

# Primjena ECMO potpore i skrb u jedinici intenzivnog liječenja

---

Pereža, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:236429>

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

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



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

**Završni rad**

**Primjena ECMO potpore i skrb u jedinici intenzivnog  
liječenja**

Zagreb, prosinac 2022. godine



**Sveučilište  
Sjever**

**Odjel biomedicine**

**Primjena ECMO potpore i skrb u jedinici intenzivnog  
liječenja**

**Studentica**

**Ivana Pereža, 3331/336**

**Mentor**

**dr. Nikola Bradić, viši predavač**

## Sažetak

ECMO se smatra modificiranom vrstom kardiopulmonalnih prenosnica s glavnim ciljem potpomaganja radu srca i pluća. S obzirom na procjenu WHO-a, 18 milijuna ljudi godišnje umiru od kardiovaskularne bolesti, a to je ukupno 30-ak % svih slučajeva smrti. Pri velikom broju bolesnih osoba kronična zatajenja srca i kroz optimalne konzervativne terapije dolazi do stadija cirkulacijskih rušenja. Prva mjera izvantjelesnih membranskih oksigenacija usko je povezana s pedijatrijskom medicinom, ali isto tako opće je poznato da se prvi uspješni ECMO proces provodi na odrasloj osobi 1971. godine. Skupa s dvije od osnovnih komponenti, membranskog oksigenatora i crpke za krv, ECMO sustav sastavljen je od kanile, venskih rezeorvara, tubusa, sigurnosnog uređaja, toplinskog izmjenjivača i raznih monitora koji se koriste da bi se pratili bolesnici na ECMO uređajima. Ovisno o tome kakva je srčana funkcija pojedinih bolesnika se bira koja će se vrsta ECMO potpore koristiti. Veno-venski sustav se upotrebljava većinom kod izoliranih zatajenja respiratornog sustava, a veno-arterijski sustav se upotrebljava pri kombiniranoj stavki odnosno kod istovremene respiracije i srčanog zatajenja. Povećano korištenje ovakve vrste uređaja uz sebe usko vezuje i novi izazov kao što je određivanje kriterija za odabiranje bolesnika i donošenja konačnih odluka o korištenju ECMO sustava. Sustav ECMO smatran je invazivnim i tehnički jako složenim postupkom kroz koji se narušavaju cjelovitosti krvožilne stijenke i upleću se u mnogobrojne procese fiziologije. Pri korištenju ekstrakorporalnih cirkulacija dolazi do kontakata krvi s neendotelnim površinama, te je to pogodno za pokretanje koagulacijskih kaskada u imunološkom sustavu. ECMO je zahvat kod kojeg dolazi do skidanja bolesnika s ECMO sustava u trenutku kada dođe do uspostavljanja zadovoljavajuće funkcije srca i pluća, što se manifestira kroz poboljšanje parametara srčanog rada i povlačenje upalnih znakova. Posebno je za ovakvu vrstu bolesnika bitno da imaju dobru dnevnu skrb. Dnevna skrb je temeljna intervencija tijekom terapije i izvodi se radi udobnosti pacijenta, sprječavanja infekcija i održavanja bolesnikove higijene. Dnevna njega bolesnika na ECMO potpori je izrazito zahtjevna intervencija zbog pacijentove ovisnosti o oksigenaciji, moguće zbog dekanulacije i zbog povećane mogućnosti krvarenja.

**Ključne riječi:** ECMO, medicinska sestra, intenzivna njega

## **Abstract**

ECMO is considered a modified type of cardiopulmonary bypass with the main goal of supporting the work of the heart and lungs. According to the WHO's estimate, 18 million people die from cardiovascular disease annually, which is a total of about 30% of all deaths. In a large number of patients with chronic heart failure, even through optimal conservative therapies, the stage of circulatory collapse occurs. The first measure of extracorporeal membrane oxygenation is closely related to pediatric medicine, but it is also widely known that the first successful ECMO process was performed on an adult in 1971. Together with two of the basic components, a membrane oxygenator and a blood pump, an ECMO system is composed of a cannula, venous reservoirs, tubing, a safety device, a heat exchanger, and various monitors used to monitor patients on ECMO devices. Depending on the cardiac function of individual patients, the type of ECMO support to be used is chosen. The veno-venous system is used mostly in isolated respiratory system failures, and the veno-arterial system is used in combined cases, i.e. in case of simultaneous respiration and heart failure. The increased use of this type of device is closely related to a new challenge, such as determining the criteria for selecting patients and making final decisions about the use of the ECMO system. The ECMO system was considered an invasive and technically very complex procedure through which the integrity of the blood vessel wall is violated and it is involved in numerous physiological processes. When using extracorporeal circulations, blood comes into contact with non-endothelial surfaces, and this is suitable for initiating coagulation cascades in the immune system. ECMO is a procedure in which the patient is removed from the ECMO system at the moment when the satisfactory function of the heart and lungs is established, which is manifested through the improvement of heart parameters and the withdrawal of inflammatory signs. It is especially important for this type of patient to have good daily care. Daily care is a fundamental intervention during therapy and is performed for the patient's comfort, prevention of infections and maintenance of the patient's hygiene. Daily care of a patient on ECMO support is an extremely demanding intervention due to the patient's dependence on oxygenation, possibly due to decannulation and due to the increased possibility of bleeding.

**Key words:** ECMO, nurse, intensive care

# Prijava završnog rada

ODJEL Odjel za sestrinstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Sestrinstva

PRISTUPNIK Ivana Pereža

MATIČNI BROJ 3331/336

DATUM 5.12.2022.

KOLEGIJ Anesteziologija, reanimatologija i intenzivno liječenje

NASLOV RADAPrimjena ECMO potpore i skrb u jedinici intenzivnog liječenja

NASLOV ENGL. JEZIKURADA NA Utilization of ECMO treatment and nursing care in ICU

MENTOR dr. Nikola Bradić

ZVANJE viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA doc.dr.sc. Ivana Živoder, predsjednica

Nikola Bradić, v.pred., mentor

2

3. Zoran Žeželj, pred., član

4 izv.prof.dr.sc. Marijana Neuberg

5.

Zadatak završnog rada

BROJ

1652tss/2022

OPIS

ECMO se smatra modificiranom vrstom kardiopulmonalnih prenosnica s glavnim ciljem potpomaganja radu srca i pluća. Povećano korištenje ovakve vrste uređaja uz sebe usko vezuje i novi izazov kao što je određivanje kriterija za odabiranje bolesnika i donošenja konačnih odluka o korištenju ECMO sustava. Sustav ECMO smatran je invazivnim i tehnički jako složenim postupkom kroz koji se narušavaju cjelovitosti krvožilne stijenke i upleću se u mnogobrojne procese fiziologije. Pri korištenju ekstrakorporalnih cirkulacija dolazi do kontakata krvi s neendotelnim površinama, te je to pogodno za pokretanje koagulacijskih kaskada u imunološkom sustavu. ECMO je zahvat kod kojeg dolazi do skidanja bolesnika s ECMO sustava u trenutku kada dođe do uspostavljanja zadovoljavajuće funkcije srca i pluća, što se manifestira kroz poboljšanje parametara srčanog rada i povlačenje upalnih znakova. Posebno je za ovakvu vrstu bolesnika bitno da imaju dobru dnevnu skrb. Dnevna skrb je temeljna intervencija tijekom terapije i izvodi se radi udobnosti pacijenta, sprječavanja infekcija i održavanja bolesnikove higijene. Dnevna njega bolesnika na ECMO potpori je izrazito zahtjevna intervencija zbog mogućih komplikacija kao što je dekanulacija ili krvarenje. U ovo radu opisat ćemo način djelovanja ovog tretmana i znanja koja zdravstveni radnici moraju posjedovati u cilju najbolje skrbi za ove vitalno ugrožene bolesnike.

ZADATAK URUČEN 5.12.2022.



