato što kiseliji medij olakšava redukciju, dok smanjenje kiselosti olakšava oksigenaciju hemoglobina. (Lapić, 2021.)



Najvažniji izvanstanični puferški sustav je hidrogenkarbonatni pufer koji se sastoji od slabe ugljične kiseline koja nastaje u slučaju reakcije ugljikov dioksida s vodom i hidrogenkarbonatne soli.  $H^+$  ioni se dodaju u bikarbonatni pufer tako da se troši bikarbonat (baza) te se koncentracija smanjuje i proizvodi ugljična kiselina. Pluća imaju funkciju uklanjanja ugljične kiseline (stvaranjem ugljikovog dioksida), dok bubrezi osiguravaju kontinuiranu regeneraciju bikarbonata. (Higgins, 2004.)

Odnos svih elementa pufernog sustava bikarbonata koji djeluje u tijelu prikazan je jednadžbom:



#### 2.4.2. Respiracijski mehanizam

Organizam se opskrbljuje kisikom potrebnim za oksidacijskim procesima u tkivima, a iz toga proizlazi da organizam uklanja metabolički stvoren ugljikov dioksid ( $CO_2$ ). Respiratorni sustav trenutno reagira na promjene acidobaznog statusa, ali je potrebno nekoliko minuta pa i sati da dođe do maksimalnog odgovora. Maksimalan odgovor podrazumijeva maksimalnu stimulaciju perifernih i centralnih kemoreceptora. Respiratorni kemoreceptori u moždanom deblu reagiraju na promjene u koncentraciji  $CO_2$  u krvi. Ako je koncentracija  $CO_2$  u porastu, dolazi do povećane plućne ventilacije. Sukladno tome, do smanjene plućne ventilacije dolazi ako je koncentracija  $CO_2$  u padu. (Efendić, 2021.)

Da bi se pH održao u normalnim granicama, prema Henderson-Hasselbalchovoj jednadžbi taj odnos mora biti 20:1. Koliko je respiracijski centar osjetljiv na  $CO_2$  u organizmu, vidi se po tome što povećanje od samo 0,2 kPa uzrokuje 100%-tno povećanje respiracije. (Štraus, 2009.)

$CO_2$  difundira iz stanica u okolnu kapilarnu krv. Mali dio otapa se u krvnoj plazmi i u nepromijenjenom se obliku transportira do pluća. Jedan dio difundira u eritrocitima gdje se u kombinaciji s vodom stvara ugljična kiselina. Kiselina disocira stvarajući  $H^+$  i  $HCO_3^-$  ione. Dalje,  $H^+$  ioni se spajaju s deoksigeniranim hemoglobinom sprječavajući veliki pad staničnog pH.  $HCO_3^-$  difundira niz gradijent koncentracije od eritrocita do plazme.

Tako se većina CO<sub>2</sub> proizvedenog u tkivima transportira u pluća u obliku HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> u krvnoj plazmi. U plućnim alveolama proces je obrnut. U situacijama kompromitiranog prijenosa dolazi do nagomilavanja CO<sub>2</sub> u organizmu. (Higgins, 2004.)

#### 2.4.3. Bubrežni mehanizam

Bubrezi imaju dominantnu ulogu u regulaciji sistemske koncentracije HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, a time i metaboličke komponente acidobazne ravnoteže. Naime, funkcija bubrega ima dvije komponente: reapsorpciju gotovo cijelog filtriranog HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> i proizvodnju novog HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> koji će zamijeniti onaj koju troše normalne ili patološke kiseline. (Haamm, 2015.)

U fiziološkim uvjetima, bubrezi filtriraju 4.500 mEq HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dnevno. Sav filtrirani HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> vraća se putem reapsorpcije u bubrežnim tubulima, 80% u proksimalnim tubulima, 16% u debelom uzlaznom kraku Henleove petlje, distalnom zavojitom tubulu i 4% u sabirnim kanalima. Suvremena zapadnjačka prehrana obično stvara određenu količinu nehlapljivih kiselina (1 mEq/kg tjelesne težine dnevno, 60-80 mEq/kg/dan kod odrasle osobe prosječne tjelesne težine) koje se oslanjaju na bubrežno izlučivanje. Za svaku izlučenu molarnu kiselinu stvara se ekvimolarni novi HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> koji se vraća u cirkulaciju. (Lin i sur., 2018.) HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> se ponovno apsorbira u krv, a H<sup>+</sup> ioni prelaze u lumen tubula i izlučuju se iz tijela urinom. Eliminacija mokraćom ovisi o prisutnosti pufera u urinu i to uglavnom fosfatnih i iona amonijaka. (Higgins, 2004.)

Bubrezi su sposobni da prema potrebi tako izlučuju kiselinu ili alkalniju mokraću u svrhu održavanja acidobazne ravnoteže. Bubrežni kompenzacijski mehanizam djeluje zaštitnički po HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. U slučaju alkaloze, bubrezi mogu izlučiti više HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> smanjenjem izlučivanja H<sup>+</sup> iona iz epitelnih stanica te smanjiti stopu metabolizma glutamina i izlučivanje amonijaka. (Haamm, 2015.)

## 2.5. Poremećaji acidobazne ravnoteže

Stanje u kojemu postoji izraženo povećanje koncentracije vodikovih iona, odnosno smanjenja pH naziva se acidozom, dok je alkalozna izražena povećanjem pH i padom koncentracije vodikovih iona. (Štraus, 2009.)

Acidozu možemo opisati kao poremećaj karakteriziran niskom pH vrijednosti. Iz Henderson-Hasselbachove jednadžbe proizlazi da poremećaj može biti uzrokovan padom koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  ili povećanjem  $\text{pCO}_2$ . Alkalozna je poremećaj karakteriziran porastom pH vrijednosti, a može biti uzrokovan padom  $\text{pCO}_2$  ili porastom koncentracije  $\text{HCO}_3^-$ .

Sukladno navedenom, acidemija predstavlja poremećaj u kojem dolazi do pada pH arterijske krvi, dok je alkalemija poremećaj u kojemu dolazi do povišenja pH arterijske krvi. (Guyton i Hall, 2006.)

Postoje četiri poremećaja acidobazne ravnoteže: metabolička i respiratorna acidoza, kao i metabolička i respiratorna alkalozna. Metabolička acidoza je najčešći poremećaj u kliničkoj praksi. Svaki od navedenih poremećaja može biti kompenziran ili nekompenziran. (Robertson, 1989.)

Većina poremećaja acidobazne ravnoteže proizlazi iz bolesti ili oštećenje organa (bubrega, pluća, mozga) čija je normalna funkcija neophodna za acidobaznu homeostazu. Poremećaji mogu nastati i iz bolesti koje uzrokuju abnormalno povećanu proizvodnju metaboličkih kiselina pri čemu su homeostatski mehanizmi preopterećeni, ali i kao posljedica određene medicinske intervencije (npr. mehanička ventilacija, neki lijekovi).

Dijagnostički značaj proizlazi iz nalaza acidobaznog statusa arterijske krvi prilikom utvrđivanja i praćenja poremećaja acidobazne baze ravnoteže. Tri parametra izmjerena tijekom analize plinova u arterijskoj krvi od presudne su važnosti. To su pH,  $\text{pCO}_2$  i  $\text{pHCO}_3^-$ . (Higgins, 2004.)

### 2.5.1. Metabolička acidoza

Metabolička acidoza je stanje koje može biti prisutno uz druge metaboličke poremećaje, a definirana je kao pH arterijske krvi  $<7,35$  s  $\text{HCO}_3^- <22$  mmol/L. Obično nastaje kao posljedica unosa tvari koje zakiseljuju organizam, smanjenim izlučivanjem  $\text{H}^+$  iona, gubitkom baza ili zbog povećanog stvaranja nehlapljivih kiselina. (Lapić, 2021.) Može se javiti u akutnom ili kroničnom obliku. Metabolička acidoza se ne vodi kao zasebna dijagnoza, već se radi o metaboličkom poremećaju nastalom kao posljedica osnovne bolesti. Uzroke metaboličke acidoze mogu se klasificirati prema patofiziološkom podrijetlu:

1. poremećaji uzrokovani povećanim opterećenjem kiselinom (laktatna acidoza, ketoacidoza uzrokovana dijabetesom, gladovanjem ili viškom alkohola, parenteralna ili hiperalimentarna prehrana, otrovanje tvarima koje stvaraju kiselinu ili sprječavaju njezino izlučivanje - npr. metanol, salicilat, etilen glikol...)
2. poremećaji u izlučivanju (bubrežni zastoji, hipoaldosteronizam u bubrežnoj tubularnoj acidozi tipa 4).
3. prekomjerni gubitak gastrointestinalnih bikarbonata (dijareja, fistule, operacijski zahvati).
4. prekomjerni gubitak bubrežnih bikarbonata (acetazolamid ili drugi inhibitori karboanhidraze) (Rull, 2016.)

Kompenzacija metaboličke acidoze sastoji se od sniženja vrijednosti  $\text{pCO}_2$  hiperventilacijom, povećanog bubrežnog izlučivanja, stvaranje  $\text{HCO}_3^-$  i zamjene unutarstaničnog natrija i kalija za izvanstanični vodik. (Lapić 2021.)

Dijagnosticira se pomoću kliničke slike pacijenta i rezultata nalaza ABS-a arterijske krvi u kojem koncentracija - bikarbonata ukazuje na prisutnost metaboličke acidoze. (Rull, 2016.) Simptomi metaboličke acidoze nisu direktno specifični. Respiracijski centar u moždanom deblu je stimuliran, hiperventilacija se razvija kao kompenzacijski mehanizam radi nadoknađivanja acidoze. Kao rezultat toga, pacijenti navode različite stupnjeve dispneje.

Također navode bol u prsima, lupanje srca, glavobolju, zbunjenost, opću slabost i bol u kostima. Pacijenti, osobito djeca, također mogu imati mučninu, povraćanje i smanjeni apetit. (Thomas, 2019.)

### 2.5.2. Metabolička alkalozia

Metabolička alkalozia definira se kao povišenje pH krvi iznad 7,45. Uključuje primarno povećanje  $\text{HCO}_3^-$  u krvi zbog gubitka  $\text{H}^+$  iona ili povećanja  $\text{HCO}_3^-$ . Kao kompenzacijski mehanizam, metabolička alkalozia dovodi do alveolarne hipoventilacije s porastom arterijskog  $\text{pCO}_2$ , što umanjuje promjenu pH do koje bi inače došlo. (Thomas, 2020.)