## **Popis korištenih kratica**

**ECMO** – ekstrakorporalna membranska oksigenacija

**V-V** – veno-venski

**V-A** – veno-arterijski

**JIL** – jedinica intenzivnog liječenja

**WHO** – svjetska zdravstvena organizacija



## Sadržaj

1. Uvod .....	7
2. Povijesno razvijanje ECMO sustava .....	9
3. Glavni dijelovi sustava ECMO .....	13
3.1. ECMO cirkulacijski krug .....	16
3.2. Konzola ECMO .....	17
3.3. Izmjenjivač topline .....	18
3.4. Oksigenatori .....	18
3.5. Kanilacija .....	19
3.6. ECMO set .....	20
4. Vrste ECMO potpore .....	21
4.1. Vensko – venski ECMO .....	21
4.2. Veno-arterijski ECMO .....	22
5. Kontraindikacije i indikacije ECMO sustava .....	24
5.1. Indikacije .....	24
5.2. Kontraindikacije kod upotrebe ECMO sustava .....	26
6.1. Komplikacije povezane s bolesnikom .....	27
6.2. Komplikacije povezane uz cirkulacijski krug .....	28
7. Održavanje ECMO sustava .....	30
7.1. Sedacija .....	30
7.2. Uzimanje uzoraka krvi i antikoagulantna terapija .....	31
8. Postupak skidanja s ECMO sustava .....	32
9. Zdravstvena njega bolesnika pod ECMO potporom .....	33
9.2. Sestrinska dijagnoza .....	35
9.3. Sprječavanje infekcija .....	36
10. Zaključak .....	38
11. Literatura .....	39

# 1. Uvod

Ekstrakorporalnu membranoznu oksigenaciju (engl. extracorporeal membrane oxygenation – ECMO) smatra se spasonosnim načinom i značajnim dijelom svakog od programa povezanih s mehaničkim cirkulacijskim potporama. S obzirom na procjenu WHO-a, 18 milijuna ljudi godišnje umiru od kardiovaskularne bolesti, a to je ukupno 30-ak % svih slučajeva smrti[1]. Kod velikog broja bolesnika s kroničnim zatajenjem srca i kroz optimalne konzervativne terapije dolazi do stadija cirkulacijskog urušaja. Aplikacija mehaničke cirkulacijske potpore može kod bolesnika privremeno riješiti do konačnog oporavljanja organa odnosno denitivnog procesa. ECMO se smatra tehnikom mehaničkom cirkulacijsko - respiracijskom potporom kroz koju se omogućuje podrška radu srca i pluća kod bolesne osobe koje imaju oštećenje funkcije tih organa do razine vitalne ugroženosti bez obzira na sva medikamentozna i suportivna sredstva i mjere. S tehnološkog gledišta govori se o jednakoj platformi kod koje je inačica pod nazivom ECMO određena kao podrška pri respiraciji.

Najnovija izvješća ELSO-a daju informaciju kako je 70-ak % od svih ECMO implantata napravljeno kod pedijatrijske populacije, odnosno kod novorođenčadi oko 50-ak %. Registar ELSO-a sadržava 60 tisuća djece kod koje se primijenio ovaj sustav kroz liječenje određenog zdravstvenog problema [1].

Primjena ECMO-a u dječjoj JIL-u danas je standardni postupak. Danas stope preživljenja djece iznose i do 85% . Koristi se kod refraktorne hipoksije uzrokovane aspiracijom mekonija, ARDS-a te primarne plućne hipertenzije. Epidemiologija pedijatrijske ekstrakorporalne membranske oksigenacije kod novorođenčadi i djece pretrpjela je dramatičnu promjenu od prvog ECMO izvještaja pri slučaju iz 1970. Takva vrsta tehnologije korištena je kod novorođenčadi u prvom desetljeću svoga razvijanja, prvotno zbog indikacija kao što je sindrom aspiracije mekonija, trajna plućna hipertenzija novorođenčadi i sindrom respiratornog distresa. Smatrano je da pojava nekonvencionalnog načina ventilacija i inhalacija dušikovog oksida te napredna multimodalna terapija plućne hipertenzije pridonosi smanjenom broju novorođenčadi koja koriste ECMO potpore kroz posljednje desetljeće. U svijetu je ukupno zabilježeno nešto više od 60-ak tisuća novorođenčadi i djece koja su mlađa od 18 godina koja su kroz liječenje koristila ECMO potporu. Takva brojka je prikaz slučajeva koji su prijavljeni u registar organizacije za izvantjelesna održavanje života od 90-ih godina do danas [2].

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO) je metoda održavanja života. Ljudi kojima je potreban ECMO imaju tešku i po život opasnu bolest koja onemogućuje pravilan rad

srca ili pluća. Na primjer, ECMO se koristi tijekom stanja opasnih po život kao što su teška oštećenja pluća uzrokovana infekcijom ili šok nakon snažnog srčanog udara.

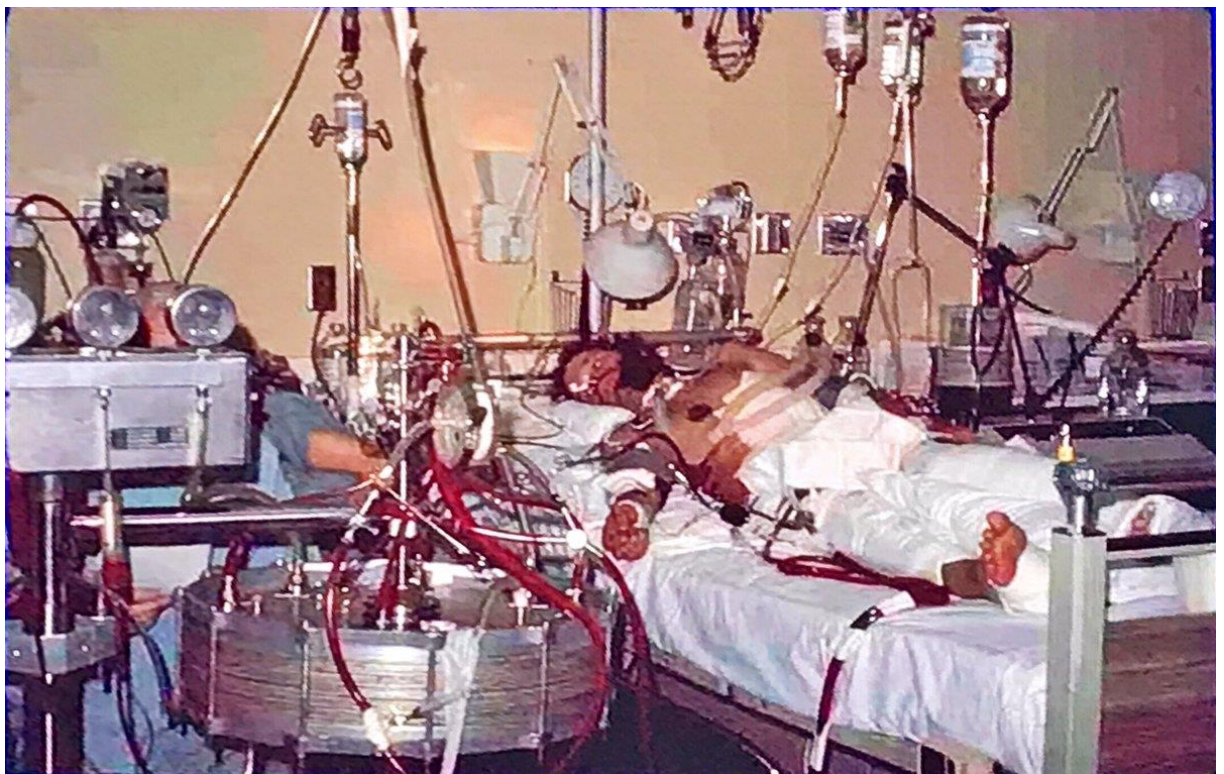
ECMO aparat nadomješta rad srca i pluća. Ljudi kojima je potrebna podrška ECMO aparata zbrinuti su u bolničkoj Jedinici intenzivnog liječenja. Tipično, ljudi imaju podršku ECMO uređaja samo nekoliko sati do nekoliko dana, ali može biti potreban i nekoliko tjedana, ovisno o tome kako njihovo stanje napreduje.

ECMO aparat je spojen na pacijenta preko plastičnih cijevi (kanile). Cjevčice se postavljaju u velike vene i arterije u nogama, vratu ili prsima. Postupak kojim pružatelj zdravstvenih usluga stavlja ove cijevi u pacijenta naziva se kanilacija.

ECMO stroj pumpa krv iz tijela pacijenta u umjetna pluća (oksigenator) koja joj dodaje kisik i uklanja ugljični dioksid. Dakle, zamjenjuje funkciju vlastitih pluća osobe. ECMO stroj zatim šalje krv natrag pacijentu putem pumpe istom snagom kao srce, zamjenjujući njegovu funkciju. ECMO strojem upravlja osoba koja se zove perfuzionist ili medicinska sestra ili respiratorni terapeut s naprednim obrazovanjem koji se naziva ECMO specijalist. Perfuzionist ili stručnjak za ECMO prilagodit će postavke na aparatu kako bi pacijentu pružio potrebnu količinu podrške srcu i plućima.

## 2. Povijesno razvijanje ECMO sustava

Prva mjera izvantjelesnih membranskih oksigenacija usko je povezana s pedijatrijskom medicinom, ali isto tako opće je poznato da se prvi uspješni ECMO proces provodi na odrasloj osobi 1971. godine. Gruber i von Frey proizvode 1885. prvi uređaj za izvantjelesne krvne oksigenacije. Gibbon je 1937. počeo razvijati umjetni srce-pluća uređaj koji je 1953. prvi puta upotrebljavan za izvantjelesna cirkuliranja, kod kardiokirurškog zahvata kada je srce bilo otvoreno. Clowes i njegovi suradnici su kroz 1965. godinu proizvodili umjetna pluća koja su kroz membranu vršila razdjeljivanje plinske i tekuće faze. Takva vrsta oksigenatora pružala je bolju i bržu oksigenaciju krvi, nego što je to vršio tzv. „bubble“ oksigenator koji se upotrebljavao u istoj godini za liječenje novorođene djece koja su imala problema s zatajenjem respiracijskog sustava i na kraju umirala od toga. Stoga se Clowesov uređaj počeo koristiti u ulozi kardiopulmolne prenosnice koja je omogućavala potpore pacijentima više od nekoliko sati. Prvi puta je duža potpora respiracijskog zatajivanja uz ECMO sustav upotrebljavana 1971. godine za liječenja odraslog pacijenta s posttraumatskom respiracijskom problematikom i zatajenjem. Par godina poslije, primjenjuje se ECMO sustav na novorođenoj djevojčici imena Esperanza s poremećenim respiracijskim funkcijama, a primijenjen je od strane Barletta i njegovih suradnika [3].



Slika 2.1. Prvi uspješan ECMO sustav

Provedena su randomizirana multicentrična klinička ispitivanja tijekom koje je uspoređena uspješnost primjene V-A ECMO i konvencionalne strojne ventilacije kod bolesnika s teškim ARDS-om. Istraživanja su pokazala visoku incidenciju komplikacija kod primjene ECMO-a i visoku smrtnost te se ta metoda na neko vrijeme napušta. U to vrijeme Kolobow je uz razvijanje membranskih pluća radio na metodi kojom i se učinkovitije uklonio ugljikov dioksid iz krvni stanica [4].

Isto tako on je proveo uvođenje tehnike koja za cilj ima sprječavanje daljnjeg oštećenja respiratorne funkcije uz smanjenje pokrete pluća, dok su bolesnici kroz ventilator primali određenu količinu udisaja niskih respiracijskih volumena i vršnih inspiracijskih tlakova.

Prva aplikacija te metode promijenjene koncepcije kod ljudi je bila 1980. godine, a istraživači su zabilježili stopu preživljenja čak i do 50%. Godine koje su uslijedile donose izrazito malu zainteresiranost za korištenje ECMO sustava, bez obzira na određena istraživanja. Objavljivanje rezultata CESAR studija (eng. Conventional ventilation or ECMO for Severe Adult Respiratory failure) i rezultata preživljenja bolesnika oboljelih od pandemijske gripe 2009. godine u Novom Zelandu i Australiji, dovode do ponovnih porasta zainteresiranosti za ovu vrstu sustava [4]. Uz povoljnije rezultate istraživanja, povećana uporaba ovog sustava dolazi uslijed tehnološkog napretka koji omogućuje jednostavno i sigurno korištenje te tehnike.

Upotreba sustava izvantjelesne membranske oksigenacije (ECMO) kod odraslih pacijenata raste tijekom posljednjeg desetljeća s obećavajućim rezultatima. Tehnološki napredak postignut u dizajnu crpke s jednostavnijom, kompaktnijom opremom i, iznad svega, upotrebom mnogo biokompatibilnijih i učinkovitijih membrana za izmjenu plinova omogućio je dulja razdoblja korištenja i sigurnije tehnike što je zauzvrat pridonijelo širokoj rasprostranjenosti korištenje ovih ECMO sustava.

Nekoliko radnih grupa i istraživačkih timova otkrilo je povoljne rezultate kod odabranih pacijenata, iako je, kada su ti rezultati stavljeni na test sa strogim kriterijima, bilo teško donijeti konačne zaključke s visokim stupnjem sigurnosti. Općenito govoreći, studije nemaju odgovarajuću kontrolnu skupinu ili imaju visoku razinu heterogenosti među njima zbog razlika u kriterijima utvrđenim za početak ECMO-a ili u protokolima za liječenje bolesnika, što pokazuje koliko su znanstveni dokazi slabi u ovoj oblasti.

Iako je to invazivna tehnika za kritično bolesne pacijente s visokom stopom komplikacija, utjecaj koji te komplikacije imaju na smrtnost je ograničen. Stoga, budući da je njegova uporaba

već stvarnost i iako postoje kontroverze oko nekoliko pitanja koja se tiču korisnosti ECMO sustave i njihovu praktičnu primjenu, Španjolsko društvo za intenzivnu i kritičnu medicinu i koronarne jedinice (SEMICYUC) osmislilo je niz općih preporuka za korištenje ECMO-a u jedinicama intenzivne njege.

Tradicionalno se korištenje ECMO-a smatra sredstvom kardiocirkulatorne ili respiratorne potpore; međutim, tijekom posljednjih nekoliko godina njegova je uporaba usmjerena na održavanje normotermije u trbušnim organima prije njihove ekstrakcije u donora organa. Ova tri područja primjene održavaju blisku korelaciju s intenzivnom medicinom, zbog čega smo osmislili tri različita skupa preporuka: ECMO kao potpora kardiocirkulaciji; ECMO kao potpora disanju; ECMO za održavanje trbušnih organa u donora.

Korištenje tehnologija kardiopulmonalne prenosnice kao što je ECMO omogućuje agresivnije strategije odmora pluća i kardiovaskularnu podršku nego što bi se inače moglo pružiti. Ovisno o izboru tehnika kaniliranja, ECMO može pružiti isključivo respiratornu potporu, respiratornu potporu s potporom desne klijetke i punu kardiopulmonalnu potporu. Danas, uz pažljiv odabir pacijenata, ECMO se koristi kao terapija spašavanja koja omogućuje oporavak ili premošćavanje transplantacije kod hipoksičnog respiratornog zatajenja i ozbiljnog refraktornog kardiogenog šoka.

Uloga ekstrakorporalne membranske oksigenacije (ECMO) u liječenju teško oboljelih pacijenata od koronavirusne bolesti 2019 (COVID-19) nastavlja se razvijati. Prvi podaci iz Wuhana u Kini izvijestili su o alarmantno visokoj stopi smrtnosti od 83% kod pacijenata s COVID-19 kojima je potrebna ECMO podrška. Kako je pandemija napredovala, pojedinačna i multicentrična izvješća i rana izvješća iz višeinstitucionalnih registara dali su obećavajuće rezultate i značajna poboljšanja u preživljavanju.

Primijećeno je, međutim, da se trendovi smrtnosti za pacijente s ARDS-om povezanim s COVID-19 uz podršku ECMO-a stalno razvijaju. U početku je 90-dnevna smrtnost porasla sa 36% tijekom prvog vala na 48% tijekom drugog vala i više nije bila usporediva s onom kod pacijenata koji nisu bili liječeni ECMO-om. Nedavno su nepristrane i neodabrane tvrdnje o praćenju najvećeg njemačkog zdravstvenog osiguravajućeg društva jasno pokazale da bi stopa smrtnosti u ovoj skupini pacijenata mogla biti čak i viša nego što je ranije prijavljeno (prelazi 70%).

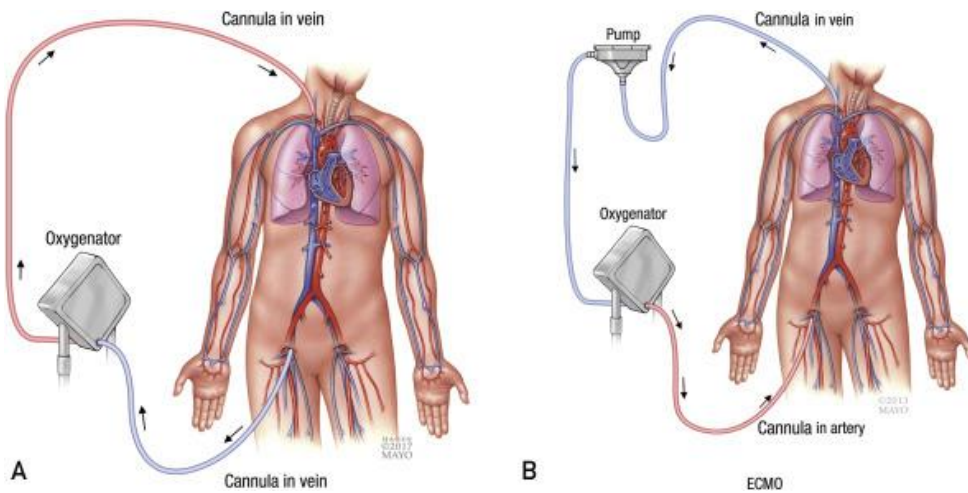
Na vrhu uzastopnih valova pandemije, poljski zdravstveni sustav bio je jako preopterećen. U početku su multidisciplinarnе bolnice pretvorene u posebne centre za zarazne bolesti. Kasnije

tijekom pandemije, kada je ovo rješenje postalo nedostatno, počele su se stvarati privremene bolnice. U to vrijeme, veliko jednocentrično izvješće (i jedino izvješće do danas o upotrebi ECMO-a kod pacijenata s COVID-19) objavili su Suwalski i sur.. Autori su izvijestili da se između prvog i drugog vala pandemije srednja dob njihovih ECMO pacijenata značajno smanjila, dok je bolnička stopa smrtnosti porasla s 38 na 68%. Ovi su nalazi vjerojatno bili posljedica novih sojeva COVID-19 koji su doveli do viših stopa infekcije, teže manifestacije bolesti i većeg broja hospitalizacija i smrti od COVID-19 među mlađim osobama. Ovo zapažanje potvrđuje trendove koji se trenutno promatraju u bazi podataka ELSO.