Neki od uzroka poremećaja metabolizma su unutarstanično pomicanje  $\text{H}^+$  iona, gastrointestinalni gubitak  $\text{H}^+$  iona, prekomjerni gubitak  $\text{H}^+$  iona u bubrezima, zadržavanje ili nakupljanje  $\text{HCO}_3^-$  iona. Sve to dovodi do povećane razine bikarbonata u krvi. Sve dok je održana bubrežna funkcija, višak bikarbonata se prilično brzo izlučuje urinom. Do akutnog poremećaja dolazi u slučajevima oslabljene eliminacije bikarbonata iz organizma zbog jednog od sljedećih uzroka: hipovolemija, pad u volumenu cirkulacije arterijske krvi, iscrpljivanje klorida, hipokalemija, smanjena brzina glomerularne filtracije, i/ili hiperaldosteronizam. (Brikman i sur., 2020.)

U većini slučajeva pacijenti su asimptomatični. Tegobe koje pacijenti navode često su posljedica primarne osnovne bolesti. To može uključivati: povraćanje, proljev, periferni edem, umor i malaksalost. Teški slučajevi metaboličke alkaloze mogu uzrokovati uznemirenost, dezorijentiranost, napadaje i komu. Također, teški slučajevi većinom se javljaju kao posljedica alkaloze uzrokovana kroničnom bolesti jetre. (Hetch, 2020.)

U dijagnostici, osim kliničke slike i plinske analize arterijske krvi, od važnosti je određivanje ostalih elektrolitskih iona ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ), uree i kreatinina kao prikaz funkcije bubrega. (Tinawi, 2021.) Liječenje alkaloze usmjeruje se na nadoknadu tekućine i elektrolita i poticanje organizma da fiziološkim metabolizmima uspostavi acidobaznu ravnotežu. (Martin, 1989.) Od terapije primjenjuju se fiziološke otopine, nadoknada kalija peroralnim putem ili nadoknada magnezija intravenoznim putem. (Tinawi, 2021.)

### 2.5.3. Respiratorna acidoza

Respiratorna acidoza obično se javlja zbog zatajenja ventilacije i nakupljanja ugljičnog dioksida u organizmu. Primarni poremećaj je povišeni arterijski  $p\text{CO}_2$  i smanjeni omjer arterijskog  $\text{HCO}_3^-$  u odnosu s arterijskim  $p\text{CO}_2$ , što rezultira smanjenjem pH krvi. Pacijenti s KOPB-om u terminalnoj fazi skloniji su razvoju ovog acidobaznog poremećaja.  $\text{CO}_2$  ima izuzetnu ulogu u ljudskom organizmu u svrhu regulacije pH krvi. Promjena pH je primarni okidač za pokretanje ventilacije. U fiziološkom stanju, ljudski organizam održava  $\text{CO}_2$  u dobro kontroliranom rasponu od 38 do 42 mmHg, odnosno 5,06 do 5,6 kPa, uravnotežujući njegovu proizvodnju i eliminaciju. U stanju hipoventilacije tijelo proizvodi više  $\text{CO}_2$  nego što može eliminirati, uzrokujući zadržavanje i akumulaciju  $\text{CO}_2$ . (Patel i sur., 2021.) Dakle, respiracijska kompenzacija sastoji se od hiperventilacije i jače eliminacije  $\text{CO}_2$ .

Najčešći uzroci nastanka poremećaja su:

- udisanje zraka s visokim sadržajem  $\text{CO}_2$
- oslabljena cirkulacija krvi (npr. kod kardiovaskularnih bolesti)
- smanjeno uklanjanje  $\text{CO}_2$  ( plućni emfizem, bronhopneumonija, plućna fibroza, opstrukcije dišnih puteva)
- depresija respiracijskog centra uzrokovana lijekovima ili oštećenjem mozga

Bolesnici ostavljaju dojam adinamičnosti, mogu se pojaviti poremećaji svijesti kao što je somnolencija i dezorijentiranost, pojačano znojenje, edemi mozga i povišen intrakranijalni tlak, sve do kome. Također se javlja u akutnom i kroničnom obliku. (Štraus, 2009.) Neki lijekovi (npr. morfij i barbiturati) mogu uzrokovati respiratornu acidozu depresijom respiratornog centra u mozgu. Oštećenja ili ozljede prsnog koša i muskulature uključene u mehaniku disanja mogu smanjiti tijek ventilacije. To objašnjava respiratornu acidozu koja može zakomplicirati tijek bolesti kao što su poliomijelitis, Guillain-Barreov sindrom i oporavak od teške traume prsnog koša. (Higgins, 2014.)

Liječenje je usmjereno na osiguravanje odgovarajuće ventilacije ili endotrahealnom intubacijom ili neinvazivnom ventilacijom s pozitivnim tlakom.

Odgovarajuća ventilacija je sve što je potrebno za ispravljanje respiratorne acidoze, iako se kronična hiperkapnija korigira u postepenim intervalima. Primjena natrijevog bikarbonata gotovo je uvijek kontraindicirana. (Lewis, 2021.)

#### 2.5.4. Respiratorna alkalozia

Respiratorna alkalozia je po definiciji patološko stanje organizma u kojem je pH krvi povišen na više od 7,45 kao posljedica nekog respiratornog ili plućnog procesa. (Brinkman i sur., 2021.)

Pri smanjenom parcijalnom tlaku kisika na velikim visinama, histeriji, groznici, encefalitisu, boravku u prostorima s visokom temperaturom, ozljedi glave, stresu ili kao nuspojava određenih lijekova, dolazi do hiperventilacije. Hiperventilacija dužeg trajanja rezultira gubitkom CO<sub>2</sub> iz tijela što dovodi do manjka ugljične kiseline i respiracijske alkalozie. (Štraus, 2019.)

Glavni učinak hiperventilacije je povećanje pH i posljedično pomicanje elektrolita koje se događa u odnosu na njega. Općenito govoreći, anioni (kloridi) će se povećati (uglavnom izlazeći iz eritrocita), dok će se kationi (natrij i kalij) smanjivati ulaskom u eritrocite i druge stanice. Štoviše, akutno smanjenje ioniziranog kalcija zbog promjene izvanstaničnog pH može uzrokovati neuromuskularne simptome u rasponu od parestezija do tetanije i napadaja. Konačno, akutna respiratorna alkalozia uzrokuje suženje cerebralnih arterija što može dovesti do smanjenja moždanog protoka krvi. Metabolička kompenzacija odvija se preko bubrega koji reagiraju na respiratornu alkalozia odvajanjem natrija od izlučivanja klorida. Drugi, količinski manje važan mehanizam kompenzacije je pomak elektrolita, uglavnom klorida, iz eritrocita u plazmu. (Webb i sur., 2016.)

Dijagnostika se osniva na anamnezi, kliničkoj slici, nalazu ABS-a, razina serumskih elektrolita i mjerenja magnezija i fosfata. Respiratornu alkalozia je lako dijagnosticirati, iako liječenje može biti teško, no najvažnije je pronaći uzrok. Budući da postoji mnogo uzroka respiratorne alkalozie, najprimjereniji pristup je uključivanjem interdisciplinarnog tima koji uključuje liječnika internistu, liječnika primarne zdravstvene zaštite, medicinsku sestru, pulmologa, medicinsku sestru za mentalno zdravlje i stručnjaka za bol. (Brinkman i sur., 2021.)

### 2.5.5. Značaj određivanja parametara ABS-a

Respiracija je odgovorna za donos kisika u organe i tkiva, gdje ga koriste za njihove metaboličke procese te za uklanjanje nastalog ugljičnog dioksida. Izmjena kisika i ugljičnog dioksida u plućima s alveolarnim zrakom naziva se vanjskom respiracijom, dok se unutarnja odvija unutar tkiva. U stanju mirovanja broj udisaja kreće se između 12 do 15 po minuti, a povećava se s fizičkom aktivnošću.

Temeljni sastojci krvi jesu elektroliti i plinovi u krvi. Elektroliti su važni za održavanje elektrokemijskog potencijala membrana stanica (pri neurološkim i mišićnim aktivnostima), kao i pri održavanju acidobaznog statusa. Posebni značaj u održavanju acidobaznog statusa imaju plinovi u krvi i brojni metabolički procesi kojima se stvaraju organske kiseline. Disocijacijom kiselina nastaju  $H^+$  ioni koji se najvećim dijelom vezuju za kisik stvarajući vodu.

Promjene  $H^+$  iona mogu biti akutne, kronične, jednostavne ili miješane, metaboličke ili respiratorne. Uzimanjem u obzir određene karakteristike za navedene metaboličke i respiratorne poremećaje, parametri pH,  $pCO_2$ ,  $pO_2$ ,  $HCO_3^-$ , BE i  $SO_2$  koji se određuju ispitivanjem acidobazne ravnoteže izravno nam ukazuju na vrstu nastalog poremećaja u organizmu. (Štraus, 2009.)

1. pH vrijednost - indikator kiselosti ili lužnatosti neke otopine. Izražava se kao negativni logaritam koncentracije vodikovih iona. Normalan pH krvi je od 7,35 do 7,45, dok se u kritičnim slučajevima može tolerirati vrijednost od 7,30 do 7,50. Povišene vrijednosti ukazuju na prisutnost alkaloze, dok snižene na prisutnost acidoze. Oba poremećaja po svojoj prirodi nastanka mogu biti metabolička ili respiratorna.
2.  $pCO_2$  - pokazatelj ravnoteže između stanične produkcije ugljičnog dioksida i njegove respiratorne eliminacije. Referentne vrijednosti su 4,80 do 5,87 kPa, a znače da pluća uklanjaju onu količinu ugljičnog dioksida koju su stvorila tkiva. Povišene vrijednosti (hiperkapnija-smanjen broj izdisaja i udisaja) uzrokuju respiratornu acidozu, a javljaju se pri smanjenju alveolarne



ventilacije ili udisanjem zraka bogatog ugljičnim dioksidom. Depresija respiratornog centra lijekovima također doprinosi zadržavanju ugljičnog dioksida. Snižene vrijednosti (hipokapnija-često i duboko disanje) uzrokuju respiratornu alkalozu, a javljaju se pri porastu alveolarne ventilacije.