Trenutačno ostaje nejasna uloga ECMO-a u liječenju teškog respiratornog zatajenja povezanog s COVID-om. Neki centri su dali prednost tretmanu ECMO pred mehaničkoj strojnoj ventilaciji no to nije polučilo neki veći uspjeh. Stope preživljenja bolesnika na ECMO-u su bili slični kao kod bolesnika na mehaničkoj strojnoj ventilaciji.

### 3. Glavni dijelovi sustava ECMO

Skupa s dvije od osnovnih komponenti, membranski oksigenatori i crpku za krv, ECMO sustav sastavljen je od kanile, venskih rezeorvara, tubusa, sigurnosnog uređaja, toplinskog izmjenjivača i raznih monitora koji se koriste da bi se pratili bolesnici na ECMO uređajima.[5] Deoksigeniranu vensku krv iz organizma se drenira putem odvodne kanile postavljene u venskom dijelu cirkulacije zahvaljujući negativnom tlaku koji stvara crpka. Crpka zatim potiskuje krv prema oksigenatoru gdje se događa izmjena plinova u krvi - iz krvi izlazi CO<sub>2</sub>, a obogaćuje se kisikom. Tako obrađenu krv potrebno je ugrijati ili ohladiti na odgovarajuću temperaturu, a za to je zadužen izmjenjivač topline. Poslije toga kroz povratnu kanilu krv se vraća u venski ili arterijski dio cirkulacije.



Slika 3.1. Dijelovi sustava ECMO



Tijekom vremena razvoj komponenti ECMO sustava pratio je znanstveni i tehnološki razvoj. Poboljšanje u izradi kanila, oksigenatora i crpki se odrazilo na povećanje stopa preživljenja kod korištenja ove metode. Kanila koja se koristi u ECMO sustavu mora biti dovoljno široka da bi se omogućila dovoljna protočnost krvi potrebna za adekvatnu izmjenu plinova u oksigenatoru. Prilikom postavljanja kanila obavezno je korištenje ultrazvuka kako bi se spriječila moguća ozljeda krvne žile.

Nadalje kod uvođenja dvolumenskih VV-ECMO kanila omogućuje se uspostava ECMO sustava uz kanilacije na samo jednom mjestu tako da se koristi perkutana tehnika, a putem toga se ostvaruje smanjena pojava recirkulacije oksigenirane krvi nazad u ovaj sustav, također je došlo do poboljšanja mobilnosti bolesnika i smanjenja postotka komplikacija [6].

Crpku za krv smatra se osnovnom komponentom ECMO uređaja koji daje mogućnosti protoka krvi kroz cijeli sustav. Tradicionalna crpka za krv u najvećoj mjeri je valjkastog oblika, odnosno roller hand dizajna, a u današnje vrijeme sve više se zamjenjuje centrifugalnom crpkom. Bez obzira na prednosti, kao što je slabiji sustavni upalni odgovor i smanjena agregacija trombocita, centrifugalnu crpku se ipak izbjegava pri potpori neonatalnih bolesnika, a sve to zbog postojanja sumnje da one dovode do većeg rizika od hemolize. Neke od novijih pumpi nude mogućnosti protočnosti krvi pulsativnim karakterom, primarno dizajnirana za VA-ECMO uređaj, koji bi teoretski omogućavala bolju sustavnu perfuziju. Nema nijedan konkretan dokaz koji daje prednost jednoj od ovih tipova pumpa, stoga se izbor pumpe prepušta određenom centru koji provodi ECMO postupak.

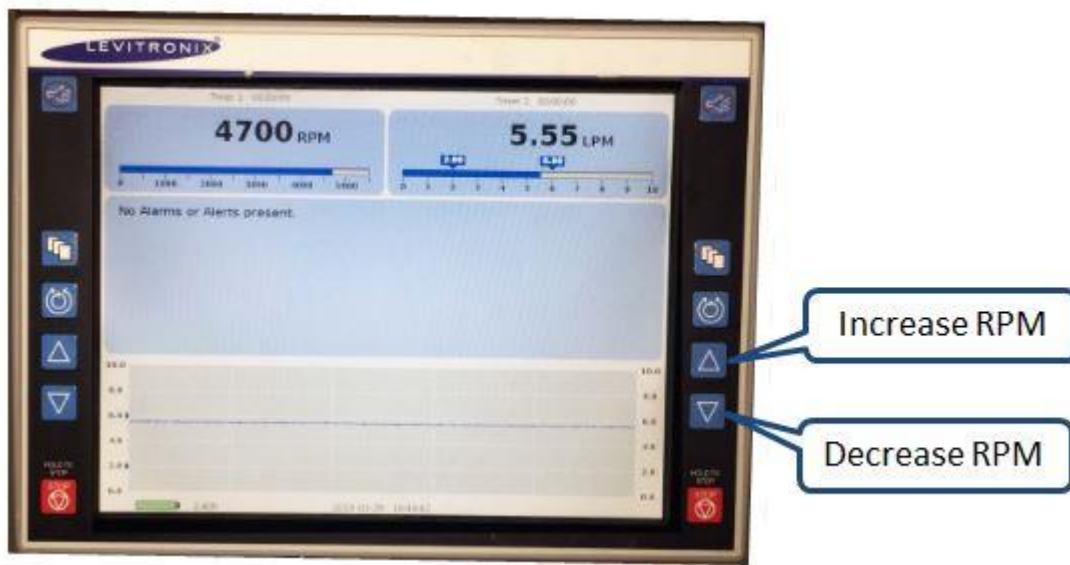
Oksigenator se smatra najvažnijim čimbenikom za kvalitetno obavljanje dugotrajnih ekstrakorporalnih membranskih oksigenacija, on omogućuje obogaćuje krv kisikom i uklanja ugljični dioksid iz krvi. Oksigenatori se prevlače slojem koji ima svrhu sprječavanja stvaranja trombova, u većini slučajeva je to sloj heparina. Odabir oksigenatora isto tako poboljšavao se kroz razvoj tehnologija, može se uvidjeti pojava zamjene tradicionalnog silikonskog membranskog oksigenatora s oksigenatorom čija membrana je napravljena od polimetilpentinskog šupljeg vlakna. Takvi oksigenatori smanjuju mogućnost sustavnih upalnih odgovora, bolje izmjene plinova, smanjenje potrošnje trombocita i serumskih bjelančevina, manji otpori krvnih protoka i smanjeni broj kvarova, a zbog toga postaju i standard kod većine ECMO centara [6].

Regulator omogućuje operateru ECMO kruga podešavanje postavki prema potrebi. Postavke koje se obično prilagođavaju su:

Broj okretaja u minuti: Što je veći broj okretaja u minuti, veća je brzina protoka krvi kroz pumpu.

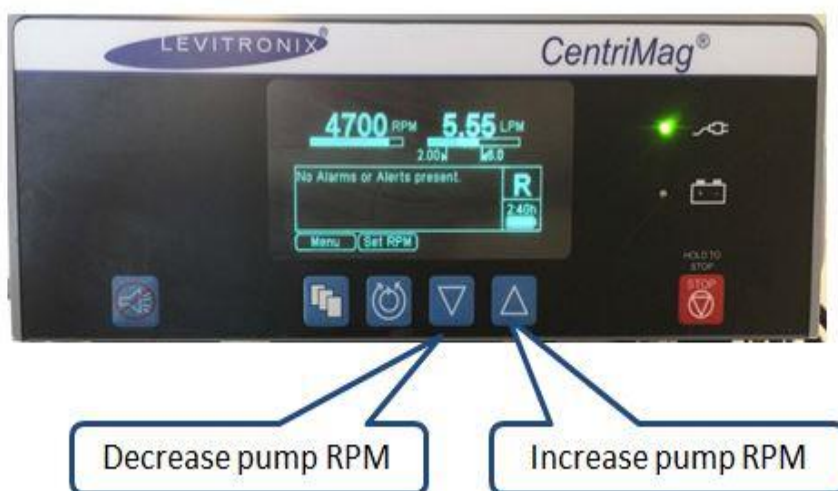
Čišćenje: više plina koji ulazi u oksigenator omogućuje bolje uklanjanje CO<sub>2</sub>.

Regulator ima grafički zaslon montiran na stup koji omogućuje podešavanje broja okretaja pumpe u minuti.



Slika 3.2. Zaslon kontrolera

RPM crpke također se može podesiti izravno na upravljaču crpke.



Slika 3.3. Upravljač crpke

### 3.1.ECMO cirkulacijski krug

Oksigenacija ovisi o:

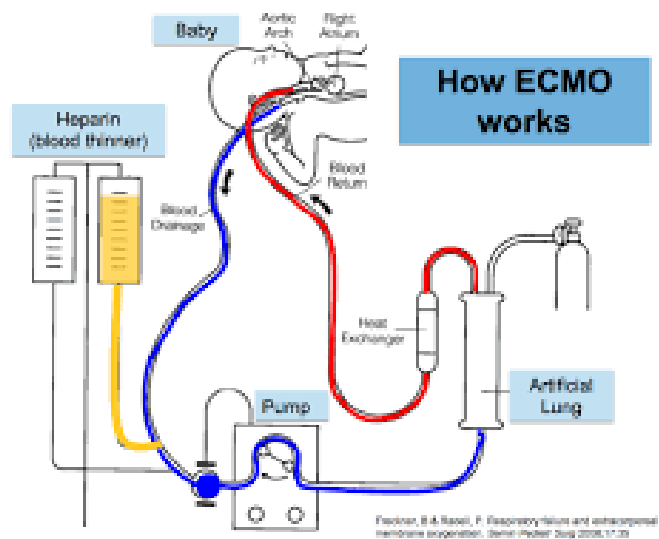
- Protoku, veći protok omogućuje više krvi da bude oksigenirano.
- FiO<sub>2</sub>: povećanjem FiO<sub>2</sub> postiže se viši parcijalni tlak kisika.
- Integritet membrane: ako je nešto prisutno na membrani (npr. krvni ugrušci) što ometa difuziju, oksigenacija će se smanjiti.

Uklanjanje ugljičnog dioksida ovisi o:

- Čišćenju: veće brzine čišćenja rezultiraju većim uklanjanjem CO<sub>2</sub>.
- Protoku: ako se protok poveća bez povećanja zamaha, uklanjanje CO<sub>2</sub> može biti otežano.
- Prisutnosti vodene pare u membrani: to može spriječiti uklanjanje CO<sub>2</sub>.

Oksigenatori imaju dvije dodatne pristupne točke. Otvor sa žutim poklopcem na strani venske drenaže je jednosmjerni ventil koji djeluje kao ventilacijski otvor kada se otvori, ali krv neće otjecati. Otvor nikada ne smije biti otvoren za zrak, jer postoji rizik da se ventil prekrije taloženom plazmom.

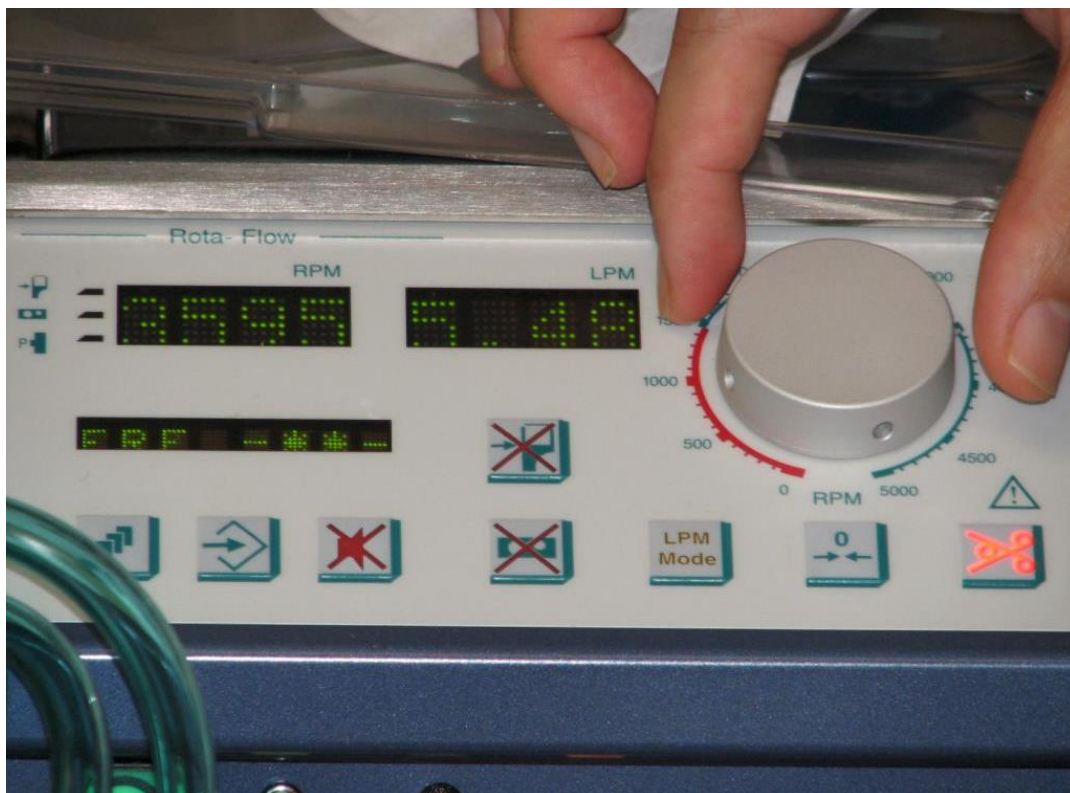
Otvor na povratnoj strani omogućit će istjecanje krvi ako se otvori i ne smije mu se pristupati ni u kojem trenutku. Ako je čišćenje postavljeno na nulu, plin neće ući u membranu niti će doći do oksigenacije. Ali općenito iznad 1 L/min, promjena zamaha u širokom rasponu ne utječe na oksigenaciju.



Slika 3.4. ECMO cirkulacijski krug

### 3.2. Konzola ECMO

Glavna konzola kontrolira brzinu protoka centrifugalne krvne pumpe, koja tjera vensku krv od pacijenta kroz oksigenator prije vraćanja krvi u arterijsku stranu pacijentove cirkulacije.



Slika 3.5. Glavna konzola ECMO

### **3.3. Izmjenjivač topline**

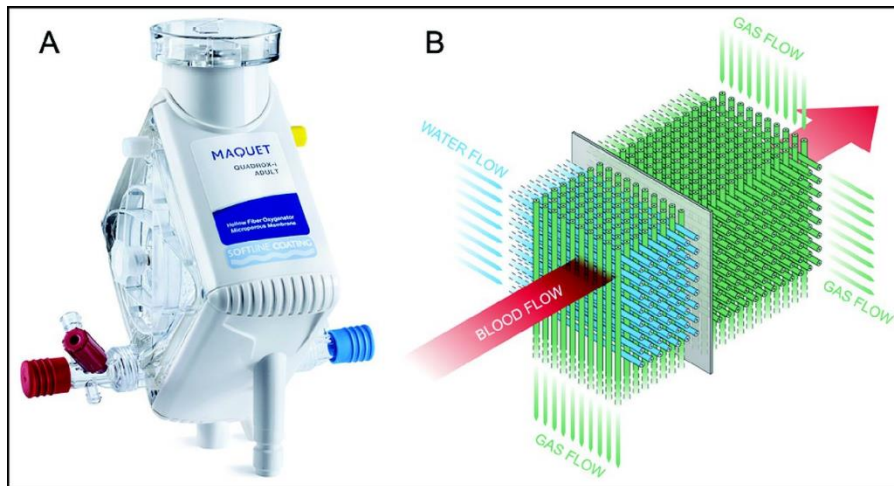
Krvne stanice imaju funkciju proizvodnje topline, a to je produkt kretanja i metabolizma. Toplina se sprema u tkivo ili se pak eliminira. Isto tako tijelo koristi samoreguliranje i drži temperaturu tijela pri 37 °C. Poremećaj termoregulacije u tijelu može biti uzrokovan djelovanjem upalnih citokina, infektivnih agenata, te uslijed ekstremnih vanjskih uvjeta, fizičkog ili emocionalnog stanja. Sama termoregulacija postiže se vazodilatiranjem i vazokonstrikcijom cirkulacije, a potpomaže se kroz disanje i evaporaciju kroz kožu.

Izmjenjivačima topline se postiže umjetna termoregulacija. Mogu biti ugrađeni u sustav ili dolaze kao zasebni dio. U izmjenjivaču topline krv se, nakon prolaska kroz oksigenator, zagrijava toplom vodom tzv. mehanizmom protustruje [5]. Krv koja je na taj način ugrijava vraća se u bolesnikovu cirkulaciju. Izmjenjivači topline se smatraju neizostavnim dijelom u ovog sustava jer su bolesnici u hipotermiji, bilo induciranoj ili neželjenoj.

### **3.4. Oksigenatori**

Oksigenator je uređaj u koje se izvršava izmjena plinova u krvi. Danas je na raspolaganju veći broj vrsta. Neki od njih su polipropilenski membranski oksigenator, PMP oksigenator šupljih vlakana i silikonski membranski oksigenator. Kod uporabe oksigenatora koriste se umjetne plućne membrane. Danas su u uporabi najviše membranski oksigenatori izrađeni od polimetil pentena sa šupljim vlaknima. U njima se ne događa curenje plazme, može se obložiti heparinskim slojem za razliku od silikonskog, niža je potrošnja trombocita, potrebne su niže doze antioaguantnih lijekova. Za evaluaciju rada oksigenatora potrebno je obratiti pozornost na oksigenaciju i perfuziju kod bolesnika. Idealno je postizanje omjera dostavljanja i potrošnje kisika u odnosu 4:1, a to je iznos od 75% saturacije venske krvi. Potrošnju kisika u tkivima pri aerobnom metabolizmu moguće se proračunati tako da se napravi umnožak udarnog volumena, frekvenciju srca i razlike saturacija arterijskih i venskih krvnih stanica kisikom. Količina potrošnje kisika kod mirovanja kreće se u rasponu od 5 do 8 ml/kg/min kod djece i od 3 do 5 ml/kg/min kod odrasle osobe [9]. Bez obzira na heparinske premaze i sistemsku antikoagulaciju svejedno je moguće formiranje ugrušaka. Vizualno se može detektirati tromb u samom uređaju koji onda može onemogućiti funkciju samog oksigenatora. U slučaju detektiranja tromba oksigenator se zamjenjuje novim.