3.  $pO_2$  - mjera je za tlak kisika u krvi. Mjera  $pO_2$  govori o sposobnosti pluća da oksigeniraju krv alveolarnim zrakom. Referentne vrijednosti arterijske krvi su od 10,67 do 13,83 kPa, a venske krvi od 2,67 do 6,53 kPa. Snižene vrijednosti imaju kliničku vrijednost jer se javljaju pri smanjenoj respiraciji (opstrukcija dišnih putova, traume mozga), pri nemogućnosti izmjene alveolarnog zraka i kapilarne krvi (bronhitis, emfizem, edem pluća), te pri nasljednim defektima bez plućne oksigenacije. Povišene vrijednosti znače udisanje "obogaćenog" zraka.
4. BE - suvišak baza je veličina koja označuje suvišak ili manjak baza, odnosno označava mmol/l kiseline ili lužine utrošene za titraciju potpuno oksigenirane krvi do normalnog pH, pri normalnom  $pCO_2$  i normalnoj temperaturi. BE pokazuje samo ukupni pozitivni ili negativni suvišak baza, a ne pokazuje da li je to rezultat dodatka baza ili gubitka kiselina iz krvi. Parametar je kojim brzo možemo odrediti količinu bikarbonata koju bolesnik treba. Referentne vrijednosti su od -2,5 do +2,5 mmol/l.
5. Standardni bikarbonati - koncentracija bikarbonatnih iona potpuno oksigenirane krvi kod  $pCO_2$  5,33 kPa. Promjene standardnih bikarbonata ukazuju na metaboličke poremećaje. Referentne vrijednosti su od 22 do 26 mmol/l.
6. Aktualni bikarbonati - koncentracija bikarbonatnih iona u plazmi anaerobno uzete krvi. Kao i standardni bikarbonati izračunavaju se prema Henderson-Hasselbach jednadžbi, također su metabolička komponenta i indikator su puferskog kapaciteta krvi. Referentne vrijednosti su od 22 do 26 mmol/l.
5. Zasićenje kisikom -% hemoglobina koji se nalazi u obliku oksihemoglobina. Zasićenje ovisi o količini karboksihemoglobina u krvi.

Biokemijske značajke acidobaznih poremećaja prikazane su tablici 1.

Tablica 1. Biokemijske značajke acidobaznih poremećaja.

<b>Metabolička acidoza</b>	<b>Metabolička alkalozna</b>	<b>Respiracijska acidoza</b>	<b>Respiracijska alkalozna</b>
pH <7,35	pH > 7,45	pH < 7,35	pH >7,45
↓ pCO <sub>2</sub>	lagano povišena pCO <sub>2</sub>	↑ pCO <sub>2</sub>	↓ pCO <sub>2</sub>
↓ cHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	↑ cHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	↓ odnosa HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> i ugljikove kiseline	↓ tCO <sub>2</sub>
↑ Na i K u serumu	↑ tCO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	↑ Na i K u serumu	↓ cHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
↑ tCO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	↑ ili ↓ Cl	↓ Cl	↓ Na i K
↑ ili ↓ Cl			↑ Cl

(Izvor: Lapić, 2021.)

### 2.5.6. Poremećaji acidobazne ravnoteže i COVID-19

S obzirom na visoku prevalenciju upale pluća i bubrežnih oštećenja uzrokovana bolešću COVID-19, očekuju se poremećaji u ABS-u pacijenata hospitaliziranih s infekcijom SARS-CoV-2. Retrospektivno istraživanje koje se provodilo na hospitaliziranim COVID-19 bolesnicima u Sveučilišnoj bolnici Modena u Italiji od 4. ožujka do 20. lipnja 2020. godine prikazuje da su se poremećaji ABS-a dogodili kod većine (79,7%) navedenih pacijenata. Zabilježene su sve vrste acidobaznih poremećaja, ali su metabolička i respiratorna alkalozna bile češće. Prevalencija respiracijske alkaloze povezuje se s hipoksijom kod pacijenata. (Alfano i sur., 2021.) Među intubiranim pacijentima, metabolička alkalozna često se vidi u prisutnosti kroničnih ventilacijskih defekata, poput kronične opstruktivne plućne bolesti, sindroma hipoventilacije, pretilosti, cistične fibroze, skolioze ili amiotrofične lateralne skleroze. (Nuckchady, 2020.) Međutim, nije jasno definiran razlog zašto veliki dio pacijenata s dijagnozom COVID-19 pokazuje alkalemiju. (Wiese i sur., 2020.)

Respiracijska acidoza komplikacija je dispneje. U procesu acidoze u organizmu dolazi do smanjenja razine pH u krvi i stimulacije perifernih kemoreceptora što dovodi do povećane ventilacije pluća pod regulacijom kompenzacijskih mehanizama organizma. (Kamoru, 2020.)

Kao posljedicu poremećaja u acidobaznoj ravnoteži, istraživanja bilježe hiponatrijemiju kod teških bolesnika, kao i komplikacije somatskih bolesti poput upale pluća i zatajenja srca. Nekoliko izvješća o hiponatrijemiji pri prijemu bolesnika s pozitivnim nalazom na COVID-19 ukazuje na to da bi niske početne razine natrija u plazmi mogle biti pokazatelj rizika teške bolesti i mortaliteta. Sindrom neodgovarajućeg lučenja antidiuretskog hormona kod atipične virusne upale pluća s respiratornim zatajenjem, poput COVID-19, jedan je od najčešćih temeljnih uzroka hiponatrijemije. (Sjöström i sur., 2021.)

## 2.6. Uloga medicinske sestre u izradi acidobaznog statusa

Medicinske sestre rade na području unapređenja zdravlja, sprječavanja bolesti, liječenja i rehabilitacije. U svom radu važno je primijeniti sustavni pristup otkrivanju i rješavanju zdravstvenih problema iz njihova djelokruga. Promatranjem i procjenom prepoznaju potrebe za sestričkom skrbi i osiguravaju važne podatke liječnicima za prepoznavanje i praćenje toka bolesti. Veliki udio pacijenata hospitaliziranih zbog COVID-19 oboljenja zahtijeva respiracijsku potporu, invazivnu i neinvazivnu mehaničku ventilaciju. Jedna od posljedica atipične virusne upale pluća je naglo pogoršanje u plućnoj ventilaciji kod kritičnih bolesnika. (Deitrick i sur., 2020.)

Pojava ARDS-a uzrokuje mnoge metaboličke poremećaje, uz moguću pojavu sepse i septičnog šoka, a u konačnici multiorgansko zatajenje. U navedenim situacijama, brzi nalazi i kontinuirano praćenje acidobaznog statusa stoga su od velike važnosti za daljnju skrb i terapijsko liječenje pacijenata.

### 2.6.1. Priprema pacijenta za uzorkovanje krvi za analizu ABS-a

Dobra praksa pripreme pacijenta uključuje identifikaciju bolesnika, zahtjev liječnika za određivanje acidobazne ravnoteže (uputnicu), procjenu stanja bolesnika, objašnjenje postupka uzorkovanja svakom bolesniku, jasno i nedvosmisleno označavanje uzoraka za analizu ABS-a. Medicinska sestra/tehničar odgovoran za uzorkovanje mora zatražiti od bolesnika, ako je to moguće, da kaže svoje ime, prezime i datum rođenja. Podaci se potom uspoređuju s osobnim podacima na uputnici. Ako nije moguće, medicinska sestra mora s potpunom sigurnošću, na neki drugi, prihvatljiv način identificirati pacijenta. Najbolje je to učiniti učitavanjem pacijentove barkodirane narukvice. Sljedeći podaci trebaju biti navedeni na uputnici za zadavanje pretrage: ime i prezime bolesnika, spol, datum rođenja, osobni identifikacijski broj ili broj zdravstvenog osiguranja, datum, vrijeme i mjesto uzorkovanja (odjel). Uputnica treba sadržavati ime liječnika koji je zatražio analizu acidobazne ravnoteže. Također, poželjno je navesti kontakt podatke odgovorne osobe za potrebe javljanja kritičnih rezultata ili konzultacije u slučaju nesukladnosti.

Dodatni podaci koji su poželjni su mjesto i način uzrokovanja, ventilacijsko stanje bolesnika, način ventilacije i informacije o dopremi kisika, broj udisaja u minuti, tjelesna temperatura, položaj bolesnika i njegova fizička aktivnost, podaci o osobi koja je provela uzorkovanje i uputna dijagnoza bolesnika. (Davis i sur., 2013.)

Hitno uzorkovanje i analiza ABS-a u jedinicama intenzivne njege provodi se odmah zbog brze procjene i uvida u stanje bolesnika. U slučajevima pogoršanja ventilacijskog stanja bolesnika preporučuje se pričekati 20 do 30 minuta da se postigne uravnoteženo stanje kako bi se osigurali pouzdani rezultati acidobazne ravnoteže. (Dukić i sur., 2016.)

### 2.6.2. Komplikacije povezane s uzrokovanjem arterijske krvi

Za vrijeme pripreme pacijenta, prije izvođenja postupka važno je pacijentu objasniti i moguće nuspojave vađenja koji se mogu javiti. Moguće komplikacije vezane uz uzrokovanjem arterijske krvi su:

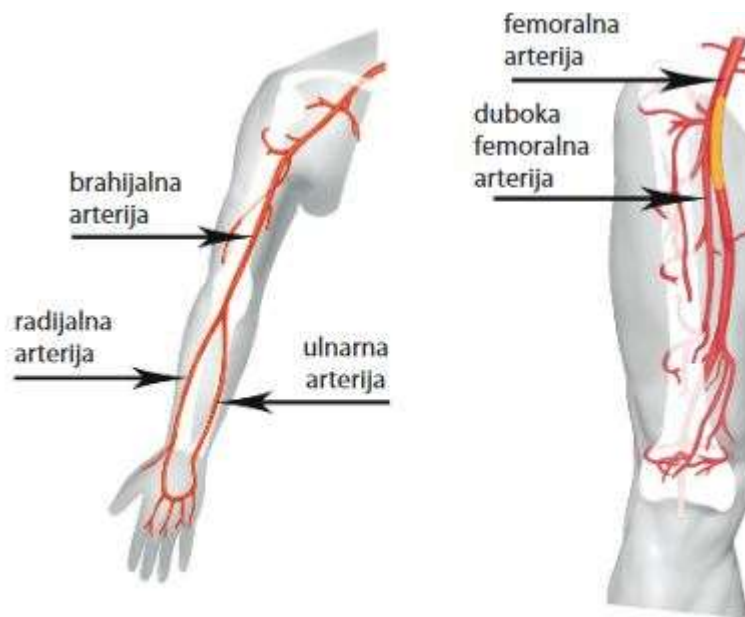
1. arteriospazam ili nehotična kontrakcija arterije – u navedenom slučaju važno je uputiti bolesnika da se pokuša opustiti i udobno smjestiti.
2. hematoma ili prekomjerno krvarenje
3. oštećenje živaca – može se spriječiti odabirom odgovarajućeg mjesta za uzorkovanje i izbjegavanjem preusmjerenja igle.
4. nesvjestica ili vazovagalni odgovor – poželjno je da pacijent leži na leđima prije početka vađenja krvi.