Komplikacije vezane uz neadekvatnu funkciju oksigenatora mogu biti: neadekvatna perfuzija nedovoljna oksigenacija, plućni edem, plućna embolija i tromboze, te isto tako i gubitci krvi. Sama učinkovitost oksigenatora kao i greške u radu utvrđuje se praćenjem pre-membranskog i post-membranskog tlaka.



Slika 3.6. Oksigenator

### 3.5. Kanilacija

Moguća su dva osnovna tipa kanilacija:

- a) centralna (transtorakalna) kanilacija - upotreba ECMO pri otvorenim medijastinumom, a isto tako u zahvatima implantiranja mehaničkih cirkulacijskih potpora.
- b) periferne kanilacije – izvode se perkutanom tehnikom insercije ili kirurškim eksploracijama i zaomčavanjem krvne žile, kao i uz postavljanje kanile u veliku arteriju perifernog arterijskog sustava

Odraslim bolesnicima se outflow kanila postavlja u femoralnu arteriju, zdjeličnu arteriju ili aksilarnu arteriju. Promjer kanila proteže se od 8 do 20 Fr, a to u najvećem broju slučajeva iznosi 17. Kod slučaja kirurških postavljanja takvih kanila s ciljem preveniranja ishemije distalnih segmenata ekstremiteta, postoji mogućnost postavljanja šest ogranaka outflow kanila na distalnom segmentu arterije femoralis. Alternativnim modelom kirurških postavljanja outflow kanila smatra se kanilacija aksilarne arterije uz dakronski graft 8 milimetara. Vensku

liniju, odnosno inflow kanilu postavlja se na venu, a promjer nje je u rasponima od 18 do 26 Fr, dok to u najvećoj mjeri iznosi 19. Takva kanila ima fiksiranje izvana, a to je posebno bitno da bi se osiguralo njenu mobilnost [10].

### **3.6. ECMO set**

Uobičajeno je korištenje seta koji je unaprijed spojen i služi za izvantjelesnu potporu krvotoku s membranskom oksigenacijom a sastavljen je od sljedećih dijelova:

- oksigenator
- centrifugalna pumpa
- cjevčice s Bioline premazom
- kanile
- konzola
- izmjenjivač topline

ECMO set se koristi maksimalno 2 tjedna. Može se koristiti kao potpora krvotoku kod kojeg se protok krvi kreće od 0,5 do 7 l/min [10]. Danas su u uporabi materijali koji su biokompatibilni kako bi se umanjila upalna reakcija organizma, a unutrašnja stjenka je premazana heparinskim slojem u cilju smanjenja nastanka tromba.

## **4. Vrste ECMO potpore**

Ovisno o tome kakva je srčana funkcija pojedinih bolesnika bira se koja će se vrsta ECMO potpore koristiti. Veno-venski sustav se upotrebljava većinom kod izoliranih zatajenja respiratornog sustava, a veno-arterijski sustav pri zatajenju respiracije i srčane funkcije istovremeno.

### **4.1. Vensko – venski ECMO**

Ovakav tip sustava ima za cilj održavanje izmjena plinova pri prestanku rada pluća, a isto tako vrši očuvanje funkcije srca. Kroz ovaj postupak krv se oksigenira i uklanja se ugljični dioksid, a poslije čega se vraća u venski sustav. Venska krv se iz tijela odvodi preko odvodnih kanila koje su postavljene u veni, a poslije toga se oksigenirana vraća u venski sustav putem povratne kanile kroz unutrašnju jugularnu venu. Na takav način veno-venski sustav omogućuje oksigenaciju i uklanjanje ugljičnog dioksida iz venskog krvotoka, a isto tako dovodi do smanjenja razine potrebne mehaničke ventilacijske potpore i ostvaruje minimiziranje rizičnosti od ozljeđivanja pluća uzrokovanih od ventilacije.[11] Veno-venskim sustavom se nudi potpuna respiratorna potpora, ali isto tako ona donosi veliki rizik za komplikacije, kao što su krvarenje, trombembolički događaji i infekcije opasne po život.

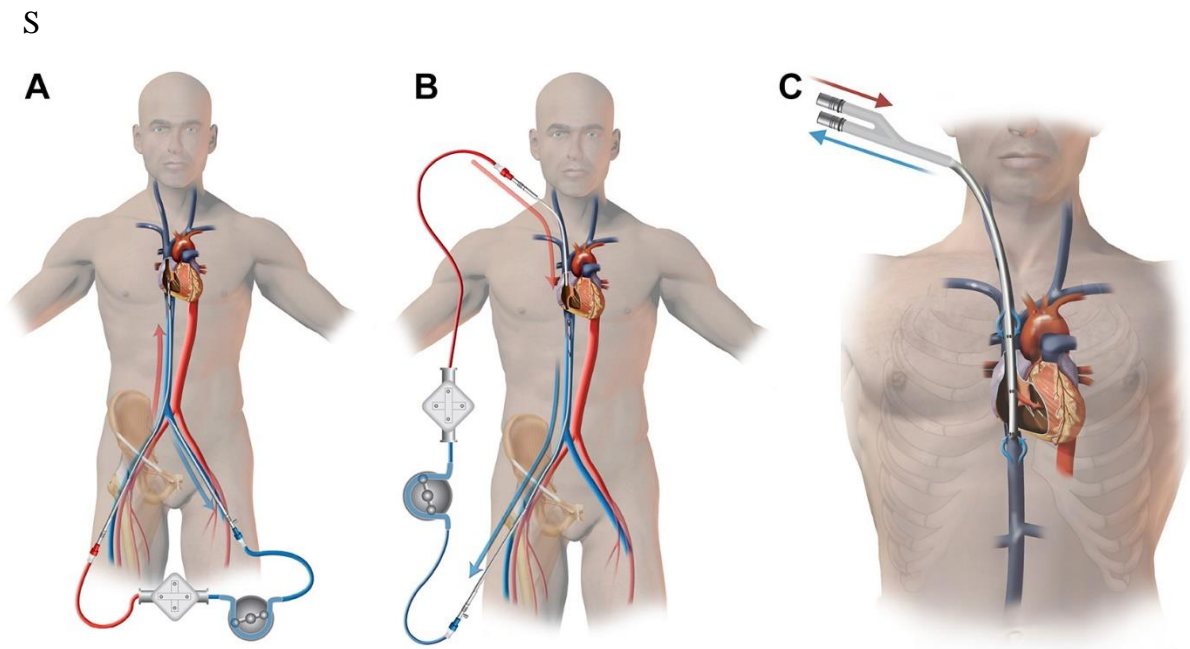
Postoje određeni prijedlozi od strane ekspertnih centara za upotrebu naprednijeg sustava što je kanilacija tri žile, a koja slijedi veno-aretrijsko-vensku ili veno-arterijsko-plućnu arterijsku kanilaciju. Bez obzira na to što osnovno konfiguriranje izgleda kao jako korisna metoda koja nudi i cirkulacijsko i respiratorno pomaganje, opisana metoda kanilacije triju žila, iako se smatra eksperimentalnom, ima za zadatak pružanje dodatne potpore kod slučaja zatajenja desnog srca tijekom takve potpore [11].