Drugi problemi mogu uključivati pad krvnog tlaka, pritužbe na osjećaj nesvjestice, znojenje ili bljedilo koji mogu prethoditi gubitku svijesti te infekcija ubodnog mjesta. (Svjetska zdravstvena organizacija, 2010.)

### 2.6.3. Postupak uzorkovanja arterijske krvi

Indikaciju za uzimanje uzorka krvi postavlja liječnik i delegira je prvostupnici sestринства s utvrđenim kompetencijama za uzorkovanje arterijske krvi. Nakon pripreme pacijenta slijedi priprema pribora za postupak. Medicinska sestra treba pripremiti sterilni set za arterijalnu punkciju koji sadrži hepariniziranu špricu s iglom, nesterilne rukavice, sterilnu kompresu 5x5 cm, smotuljke od vate ili gaze, alkoholni dezinficijens, hipoalergijski flaster i kompresivni zavoj. (Šepec i sur., 2010.)

Nakon što se medicinska sestra predstavi pacijentu, smjesti ga u udoban položaj i pripremi za postupak odabire mjesto uzorkovanja arterijske krvi. Najčešća mjesta arterijske punkcije su radijalna, brahijalna ili femoralna arterija. Mjesto uboda mora biti sterilno. Kriteriji za odabir mjesta punkcije su dostupnost arterije i veličina te prisutnost odgovarajuće kolateralne cirkulacije. (Dukić i sur., 2016.)



Slika 2. Mjesta punkcije za uzorkovanje arterijske krvi

(Izvor : Dukić i sur., 2016.)

Pravilna tehnika podrazumijeva odsutnost zraka u šprici s uzorkom krvi, ona mora biti zatvorena tako da nema mogućnosti kontakta sa zrakom. Analiza ABS-a unutar 30 minuta od uzorkovanja osigurava pouzdanost dobivenih rezultata, osim u slučaju povećanog broja leukocita i trombocita. Nakon odabranog mjesta uboda, mjesto punkcije se dezinficira alkoholnim dezinficijensom kružnim pokretima od sredine prema periferiji. Punktira se sterilnom špricom pod kutem od 45° do 60°, ovisno o mjestu uboda. Arterijskim pulzacijama se dopusti da se šprica napuni do volumena od 2ml. Sterilnom kompresom treba komprimirati mjesto uboda. Važno je posebno praćenje pacijenata koji su na antikoagulatnoj terapiji jer se mjesto punkcije treba komprimirati 15 minuta. Kompresivnim zavojem se učvršćuje sterilna kompresa. Na šprici se potom obilježe potrebni podaci prema pravilima ustanove. Važno je da medicinska sestra nakon postupka kontrolira mjesto uboda i prati vitalne funkcije bolesnika. Upotrebljeni pribor se zbrinjava prema pravilnicima ustanove za zbrinjavanje infektivnog materijala te se postupak evidentira u sestrinsku dokumentaciju. (Šepec i sur., 2010.)

#### 2.6.4. Pogreške pri uzorkovanju i analizi arterijske krvi

S obzirom na to da informacije dobivene analizom acidobaznog statusa izravno utječu na dijagnostički i terapijski pristup pacijentu, sve se više važnosti pridaje pogreškama koji se događaju u laboratorijskoj dijagnostici, kao i strategijama za njihovo praćenje i sprječavanje. (Kopčinović, 2021.) Neodgovarajuće prikupljanje i rukovanje uzorcima arterijske krvi može dovesti do netočnih rezultata. Razlozi koji mogu utjecati na nalaz krvi uključuju:

- prisutnost zraka u uzorku
- pogrešan uzorak (prikupljanje venske, a ne arterijske krvi)
- neodgovarajuća količina heparina u špricu ili nepravilno miješanje nakon vađenja krvi
- zakašnjeli transport uzoraka. (Higgins, 2004.)

Preanalitičke pogreške prilično su česte u području primjene pretraga uz bolesnika (POCT) koje provodi nelaboratorijsko osoblje. Takav način rada provodi se većinom u jedinicama intenzivnog liječenja i u hitnom prijemu. Na tim mjestima, POCT testiranje obično provodi kliničko osoblje (tj. medicinske sestre i liječnici), koje nije educirano za laboratorijski rad kao laboratorijski stručnjaci. Takav pristup može rezultirati raznim pogreškama u svezi nedostatka specifičnih znanja i iskustva. Kod kritičnih bolesnika koji su u jedinicama intenzivnog liječenja primjenjuje se paleta lijekova, infuzijskih otopina i krvnih transfuzija koje mogu imati direktan utjecaj na nalaz. Osoblje radi pod stresom i opterećenjem u situacijama kada je pacijent životno ugrožen, što također doprinosi mogućnosti pogreške u procesu rada. (Šimundić, 2014.)

Kako bi se rizik od raznih pogrešaka tijekom rada sveo na minimum, potrebno je uspostaviti standardizirane postupnike koji detaljno opisuju način rada i rukovanje s uzorcima i uređajima u POCT. Uz postupnike, važna je kontinuirana edukacija i uvježbanost osoblja koji provode testiranje. Kao i u centralnom laboratoriju, kvalitetna predanalitička faza u POCT -u ključna je za kvalitetan uzorak. Razumijevanje predanalitičkih čimbenika koji mogu pridonijeti pogreškama može pomoći zdravstvenim djelatnicima da maksimiziraju potencijal POCT - a za svoje pacijente. (Ahuja, 2018.)

## 2.7. Uređaj za određivanje ABS-a

Uređaji za određivanje ABS-a spadaju u uređaje koji se uglavnom koriste uz samog pacijenta, što ih, uz njihove tehničke karakteristike svrstava u POCT uređaje. Analizom različitih uzoraka arterijske, kapilarne i venske krvi na tim uređajima (laboratorijski ili POCT) dobiva se niz parametara koji daju informaciju o stanju plinova u krvi, elektrolitima, metabolitima. POCT uređaji sve više postaju dio opreme intenzivnih jedinica zbog dodatnog doprinosa po pitanju brzine, dostupnosti, smanjenih troškova, ali i stalnog praćenja stanja acidobaznog statusa kod kritično bolesnih pacijenata. Za POCT uređaje je karakteristično to što su lako prenosivi i daju brze rezultate u samo nekoliko minuta, a njima se lako rukuje. Jednostavnost rukovanja iskazuje se u svega nekoliko radnih koraka koje je potrebno učiniti.



Ono što je nedostatak je način provođenja održavanja, provođenje kontrole kvalitete i način rukovanja od strane nelaboratorijskog osoblja, poput medicinskih sestara i liječnika. (Kapoor i sur., 2014.)

U jednom istraživanju, Fermann i suradnici su pregledali vrlo velik broj objavljenih radova koji jasno potvrđuje da je POCT tehnologija učinkovita, pouzdana i da pruža bolju njegu pacijentima. Postoje dokazi da upotreba POCT dovodi do smanjenja TAT -a (engl. Therapeutic turnaround time) u usporedbi sa središnjim laboratorijskim ispitivanjem, što rezultira poboljšanjem kliničkih ishoda i doprinosi brzini odluke o terapijskom pristupu kod kritičnih bolesnika. (Parupudi i sur., 2021.)

## 2.8. Uloga acidobaznog statusa kod bolesnika s COVID-19

Sam tijek bolesti COVID-19 najčešće se prvo manifestira virusnom infekcijom dišnih puteva, nereguliranim upalnim odgovorom ili citokinskom olujom, nakon čega zna nastupiti klinička slika teške pneumonije koja zahtjeva respiracijsku potporu i mehaničku ventilaciju. (Mahečić i sur., 2021.)

Drugi simptomi infekcije koje se javljaju kod COVID-19 bolesnika su povišena temperatura, zimica, grlobolja, mialgije, suhi kašalj, dispneja, gubitak okusa i mirisa. Povraćanje i proljev javlja se u 5–10% oboljelih. Teži oblik s pneumonijom razvija se u 10–15% oboljelih, dok 5% bolesnika zahtijeva liječenje u jedinicama intenzivnog liječenja. Prema preporukama Nacionalnog instituta za infektivne bolesti „L. Spallanzani” u Rimu, uzimajući u obzir MEWS bodovnu skalu (engl. Modified Early Warning Score) bolesnici s COVID-19 se prema težini bolesti i prisutnosti rizika za razvoj teškog oblika mogu razvrstati u 4 kategorije:

1. blaga ili asimptomatska bolest COVID-19;
2. srednje teška stabilna bolest COVID-19 (MEWS <3);
3. teška nestabilna, ali nekritična bolest COVID-19 (MEWS 3-4);
4. teška kritična bolest COVID-19 (MEWS ≥5) (Vince, 2020.)

Napretkom bolesti pogoršava se respiratorna ventilacija pa je praćenje respiratorne ventilacije i oksigencije putem ABS-a vrlo čest postupak. Poremećaj ABS-a je najčešće karakteriziran akutnom respiratornom hipoksemijom, hipokapničkim stanjem s kompenzacijskom alkalozom. To obično upućuje na progresivnu plućnu mikroemboliju koja otkriva unutarnji, postojani hiperkoagulabilni proces s endotelnom aktivacijom kao posljedicom nekontroliranog povećanja protoupalnih citokina. (Balzanelli, 2020.)

Uobičajeni parametri ABS-a koje se prate i u COVID-19 bolesnika prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Parametri acidobaznog statusa i očekivane vrijednosti u arterijskoj krvi

<b>pH</b>	7.35 - 7.45
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	35 - 45 mmHg
<b>PaO<sub>2</sub></b>	80 - 100 mmHg (na sobnom zraku)
<b>HCO<sub>3</sub></b>	21 - 28 mmol/L
<b>BE</b>	-2 do +2
<b>SaO<sub>2</sub></b>	> 97%
<b>CaO<sub>2</sub></b>	17 - 20 mls O <sub>2</sub> /100 mls

(Izvor: Mahečić i sur., 2021.)

Praćenje ABS-a kod COVID-19 bolesnika je dostupan i brz dijagnostički postupak koji omogućuje donošenje terapijskih odluka i intervencija. Relativno jednostavno se interpretira i ukazuje na različite kompenzacijske odgovore organizma na virusnu infekciju. Pravilno uzorkovanje uz točnu interpretaciju pomaže pri potvrđivanju postojanja hipoksije, stanja teške hipoperfuzije, hipotermije, anemije ili venske kongestije koje zahtijevaju promptnu medicinsku intervenciju. (Mahečić i sur., 2021.)

Upravo se iz nalaza ABS-a mogu razaznati stanja hipoksemije i hipoksije, koja su česta kod teških oblika oboljenja COVID-a 19, što onda olakšava odluku za primjenu adekvatne oksigenoterapije.

### Preporuke za primjenu oksigenoterapije:

1. srčani arrest i zastoj disanja
2. hipoksemija ( $\text{PaO}_2 < 7,8 \text{ kPa}$ ,  $\text{SaO}_2 < 90\%$ )
3. hipotenzija (sistolički krvni tlak  $< 100 \text{ mm Hg}$ )
4. nizak minutni volumen srca i metabolička acidoza (bikarbonati  $< 18 \text{ mmol/l}$ )
5. respiratorni distres (brzina disanja  $> 24/\text{min}$ )

### Preporuke za praćenje i monitoriranje bolesnika na oksigenoterapiji:

1. prije terapije početne primjene oksigenoterapije osigurati početni nalaz acidobaznog statusa pacijenta.
2. ABS treba ponovno uzorkovati unutar 2 sata od početka terapije kisikom i  $\text{FiO}_2$  prilagoditi u skladu s tim. (odgovarajući odgovor definiran je kao  $\text{paO}_2 > 7,8 \text{ kPa}$  ili  $\text{SaO}_2 > 90\%$ )
3. pacijente s hipoksemijom, kod kojih postoji rizik od poremećaja srčanog ritma ili zatajenja disanja, potrebno je kontinuirano pratiti oksimetrijom.
4. kod pacijenata s rizikom od respiratornog zatajenja tipa II, ABS treba češće uzorkovati kako bi se procijenio  $\text{paO}_2$  i  $\text{SaO}_2$ .
5. u akutnoj fazi oboljenja, odgovor organizma na oksigenoterapiju treba svakodnevno pratiti analizom plina u arterijskoj krvi ili oksimetrijom, a  $\text{FiO}_2$  prilagoditi u skladu s tim. (Bateman i sur, 1998.)

U konačnici, cilj liječenja je izbjeći hiperoksiju, kao i hipoksiju. Ciljani  $\text{spO}_2$  između 92% i 96% povezan je s dobrim ishodima u bolesnika s ARDS-om u bolesti COVID-19.

### 3. CILJ RADA

Cilj ovog završnog rada bio je:

- prikazati značaj određivanja i učestalost poremećaja ABS-a u oboljelih od bolesti COVID-19 koje su mjerene kao POCT pretrage pri COVID 1 odjelu OB Pula.
- prikazati dinamiku mjerenih vrijednosti prije i nakon potpomognute oksigenacije.

#### 3.1. MATERIJALI I METODE

Po svom ustroju, ovaj završni rad predstavlja retrospektivno istraživanje. Analizirani su prikupljeni podaci 32 pacijenta COVID 1 Odjela OB Pula, preuzeti iz LIS-a.

##### 3.1.1. Ispitanici

U ispitivanju su obrađeni podaci 32 nasumično odabrana pacijenta, 18 muškaraca i 14 žena oboljelih od bolesti COVID-19 i liječenih u razdoblju od travnja 2020. do travnja 2021. godine pri COVID 1 odjelu OB Pula, između ostalog potpomognutom ventilacijom.

##### 3.1.2. Metode

Određivanje ABS-a provedeno je višekratno, dnevno, na analizatoru GEM Premier 3500 (Instrumentation laboratory, Bedford, SAD). Postupak je uključivao upotrebu arterijske krvi koja je uzorkovana u ispravno obilježene jednokratne šprice s balansiranim heparinom u koncentraciji od 25 IU/ml. Uzorak se analizirao unutar 15 minuta nakon uzorkovanja krvi.

Bilježeno je prvo određivanje acidobaznog statusa (ABS1), za vrijeme upotrebe potpomognute ventilacije (ABS2) i pri otpustu (ABS3) s COVID 1 Odjela. Uzimajući u obzir referentne vrijednosti, pH manji od 7,35 definirao je acidemiju dok je pH veći od 7,45 definirao alkalemiju.

### 3.1.3. Statistička obrada rezultata

U obradi rezultata korišten je MedCalc R statistički program (MedCalc 9.3.3.0. Frank, Schoonjans, Mariakerke, Belgija) i programska verzija Excel 2016 (Microsoft Office professional Plus 2016). Dobiveni rezultati prikazani su srednjom vrijednosti i postotkom.

### 3.2. REZULTATI

U OB Pula uspostavljena je upotreba 5 POCT uređaja GEM Premier 3500 (Instrumentation laboratory, Bedford, SAD) za određivanje ABS-a. Jedan od uređaja nalazio se pri Odjelu COVID 1. Izgled uređaja prikazan je slikom 3.



Slika 3. POCT uređaj

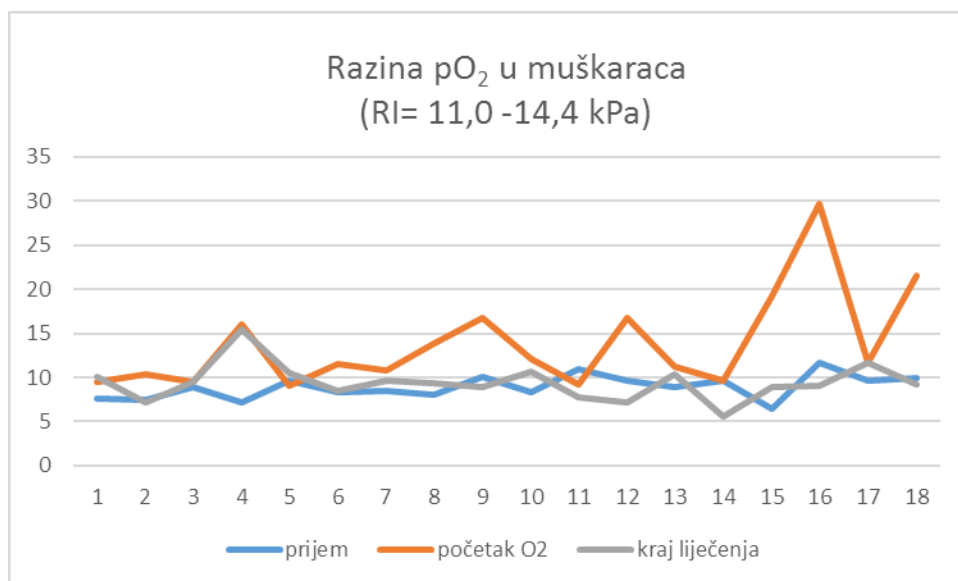
(izvor: [https://technomed.co.ke/wp-content/uploads/2016/06/Brochure-GEM-3500\\_EU.pdf](https://technomed.co.ke/wp-content/uploads/2016/06/Brochure-GEM-3500_EU.pdf))

Određivanje acidobaznog statusa uključivalo je određivanje svih parametara među kojima su izdvojeni pH, pO<sub>2</sub> i sO<sub>2</sub>. Prosječna starost (median) bolesnika uključenih u studiju iznosila je 69 godina za muškarce i 68,5 godina za žene. Osim povišene tjelesne temperature i malaksalosti, veći dio pacijenata naveo je dispneju kao jedan od problema zbog kojeg su zatražili liječničku pomoć. Pri samom prijemu bolesnika na bolničko liječenje učinjen je ABS kao pretraga kojom se dobio uvid u oksigenaciju krvi. Iz izmjerenih početnih vrijednosti pH izvidno je da 34% bolesnika imalo pH unutar referentnih vrijednosti (7,35 do 7,45), 63 % bolesnika pokazivalo je alkalemiju (pH > od 7,45) i samo 3 % acidemiju (pH < od 7,35). Na slici 4 grafički su prikazane početne pH vrijednosti krvi.

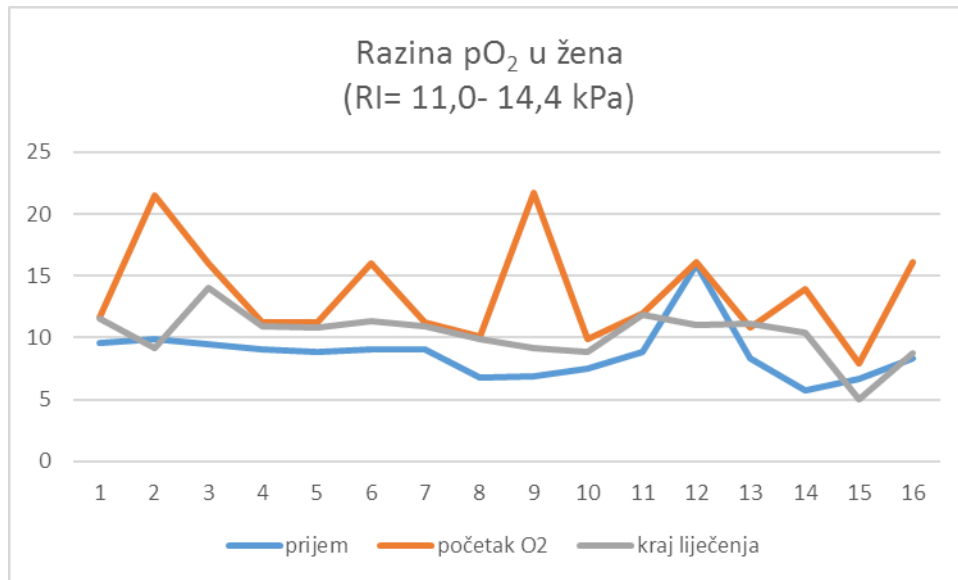


Slika 4. Početne vrijednosti pH krvi  
(izvor: autor, podaci iz LIS-a OB Pula)

Vrijednosti  $pO_2$  od prijema do završetka liječenja za skupinu muškaraca kretale su se od 6,5 do 29,7 kPa, dok su u žena iznosile od 5,0 do 21,7 kPa. (RI=11,0 do 14,4 kPa) i prikazane su na slici 5 i 6.