## 4.2. Veno-arterijski ECMO

Venoarterijsku ekstrakorporalnu membransku oksigenaciju smatra se oblikom privremenog mehaničkog podupiranja cirkulacije i izvantjelesnom izmjenom plinova za akutna kardiorespiratorna zatajenja. Neki od patoloških stanja kod kojih se može primijeniti V-A ECMO su: masivna plućna embolija, fulminantni miokarditis, srčana dekompenzacija, predoziranje lijekovima depresorima središnjeg živčanog sustava, anafilaktički šok. Novijom indikacijom za korištenje ovog sustava smatra se zastoj srca s potencijalnim reverzibilnim uzrocima, a koji perzistira duže od desetak minuta bez obzira na primjenu oživljanja [14]. Svaki krug venoarterijskog sustava sastoji se od venskih kanila, crpki, oksigenatora i arterijskih kanila. Isto tako ovaj sustav uspostavlja se kroz središnji ili periferni pristup. Središnji sustav je primarno primijenjen u operacijskim salama i omogućuje kratkotrajnu potporu, često kod bolesnika s postkardiotomijom koji nemaju mogućnost da se odvoje od kardiopulmonalnih prenosnica. Periferne venskoarterijske sustave može se pokretati perkutano ili pak kroz kirurško umetanje izvan operacijske sale za bolesnike sa refraktornim kardiogenim šokom i srčanim arestom. Postoji i drugo konfiguriranje koje ima standardno vensko pristupanje s arterijskim vraćanjem na graftove postavljene na subklavijskoj arteriji. Posljednju strategiju uvodilo se da bi se osigurala adekvatna cerebralna cirkulacija. Središnji pristup isto tako uključuje medijastinotomiju i izravno kirurško kaniliranje aorte i desne pretklijetke. Središnji sustav se postavlja u operacijskim salama i za takav zahvat je potreban cjelokupan bolnički tim. Glavnim prednostima ovakvog sustava smatraju se pouzdano arterijsko vraćanje u proksimalni dio aorte i dobro vensko drenažiranje. Također ovakav sustav daje mogućnost potpunog kontroliranja nad dekompresijom lijeve klijetke uz postavljanje shunta, a to se u većini slučajeva provodi kroz desnu gornju plućnu venu. Veličinu kanila se definira ovisno o površini tijela. Vrlo je važno da se osiguraju kanile u položaju postavljanja da bi se moglo spriječiti krvarenja na mjestima kanilacija ili njihovih pomicanja kod zbrinjavanja bolesnika u JIL-u. Kanila se pričvršćuje na zid prsnog koša, a isto tako i na kožu s vanjske strane prsnog koša da bi se imobilizirala jer pomicanje može biti opasno za život bolesnika. Poslije završenog postupka prsni koš se ostavlja otvoren uz okluzivne folije. Ovakvo konfiguriranje kruga zaobići će pluća i srce te isto tako daje respiratornu i cirkulacijsku podršku. Glede funkcionalnosti

djelovanja onda se može uvidjeti da je to stroj za srce i pluća koji daje kompletnu podršku funkciji tih organa na način da im pruža punu protočnost do  $2,5 \text{ L/m}^2/\text{minuti}$ [12].



Slika 4.1. ECMO modaliteti

Na slici 4.1. prikazani su: A- venovenski ECMO

B- venoarterijski ECMO

C- ECMO sa kanilom s dvostrukim lumenom

## 5. Kontraindikacije i indikacije ECMO sustava

Zdravstveni tim uvijek ima za cilj izbjeći bilo kakve komplikacije koje mogu nastati zbog tretmana ECMO-om. Kako bi se pojava komplikacija svela na najmanju mjeru potrebno je procijeniti stanje bolesnika, promotriti njegove komorbiditete prije spajanja bolesnika na vantjelesnu membransku potporu. Relevantne smjernice za korištenje ECMO-a daje ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), neprofitna organizacija koja okuplja zdravstvene djelatnike i znanstvenike u radu sa bolesnicima na ECMO-u.

### 5.1. Indikacije

Ovakav tretman koristi se za:

- Potporu krvotoku do krajnjeg ozdravljenja ili privremeno premošćivanje terapijske mjere do trenutka kada dođe do odvikavanja od sustava za pomoć
- Premošćivanja do eksplantacije odnosno transplantacije
- Privremena premošćivanja sve do daljnje terapijske metode ili daljnje odluke
- Podupiranje krvotoka zbog omogućenja daljnjeg terapijskog ili operativnog postupka

Povećano korištenje ovakve vrste uređaja uz sebe usko vezuje i novi izazov kao što je određivanje kriterija za odabiranje bolesnika i donošenja konačnih odluka o korištenju ECMO sustava. Najkvalitetnije smjernice za korištenje ovog sustava objavljene su od strane organizacije za ekstrakorporalne potpore životu. Takve smjernice sadržavaju indikaciju, kontraindikaciju i kriterije potrebne da bi se uspostavio ECMO sustav, a oni su različiti ovisno o dobnoj skupini, vrsti organskih zatajenja i modalitetima ekstrakorporalne membranske oksigenacije. Tu su predstavljena mišljenja velikog broja znanstvenika iz tog područja. Kriterij za odabiranje bolesnika razlikuje se prema ECMO sustavu u cijelom svijetu. Svaki od centara se slaže s procjenom o težini respiracijskog zatajenja, osnovne razlike se pojavljuju kod drugih kriterija kojima se liječnici koriste da bi donijeli odluku o stavljanju bolesne osobe na ECMO potporu. Kod donošenja odluke o stavljanju bolesne osobe na takvu potporu liječnički timovi u obzir uzimaju da je potrebno procijeniti koliki su izgledi da se oporave oštećeni organi, vrijeme koje je potrebno za trajanje strojne ventilacije prije nego se uspostavi ECMO sustav, prisutnosti

proširenih malignih bolesti, stupnjeve disfunkcionalnosti drugih organskih sustava i/li prisutnosti teže ozljede mozga. Isto tako na odluke liječnika mogu utjecati i dob bolesne osobe i komorbiditet koji poodmakle dobi nose sa sobom, a isto tako i tjelesno stanje bolesnika. Pristupanje krvožilnom sustavu bolesne osobe, odabiranje kanile i katetera te isto tako metode cirkulacije krvi ovisne su o vrstama bolesti, anatomskom, fiziološkom i patološkom stanju bolesnika, te na samom kraju o željenom cilju terapije. Liječnik koji će provoditi terapiju isto tako donosi i odluku i odgovara za način njene primjene, postupanja i za upotrebu u općenitom smislu [14].

Kao glavna indikacija za korištenje ECMO potpora smatra se akutna, potencijalno smrtonosna, reverzibilna teška zatajivanja respiracijske i srčanih funkcija, otporna na standardnu terapiju i kod prediktivne stope mortaliteta od 80% . To ima za značaj da se korištenje ovog sustava razmatra kod onih bolesnika koji imaju ubrzano razvijanje zatajenja, te isto tako kod onih koji su podvrgnuti strojnom ventilacijom, ali bez poboljšanja. Korištenje ekstrakorporalne membranske oksigenacije bit će razmatrana i kod bolesnika koji imaju predviđenu smrtnost od 50%. Tipična indikacija kod korištenja VA-ECMO uređaja je zastoj rada srca, stanje s visokim rizikom od zastoja srca, kardiološki šok otporan na inotropnu terapiju te refraktorne hipotenzije. U odnosu na VA-ECMO potporu, kod VV-ECMO potpore u najvećoj mjeri se koristi kod bolesnika koji imaju oštećenja respiratorne funkcije, odnosno kod onih bolesnika s akutnim respiratornim distress sindromom, teškom virusnom ili bakterijskom pneumonijom, astatičnim statusom, masivnim intrapulmonalnim krvarenjima, a isto tako i kontuzijom, odnosno ozljeđivanjem pluća [13].

Neki su pacijenti povezani s ECMO uređajem kroz femoralnu venu. U nekim slučajevima to može oslabiti protok krvi niz tu nogu, a tkivo u nozi može odumrijeti. Ako se to dogodi, liječnici će pokušati povratiti protok krvi niz nogu. To obično znači promjenu ECMO cijevi na drugi dio tijela. Rijetko je oštećenje toliko ozbiljno da je osobi potrebna operacija kako bi se riješio problem, što može uključivati amputaciju (uklanjanje dijela noge).

Kod pacijenata na ECMO-u određena područja mozga možda neće dobiti onoliko krvi koliko im je potrebno zbog malih krvnih ugrušaka. To može uzrokovati moždani udar, a dijelovi mozga mogu biti trajno oštećeni. Područje mozga koje je oštećeno odredit će koje probleme osoba ima od moždanog udara. Moždani udar može ograničiti nečiju sposobnost pomicanja određenih dijelova tijela, gledanja, pamćenja, govora, čitanja ili pisanja. Ponekad će se osobi

nakon moždanog udara vratiti neka funkcija, ali to nije uvijek slučaj. Srećom, moždani su udari vrlo rijetki i događaju se u manje od 5% slučajeva osobama na ECMO-u.

## **5.2. Kontraindikacije kod upotrebe ECMO sustava**

Kod korištenja ovog sustava veliki broj kontraindikacija se smatra relativnima i promjenjivima, te su one utemeljene na promatranju potencijalne rizičnosti koje sa sobom donosi ekstrakorporalna membranska oksigenacija. Uz daljnje razvijanje znanosti, a isto tako i većim upotrebljavanjem ovog sustava, neko od stanja koje se u prošlosti smatralo kontraindikacijom, danas se već razmatra kao moguća indikacija. S obzirom na određena pravila, ovakav sustav se ne bi trebao upotrebljavati kod bolesnika koji se ne smatraju kandidatima za vantjelesnu potpomognutu cirkulaciju, osim ako postoje određene velike šanse za oporavljanje miokarda. Takvi bolesnici posjeduju ireverzibilne disfunkcije organa, kognitivna oštećenja, visoke su dobi, loše surađuju i neadekvatne su socijalne potpore. Isto tako je potrebno da ti pacijenti budu na antikoagulantnoj terapiji kako bi izbjegli tromboze, a samim time je bitno da se računa i na veću rizičnost od krvarenja. S obzirom na istraživanja, korištenje ECMO potpora kod pacijenata koji koriste mehaničku ventilaciju dulje od tjedan dana završavaju lošijim ishodima [15].