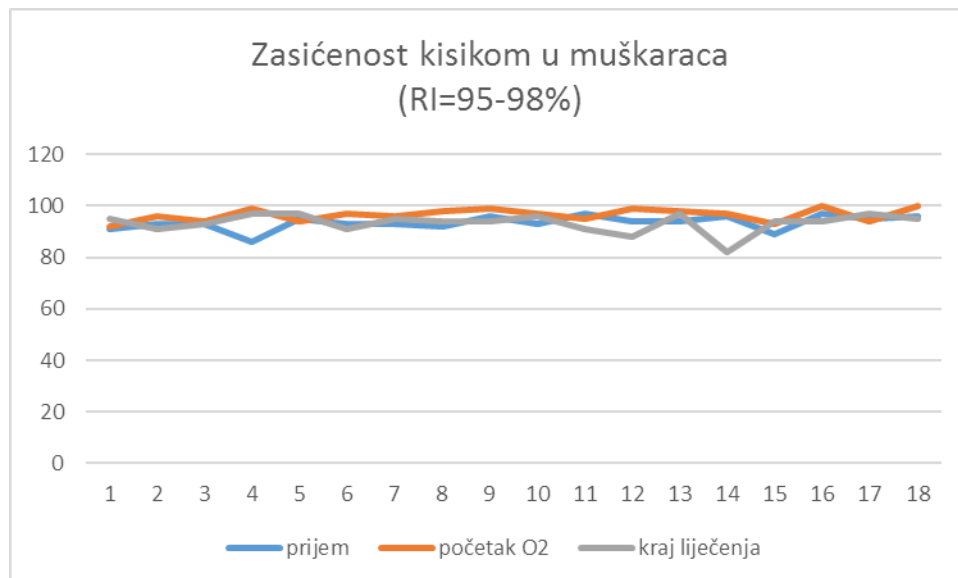


Slika 5. Vrijednosti  $pO_2$  u muškaraca  
(izvor: autor, podaci iz LIS-a OB Pula)



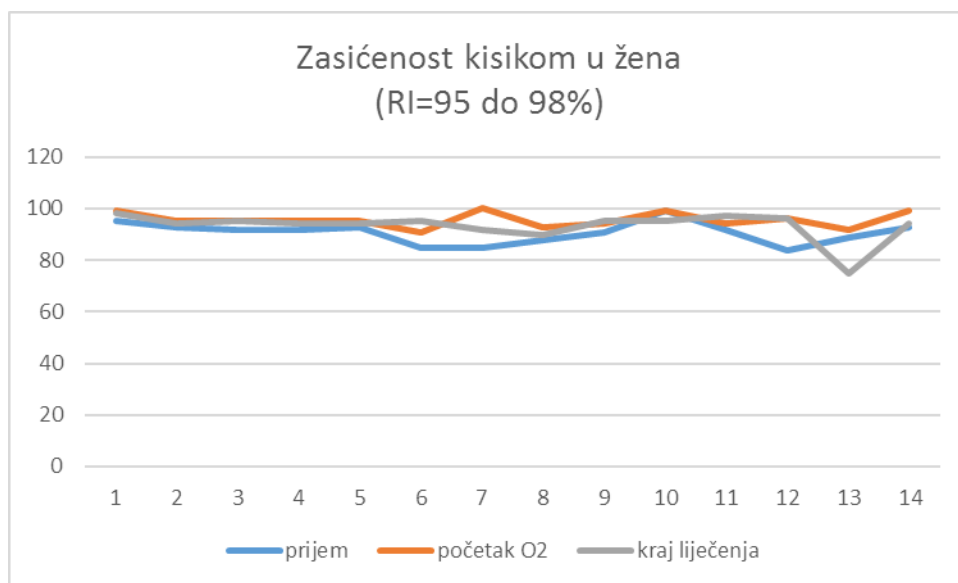
Slika 6. Vrijednosti pO<sub>2</sub> u žena  
(izvor: autor, podaci iz LIS-a OB Pula)

Zasićenost kisikom (RI= 95 do 98%) od prijema do završetka liječenja za skupinu muškaraca kretala se od 89 do 100%, dok je u žena iznosila od 75 do 100% i prikazana je na slici 7 i 8.



Slika 7. Zasićenost kisikom u muškaraca  
(izvor: autor, podaci iz LIS-a OB Pula)





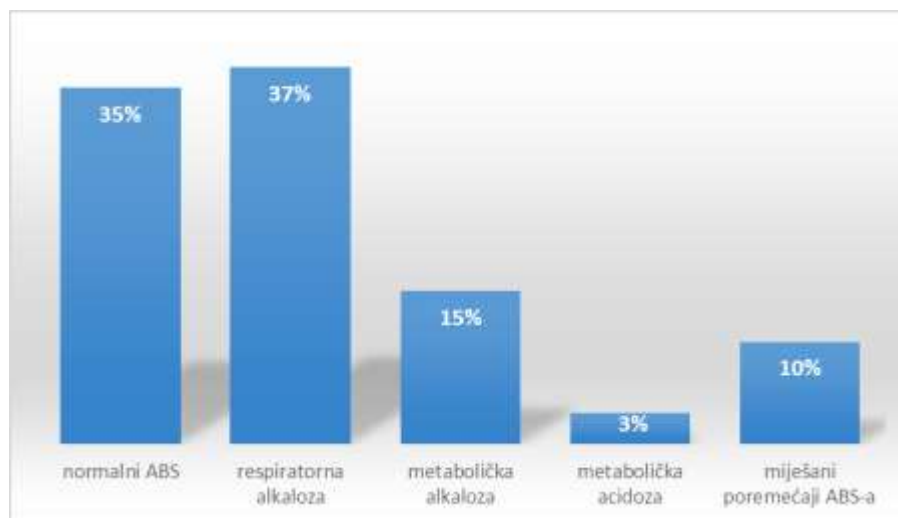
Slika 8. Zasićenost kisikom u žena  
(izvor: autor, podaci iz LIS-a OB Pula)

Nakon provedenog liječenja koje je uključivalo i potpomognutu oksigenaciju, završne vrijednosti pH pokazivale su da je 56% bolesnika doseglo pH unutar referentnih vrijednosti (7,35 do 7,45), 31 % bolesnika pokazivalo je alkalemiju (pH > od 7,45) i 13 % acidemiju (pH < od 7,35). Na slici 8 grafički su prikazane završne pH vrijednosti krvi.



Slika 9. Završne vrijednosti pH krvi  
(izvor: autor, podaci iz LIS-a OB Pula)

Prema izmjerenim vrijednostima pH, pCO<sub>2</sub> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, upotrebom internetskog tabličnog kalkulatora (<http://www.medcalc.com/acidbase.html>), za sve ispitanike određeni su početni poremećaji ABS-a. Učestalost poremećaja prikazana je slikom 10.



Slika 10. Poremećaji ABS-a pri primitku na liječenje  
(izvor: autor, podatci iz LIS-a OB Pula)

#### 4. RASPRAVA

Promjene u acidobaznoj ravnoteži česte su u teških bolesnika i ukazuju na ozbiljnost primarnog patološkog procesa. Velika većina promjena je blaga i rijetko značajnije narušavaju homeostazu organa. Ozbiljnije promjene acidobazne ravnoteže mogu imati utjecaja na više organa i cijele organske sustave. Uslijed širenja pandemije SARS-CoV-2, primijećeno je da su glavni učinci zaraze usmjereni na poremećaje acidobazne ravnoteže kao posljedice nastanka upale pluća i bubrega, kao što je pokazano u studiji Sjöströma i suradnika.

Upravo takvi poremećaji bili su predmet ispitivanja i ovog rada. U radu je ispitana učestalost poremećaja ABS-a u skupini simptomatskih pacijenata s dijagnozom bolesti COVID-19.

Od početka pandemije, jedan od ciljeva u zbrinjavanju pacijenata s dijagnozom COVID-19 bio je približavanje i ubrzavanje dijagnostike ABS-a. U tu svrhu, COVID odjelima i odjelima intenzivne skrbi, dodijeljeni su POCT analizatori kojima se promptno mogla pružiti osnovna laboratorijska dijagnostika, određivanje ABS-a uz pripadajuće metabolite i elektrolite.

Ovim završnim radom obuhvaćena su nasumično odabrana 32 pacijenata oboljela od bolesti COVID-19. U pitanju su pacijenti za koje nam je bila dostupna medicinska dokumentacija i kojima je učestalost određivanja ABS-a bila češća nego je to uobičajeno. Također, svim odabranim pacijentima pružena je potpomognuta oksigenacija niskog i/ili visokog protoka kisika. Od navedenog broja pacijenata, 5 ih je preminulo tijekom ili neposredno nakon liječenja.

Prosječna starost (median) bolesnika uključenih u studiju iznosila je 69 godina za muškarce i 68,5 godina za žene, što potvrđuje da je starosna dob značajan čimbenik obolijevanja od bolesti COVID-19. Osim povišene tjelesne temperature i malaksalosti, veći dio pacijenata naveo je dispneju kao jedan od problema zbog kojeg su zatražili liječničku pomoć. Pri samom prijemu bolesnika na bolničko liječenje učinjen je ABS kao pretraga kojom se dobio uvid u oksigenaciju krvi.

Iz izmjerenih početnih vrijednosti pH izvidno je da 34% bolesnika imalo pH unutar referentnih vrijednosti (7,35 do 7,45), 63 % bolesnika pokazivalo je alkalemiju (pH > od 7,45) i samo 3 % acidemiju (pH < od 7,35).

Slično retrospektivno istraživanje i praćenje ABS parametara proveli su Morne i suradnici u Cape Townu u Južnoj Africi tijekom 2020. godine.

Povećani udio pacijenata s alkalemijom nije ni literaturno potpuno razjašnjen pa se pretpostavlja da uzroci alkalemije nastaju kao poremećaj funkcije bubrega, s prekomjernom aktivacijom mineralokortikoida (endogeno ili egzogeno), na što je ukazao Morne u svojem radu.

U praćenju vrijednosti pO<sub>2</sub> prosječna vrijednost u južnoafričkoj studiji bila je 7,4 kPa. Rezultati ovog završnog rada pokazuju da je prosječna vrijednost pO<sub>2</sub> pri primitku iznosile 8,78 kPa s rasponom vrijednosti od 5,3 do 8,4 kPa. Rezultati južnoafričke studije pokazali su da pacijenti s vrijednostima pO<sub>2</sub> od 5,3 do 7,4 kPa pri prijemu nisu preživjeli. Vrlo slične podatke dobili smo i za preminule pacijente iz naše studije, za koje je pO<sub>2</sub> pri prijemu iznosio od 5,7 do 9,7 kPa. No, brzom procjenom, primjenom visokoprotalnog kisika, adekvatnom farmakoterapijom, kao i kompleksnom i kontinuiranom zdravstvenom njegom i skrbi za oboljele u OB Pula, neki od pacijenata s nižom početnom vrijednosti pO<sub>2</sub> nisu preminuli.

Tijekom praćenja zasićenosti kisikom (RI= 95 do 98%) od prijema do završetka liječenja, izmjerene vrijednosti kretale su se od 89 do 100% za muškarce i 75 do 100% za žene. Ovi rezultati također koreliraju s ranije spomenutom studijom u kojoj je zasićenost kisikom pri prijemu iznosila 88,7%. Kroz liječenje, prosječna vrijednost zasićenosti kisikom polagano je rasla (M= 95%, Ž=93%), da bi pri otpustu i prekidanjem potpomognute oksigenacije neznatno pala kod muškaraca (M=93%, a kod žena je ostala ista.

Nakon provedenog liječenja, u kojem je vrlo važno mjesto pripalo potpomognutoj oksigenaciji primjenom visoko protočnog kisika, završne vrijednosti pH pokazivale su da je 56% bolesnika doseglo pH unutar referentnih vrijednosti (7,35 do 7,45), 3% bolesnika pokazivalo je alkalemiju (pH > od 7,45) i 13% acidemiju (pH < od 7,35). To je poboljšanje za 22% u području normalnih vrijednosti i čak 32% u području alkalemije.

Porast acidemije za 10% može se tumačiti kao kompenzatorni mehanizam prisutnih alkalemija.

Iz izmjerenih vrijednosti pH,  $p\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  i njihove korelacije dobivene upotrebom internetskog tabličnog kalkulatora, za sve ispitanike određeni su početni poremećaji ABS-a. Rezultati su pokazali da su pacijenti pri primitku na liječenje u 35% slučajeva imali normalni ABS, u 37% slučajeva iskazali su respiratornu alkalozu, u 15% metaboličku alkalozu, u njih 3% bila je prisutna metabolička acidoza, a kod čak 10% njih miješani poremećaj acidobazne ravnoteže.

Naime, respiratorna alkalozu javlja se kao najčešći disbalans kiseline i baze u kliničkoj praksi. Poremećaj je općenito induciran procesom koji uključuje hiperventilaciju, hipoksemiju, plućne bolesti i druga oboljenja. U više objavljenih istraživanja rezultati pokazuju da je respiratorna alkalozu uobičajena pojava kod COVID pozitivnih bolesnika i može se navesti kao dodatan čimbenik rizika za mogući razvoj težeg oblika bolesti. Istraživanje koje su proveli Wu i suradnici u bolnici Changsha u Kini, pokazalo je da je respiratorna alkalozu češća u žena što povezuju s mogućim utjecajem hormona progesterona kod žena.

U ovom provedenom istraživanju ne postoji značajna razlika između ženskog i muškog spola u incidenciji pojave respiratorne alkaloze, a dobiveni su rezultati u skladu s navedenim rezultatima koje su objavili Alfano i suradnici.

U istraživanju koje je proveo Shangl potvrđeno je da vrijednosti ABS-a koreliraju s prisutnošću i morfologijom CT lezija te se mogu ponoviti za redovito praćenje kritično bolesnih pacijenata. Stoga je ABS brza, jeftinija, široko korištena pretraga i vrijedan alat za početnu prognostičku procjenu pacijenata sa SARS- CoV-2 infekcijom.

## 5. ZAKLJUČAK

COVID-19 je bolest uzrokovana novim sojevima koronavirusa, a iskazuje se povišenom tjelesnom temperaturom, suhim kašljem, umorom, iskašljavanjem, zaduhom i vrlo čestom komplikacijom, pneumonijom. Rjeđi simptomi su glavobolja, suho grlo, probavne tegobe, promjene u osjetu njuha i okusa. Starija dob i komorbiditeti kao što su hipertenzija, dijabetes melitus, kronične plućne bolesti, kardiovaskularne bolesti i pretilost predstavljaju značajni rizični faktor za bolesnike inficirane koronavirusom.

U utvrđivanju stupnja oboljenja, nakon pozitivnog PCR testa nazofarniksa, osim kliničke slike koristi se niz parametara laboratorijske dijagnostike u koji se ubraja i plinska analiza arterijske krvi. U pitanju je vrijedan pokazatelj respiratornog statusa bolesnika i prisutnost metaboličkih poremećaja.

Upotrebom POCT uređaja moguće je osigurati brzo, točno i efikasno odlučivanje o terapijskim i medicinskim intervencijama kod oboljelih. Pri tome je izuzetno važno dobro educirati nelaboratorijsko zdravstveno osoblje koje radi u neposrednom kontaktu s COVID-19 pozitivnim bolesnicima. To se osobito odnosi na edukaciju o pravilnim tehnikama uzrokovanja krvi, rukovanju s POCT uređajima za analizu krvi i edukaciju o prepoznavanju dobivenih podataka i nužnosti o njihovom izvještavanju.

Primjena ABS-a i praćenje ABS parametara kod oboljelih od bolesti COVID-19 pokazuje da već pri prijemu na liječenje pacijenti pokazuju visoku stopu poremećaja acidobazne ravnoteže, u kojima se ističu metabolička i respiratorna alkalozna.

Stoga, određivanje ABS-a pridonosi brzom medicinskoj intervenciji u obliku primjene potrebne oksigenoterapije kod težih oblika bolesti, usmjeravanje prema ispravljanju metaboličkih poremećaja, a sve u cilju što kvalitetnije zdravstvene skrbi, ali i čim većeg postotka preboljenja.

## 6. LITERATURA

1. Ahuja, A. (2018) Preanalytical errors and critical variables in POCT. *Clinical Laboratory Reference*. [Online] Dostupno na: <https://www.mlo-online.com/continuing-education/article/13009495/preanalytical-errors-and-critical-variables-in-poct> [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]
2. Alfano, G. i sur., (2021) Acid base disorders in patients with COVID-19. *International Urology and Nephrology*. [Online]. Dostupno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11255-021-02855-1> [Pristupljeno: 14. kolovoza 2021.]
3. Bateman, N. T. i Leach, R. M. (1998). ABC of oxygen. Acute oxygen therapy. *BMJ (Clinical research ed.)*. [Online] 317(7161), str. 798–801. Dostupno na: <https://doi.org/10.1136/bmj.317.7161.798> [Pristupljeno: 01. rujna 2021.]
4. Bolf, N., Dorić, H., i Bolf, N. (2015) Mjerna i regulacijska tehnika: Mjerenje i regulacija pH (I. dio). *Kemija u industriji*. [Online] 64(9-10), str. 578-580. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/145141> [Pristupljeno: 05. rujna 2021.]
5. Brinkman, JE. i Sharma, S. (2021) Physiology, Metabolic Alkalosis. *StatPearls*. [Online]. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482291/> [Pristupljeno: 26. kolovoza 2021.]
6. Castro, D., Patil, SM. i Keenaghan M. (2021) Arterial Blood Gas. *StatPearls*. [Online] Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536919> [Pristupljeno: 06. rujna 2021.]
7. Constable, P. (2014) Acid-base assessment: when and how to apply the Henderson-Hasselbalch equation and strong ion difference theory. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*. [Online] 30(2) str. 295-316 Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24980723/> [Pristupljeno: 07. rujna 2021.]
8. Dukić, L. i sur., (2016) Blood gas testing and related measurements: National recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine. *Biochemia Medica*. [Online] 26(3) str. 318-36. Dostupno na: <https://doi.org/10.11613/BM.2016.036> [Pristupljeno: 03. rujna 2021.]

9. Davis, M., Walsh, B., Sittig, S. i Restrepo, R. (2013) AARC Clinical Practice Guideline: Blood Gas Analysis and Hemoximetry: 2013. *Respiratory Care*. [Online] 58(10) str. 1694-1703. Dostupno na: <http://rc.rcjournal.com/content/58/10/1694/> [Pristupljeno: 10. kolovoza 2021.]
10. Hamm, L., Nakhoul N. i Hering-Smith, K. (2015) Acid-Base Homeostasis. *CJASN*. [Online] 10 (12) str. 2232-2242; Dostupno na: <https://cjasn.asnjournals.org/content/10/12/2232> [Pristupljeno: 21. kolovoza 2021.]
11. Hetch, M. (2020) Metabolic Alkalosis. *Healthline*. [Online] Dostupno na: <https://www.healthline.com/health/metabolic-alkalosis> [Pristupljeno: 28. kolovoza 2021.]
12. Higgins, C. (2004) An introduction to acid-base balance in health and disease. [Online] Dostupno na: <https://acutecaretesting.org/en/articles/an-introduction-to-acidbase-balance-in-health-and-disease> [Pristupljeno: 02. rujna 2021.]
13. Higgins, C. (2016) Useful tips to avoid preanalytical errors in blood gas testing: pH, pCO<sub>2</sub> and pO<sub>2</sub>. [Online] Dostupno na: <https://acutecaretesting.org/en/articles/useful-tips-to-avoid-preanalytical-errors-in-blood-gas-testing-ph-pco2-and-po2> [Pristupljeno: 02. rujna 2021.]
14. Karlović, I. (2020) Specifičnosti kliničke slike i zdravstvene njege pacijenata oboljelih od COVID-19', *Završni rad*, Sveučilište Sjever. [Online] Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin:3667> [Pristupljeno: 13. kolovoza 2021.]
15. Kaufman, D. (2021) Interpretation of Arterial Blood Gases (ABGs). *American thoracic society*. [Online] Dostupno na: <https://www.thoracic.org/professionals/clinical-resources/critical-care/clinical-education/abgs.php> [Pristupljeno: 10. rujna 2021.]
16. Kofstad, J. (2012) 100 years of blood gas and acid base analysis in clinical medicine. [Online] Dostupno na: <https://acutecaretesting.org/en/articles/100-years-of-blood-gas-and-acid-base-analysis-in-clinical-medicine> [Pristupljeno: 13. kolovoza 2021.]



17. Kraut, J. i Madias N. (2012) Treatment of acute metabolic acidosis: A pathophysiologic approach. *Nature Reviews Nephrology*. [Online] 8(10) str. 589-601 Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/230791002\\_Treatment\\_of\\_acute\\_metabolic\\_acidosis\\_A\\_pathophysiologic\\_approach](https://www.researchgate.net/publication/230791002_Treatment_of_acute_metabolic_acidosis_A_pathophysiologic_approach) [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]
18. Lakhani, J., Kapadia, S., Pandya, H., Gill, R., Chordiya, R., i Muley, A. (2021) Arterial blood gas analysis of critically ill Corona virus disease 2019 patients. *Asian Journal of Research in Infectious Diseases*. [Online] (3), str. 51-63. Dostupno na: <https://www.journalajrid.com/index.php/AJRID/article/view/30199> [Pristupljeno: 21. kolovoza 2021.]
19. Lapić, I. i sur.,. (2021) *Acidobazna ravnoteža i povezana mjerenja*. Zagreb: Medicinska naklada.
20. Lewis, J. III (2021) Respiratory Acidosis. *MSD manual*. [Online] Dostupno na: <https://www.msmanuals.com/professional/endocrine-and-metabolic-disorders/acid-base-regulation-and-disorders/respiratory-acidosis> [Pristupljeno: 06. rujna 2021.]
21. Lin, J., Cheng, Z., Ding, X., Qian, Q. (2018) Acid-Base and Electrolyte Managements in Chronic Kidney Disease and End-Stage Renal Disease: Case-Based Discussion. *Blood Purif* . [Online] (45) str. 179-186. Dostupno na: <https://www.karger.com/Article/FullText/485155> [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]
22. Lovrić, J. (2004) pH i puferi, *Medicinar*. [Online] (45) str. 20–23. Dostupno na: [https://www.sfzg.unizg.hr/\\_download/repository/PUFERI-FINAL](https://www.sfzg.unizg.hr/_download/repository/PUFERI-FINAL) [Pristupljeno: 10. kolovoza 2021.]
23. Martin, WJ. i Matzke, GR. (1982) Treating severe metabolic alkalosis. *Clin Pharm. Clinical pharmacy*. [Online]. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6764161/> [Pristupljeno: 10. kolovoza 2021.]
24. Morne C, i sur.,. (2021) Correlating arterial blood gas, acid–base and blood pressure abnormalities with outcomes in covid-19 intensive care patients. *Annals of Clinical Biochemistry*. [Online] (58) str 95-101. Dostupno na: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0004563220972539> [Pristupljeno: 13. kolovoza 2021.]

25. Nuckchady, D.C. (2021), Hyperpyrexia and metabolic alkalosis in a COVID-19 patient. *J Med Virol.* [Online] (93), str. 176. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmv.26276> [Pristupljeno: 10. rujna 2021.]
26. Ostojić, J (2016) Patofiziološki aspekt metaboličkih acidobaznih poremećaja. *Medicinski pomladak.* [Online] (67) str 15-23. Dostupno na: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0369-1527/2016/0369-15271603015N> [Pristupljeno: 04. kolovoza 2021.]
27. Patel, S. i Sharma, S. (2021) Respiratory Acidosis. *StatPearls.* [Online] Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482430/> [Pristupljeno: 12. kolovoza 2021.]
28. Robertson, SA. (1989) Simple acid-base disorders. *Veterinary Clinics of North America.* [Online] 19(2) str. 289-306. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195561689500317> [Pristupljeno: 04. kolovoza 2021.]
29. Sjöström, A., Rysz, S., Sjöström, H., i Höybye, C. (2021) Electrolyte and acid-base imbalance in severe COVID-19. *Endocrine Connections.* [Online] 10(7), str. 805-814, Dostupno na: <https://ec.bioscientifica.com/view/journals/ec/10/7/EC-21-0265.xml> [Pristupljeno: 08. kolovoza 2021.]
30. Srinivasan, S. i Panigrahy, A. K. (2021). COVID-19 ARDS: Can Systemic Oxygenation Utilization Guide Oxygen Therapy?. *Indian journal of critical care medicine,* [Online] (2), str. 115–116. Dostupno na: <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-23740> [Pristupljeno: 11. kolovoza 2021.]
31. Stipić, M. (2011). Kalij i stupanj kiselosti u krvi kod sportaša : doktorska disertacija. *Disertacija,* [Online], Sveučilište u Splitu, Kineziološki fakultet. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:221:035500>. [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]
32. Story, D. (2004) Bench-to bedside review: a brief history of clinical acid-base. *Crit Care. 2004.* [Online] Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15312207> [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]
33. Šepec, S., i sur. (2010) *Standardizirani postupci u zdravstvenoj njezi.* 1. izdanje, Zagreb: Hrvatska komora medicinskih sestara.

34. Štraus, B. i sur.,. (2009) *Štrausova medicinska biokemija*. Zagreb: Medicinska naklada
35. Težak, M. (2017). Minimiziranje pogrešaka prilikom uzimanja uzoraka krvi. *Završni rad, Veleučilište u Bjelovaru*. [Online] Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:144:430458> [Pristupljeno: 28. kolovoza 2021.]
36. Tinawi, M. (2021) Pathophysiology, Evaluation, and Management of Metabolic Alkalosis. *Cureus*. [Online] 13(1) Dostupno na: <https://www.cureus.com/articles/50487-pathophysiology-evaluation-and-management-of-metabolic-alkalosis> [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]
37. Thomas, C i sur.,. (2020) Metabolic Acidosis Clinical Presentation. *Medscape*. [Online] Dostupno na: <https://emedicine.medscape.com/article/242975-clinical> [Pristupljeno: 21. kolovoza 2021.]
38. Vince, A (2020) Covid-19, five months later. *Liječnički vijesnik*. [Online] (142) str 55-63. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/238504> [Pristupljeno: 16. kolovoza 2021.]
39. Webb, A. i sur.,. (2016) *Oxford Textbook of Critical Care*. 2. izdanje. Oxford University Press. London.
40. *WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy*. (2010) Geneva: World Health Organization; 5, Arterial blood sampling. [Online] Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK138661/> [Pristupljeno: 29. kolovoza 2021.]

## 7. POPIS SLIKA

Slika 1. Henderson-Hasselbachova jednadžba. (preuzeto: <a href="https://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-3-ph-y-soluciones/ecuacion-de-henderson-hasse.html">https://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-3-ph-y-soluciones/ecuacion-de-henderson-hasse.html</a> ) .....	3
Slika 2. Mjesta punkcije za uzorkovanje arterijske krvi. Izvor: Dukić i sur., 2016.....	21
Slika 3. POCT uređaj. Preuzeto: <a href="https://technomed.co.ke/wp-content/uploads/2016/06/Brochure-GEM-3500_EU.pdf">https://technomed.co.ke/wp-content/uploads/2016/06/Brochure-GEM-3500_EU.pdf</a> ) .....	29
Slika 4. Početne vrijednosti pH krvi. Izvor: autor .....	30
Slika 5. Vrijednosti pO <sub>2</sub> u muškaraca. Izvor: autor .....	30
Slika 6. Vrijednosti pO <sub>2</sub> u žena. Izvor: autor .....	31
Slika 7. Zasićenost kisikom u muškaraca. Izvor: autor .....	31
Slika 8. Zasićenost kisikom u žena. Izvor: autor .....	32
Slika 9. Završne vrijednosti pH krvi. Izvor: autor.....	32
Slika 10. Poremećaji ABS-a pri primitku na liječenje. Izvor: autor .....	33

## 8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Biokemijske značajke acidobaznih poremećaja. Izvor: Lapić, 2021, .....	17
Tablica 2. Parametri acidobaznog statusa i očekivane vrijednosti u arterijskoj krvi Izvor: Mahečić i sur.2021 .....	25

## 9. SAŽETAK

Pretrage ABS-a i povezanih mjerenja pripadaju prvoj skupini dijagnostičkih postupaka kod hitnih stanja, a na temelju nalaza se donose neodgodive kliničke odluke za procjenu i praćenje stanja svih kritično oboljelih pacijenata, tako i oboljelih od COVID-19. Nalaz arterijske krvi, uzorkovan uz krevet bolesnika, pruža uvid u točnu procjenu izmjene plinova i oksigenacijskog statusa, što je od izrazite važnosti kod liječenja COVID pozitivnih bolesnika s težim oblicima bolesti. Ova pretraga predstavlja brz, dostupan i jeftin dijagnostički postupak koji omogućuje žurno donošenje terapijskih odluka i intervencija.

U organizmu sudjeluju tri glavna sustava za kontrolu koncentracije vodikovih iona u tjelesnim tekućinama - puferski sustav, bubrežni mehanizmi i respiracijski mehanizmi. Ispitivanje acidobazne ravnoteže izravno ukazuje na vrstu nastalog poremećaja u organizmu kao što su metabolička i respiratorna alkalozna, odnosno metabolička i respiratorna acidoza. Istraživanja pokazuju da se kod pacijenata oboljelih od COVID-19 bilježe sve vrste metaboličkih poremećaja, s metaboličkom i respiratornom alkalozom među najzastupljenijim slučajevima, što je potvrđeno i istraživanjem u sklopu rada provedenog u OB Pula na COVID 1 odjelu.

Stoga, uloga medicinske sestre usmjerena je prema uočavanju znakova i simptoma metaboličkih poremećaja, pravilnoj pripremi pacijenta za uzorkovanje krvi, pravilnoj tehnici uzorkovanja krvi, ispravnom rukovanju uzorkom i POCT aparatom za analizu krvi, kao i pravovremenom uočavanju mogućih komplikacija i nuspojava vađenja arterijske krvi. Važnu zadaću predstavlja i usvajanje bazičnih znanja o interpretaciji nalaza koje može doprinijeti brzini donošenja odluka o postupku liječenja.

Ključne riječi: COVID-19, ABS, medicinska sestra, POCT.

## 10. SUMMARY

ABG, arterial blood gases test and related measurements belong to the first group of diagnostic tools especially in treating critically ill patients, based on the results, immediate clinical decisions are made to assess and monitor the condition of all critically ill among which are also COVID-19 patients. POCT provides an insight into the accurate assessment of gas exchange and oxygenation status of patients, which is extremely important in the treatment of COVID positive patients with more severe forms of the disease. Testing is a fast, accessible and inexpensive.

The body has a wide array of mechanisms to maintain homeostasis controlling the concentration of hydrogen ions in body fluids. The main 3 are: buffer system, renal mechanisms and respiratory mechanisms. Analyzing the acid-base balance directly indicates what type of disorder may be happening in the body, such as metabolic and respiratory alkalosis, as well as metabolic and respiratory acidosis. Studies show that in patients with COVID-19 disease, all types of metabolic disorders have been reported, with metabolic and respiratory alkalosis being among the most common cases, which was also confirmed by a study conducted in the hospital in Pula at the COVID 1 department.

Therefore, a nurse's role is aimed towards recognizing signs and symptoms of metabolic disorders, preparing the patient before drawing blood, an adequate technique of blood sampling, correct transport of the blood sample and using of a POCT device for blood analysis, assessment of possible complications and side effects of arterial blood sampling. It's also important to acquire basic knowledge on the interpretation of the findings, which can positively affect the speed of decision making when it comes to medical procedures.

Key words: COVID-19, ABG, nursing, POCT.