Apsolutne kontraindikacije za sve oblike ECMO-a:

- bolesnik je stariji od 65 godina
- srčana, respiratorna ili neurološka bolest bez nade u poboljšanje
- plućna hipertenzija kroničkog tijeka
- značajni komorbiditeti vezani uz malignitet, kao na primjer metastatski tumor
- uznapredovana ciroza jetre, zatajenje bubrega
- stanje poslije transplantacije organa
- tjelesna masa preko 140 kg
- srčani arrest za koji se ne zna vrijeme nastupa ili kardiopulmonalna reanimacija duža od 60 minuta

Relativne kontraindikacije za sve oblike ECMO-a:

- trauma s višestrukim krvarenjima
- višestruko zatajenje organa
- pojava komplikacija [15]

Sustav ECMO smatran je invazivnim i tehnički jako složenim postupkom kroz koji se narušavaju cjelovitosti krvožilne stijenke i upleće se u mnogobrojne procese fiziologije. Bolesnici kod kojih je takav sustav uveden, zbog osnovnih bolesti posjeduju velike stope za krajnji smrtni ishod. Iz takvih razloga svaka od komplikacija povezana s ECMO sustavom često ima za značaj povećavanje pobola i smrtnosti. S obzirom na dosadašnja istraživanja veno-venski ECMO ima manji broj komplikacija u odnosu na veno-arterijski ECMO. Kod djece se u odnosu na odrasle bolesnike pojavljuje manji broj komplikacija, no kod njih su u većoj mjeri neurološke komplikacije. Komplikacije pri liječenju ECMO sustavom mogu biti podijeljene u dvije glavne kategorije, a to su one komplikacije koje su usko vezane uz bolesnika i one komplikacije povezane uz cirkulacijski krug[16].

## **6. Komplikacije ECMO potpore**

ECMO potpora predstavlja iznimno invazivan tretman. Iako su benefiti koje se očekuju od ovog tretmana veliki, vjerojatnost pojave komplikacija je visoka. Ako je moguće, liječnik će obavijestiti bolesnika i njegovu obitelj o mogućim komplikacijama. Budući da se u današnje vrijeme ECMO potpora široko koristi utvrđeni su protokoli koji se poduzimaju u svrhu smanjenja rizika za komplikacije. U tom je najvažnije monitorirati bolesnika 24 sata dnevno. Komplikacije se dijele ovisno o uzroku nastanka. Metoda ECMO je vrlo invazivan postupak te se neke komplikacije javljaju samim radom uređaja dok neke komplikacije nastaju poremećajem fiziologije kod samog bolesnika. Tako imamo komplikacije vezane uz cirkulacijski krug i komplikacije vezane uz bolesnika. Važno je poznavati koje komplikacije možemo očekivati i kako ih spriječiti. Na taj način se smanjuje i smrtnost bolesnika na ovom sustavu. Komplikacije u pravilu nisu benigne i jedan su od razloga zašto je smrtnost ovih bolesnika relativno visoka.

## **6.1. Komplikacije povezane s bolesnikom**

Najčešćom komplikacijom povezanom uz bolesnike smatraju se krvarenja koja se pojavljuju u 10-30% slučajeva. Ostali čimbenici koji uz sustavnu heparinizaciju daju doprinos povećanoj rizičnosti od krvarenja su trombocitopenije, poremećaji funkcija trombocita i relativni nedostaci faktora za zgrušavanje, a to sve dolazi kao posljedica kontakta umjetnog materijala kanila i ostalih dijelova cirkulacijskog kruga s krvi kroz cirkulacijski krug.

Liječenja klinički značajnog krvarenja temelje se na smanjenju ciljane vrijednosti aktiviranog vremena zgrušavanja ili na privremeno ukidanje heparina, te ukoliko je potrebno, transfuzijom krvi, nadoknađivanjem trombocita i faktora zgrušavanja [16].

Rizičnost od infekcija uvjetovana je teškim dijagnozama takvog bolesnika koji su inače podložniji infekcijama te postojanju intravaskularne kanile duži vremenski period.

Učestalosti neurološke komplikacije variraju između 4 i 37%, a sve to u ovisnosti o dobi bolesnika. S obzirom na podatke u ELSO registru, najčešće se one pojavljuju kod novorođene djece kroz oblik intrakranijalnih krvarenja. Kod odraslih osoba je česta pojava ishemijskih moždanih udara, epileptičnih napadaja i intrakranijalnog krvarenja. Neurološka komplikacija kod svake dobne skupine povećava stope bolničkih smrtnosti [16].

## **6.2. Komplikacije povezane uz cirkulacijski krug**

Mehanička komplikacija povezana s ECMO sustavom podrazumijeva tromboze, zračne embolije, disfunkcije pojedinog dijela cirkulacijskog kruga i djelomično ili potpuno prekidanje protočnosti krvi. Često se mogu pojaviti i mali ugrušci od 1 do 5 mm koji se nalaze unutar sustava, ali u najvećoj mjeri to ne zahtjeva nikakve intervencije, nego samo kontinuirana praćenja. Ukoliko se govori o velikom ili rastućem ugrušku, u tom trenutku je vrlo bitno da se zamjene pojedine ili pak svaka od sastavnica cirkulacijskoga kruga. To je posebno bitno jer može doći do poremećaja rade oksigenatora ili crpke, a to će dovesti do sustavnih tromboembolija ili razvijanja diseminirane intravaskularne koagulopatije. Rijetka ali po život opasna komplikacija je prodiranja zraka unutar cirkulacijskog kruga, a isto tako se tada zahtjeva klemanje kanila i trenutno zaustavljanje protočnosti [16]. Stanja koja uzrokuju smanjeni protok

krvi kroz odvodni kateter mogu biti srčana tamponada, hipovolemija, pneumotoraks, masivni pleuralni izljev.

Postoje komplikacije koje su specifične za VV-ECMO, a tako i za VA-ECMO.

Komplikacija specifična za VV-ECMO su recirkulacija kada krv koja je oksigenirana kroz sustav ne prođe sistemskim krvotokom bolesnika već se vraća u ECMO sustav kroz drenažnu kanilu. U tom slučaju postavlja se dodatna drenažna kanila ili se upotrebi kanila sa dvostrukim lumenom.

Komplikacije vezane uz VA-ECMO su u pravilu brojnije i učestalije. Neke od njih su srčana tromboza koja se događa zbog staze krvi jer dolazi do smanjenog udarnog volumena lijevog ventrikula, potom može se pojaviti cerebralna ili koronarna hipoksija koja se također javlja zbog kompromitirane funkcije lijevog ventrikula. Još jedna specifična komplikacija jest takozvani Harlequin sindrom. Obilježje komplikacije je niža saturacija kisikom krvi u gornjem dijelu tijela, a viša u donjim dijelovima počevši od donjeg dijela toraksa. Naime visoki minutni volumen srca oporavljenog srca u kombinaciji s respiratornim zatajenjem onemogućava prodor protoka u više dijelove cirkulacije onemogućavajući tako dostatnu perfuziju gornjeg dijela tijela. U tom slučaju razmatra se povećanje protoka krvi kroz ECMO sustav, mijenjanje postavki na ventilatoru na visoku protočnu frekvenciju kisika, a ako se zatajenje pluća nastavi uputno je zamijeniti VA-ECMO s VV-ECMO sustavom.



## 7. Održavanje ECMO sustava

Ovaj sustav bi se trebao održavati multidisciplinarno, te je bitno da se uključuju kardiokirurzi, specijalisti za zatajenja srca, terapeuti za respiracije, perfuzijski timovi i anesteziolozi. Da i se osigurala adekvatna potpora vrlo je bitno da se održava arterijska saturacija oksihemoglobina veća od 90%, venska saturacija oko 70-ak % i odgovarajuća tkivna perfuzija monitoriranjem razina laktata u krvotoku. Antikoagulacija s nefrakcioniranim heparinom je zlatni standard koji se koristi u svrhu smanjenja pojave tromboze. Praćenjem vrijednosti aktiviranog parcijanog tromboplastinskog vremena evaluira se učinak heparinske terapije. Interval vrijednosti bi trebao biti između 60 i 80 sekunda. Pri korištenju ekstrakorporalne cirkulacije dolazi do kontakata krvi s površinom koja je inkompatibilna s krvlju tako da dolazi do stvaranja imunokompleksa koji za posljedicu imaju stvaranje trombova.

Posebno dolazi do aktiviranja unutarnjeg sustava za zgrušavanje i alternativnog sustava komplementa, a iz tog razloga dolazi do rasta razina faktora zgrušavanja XIIa, D-dimera i aktivacija trombocita [17].

### 7.1. Sedacija

Prilikom postavljanja kanila i spajanja na ECMO uređaj bolesnik se sedira. Sedacija ima za cilj umirenje bolesnika da ne dođe do ozljeđivanja te isto tako da bi se smanjilo metabolizam te posredno tome potreba tkiva za kisikom, da bi se izbjegli suvišni pokreti i na kraju da se postigne udobnost za samog bolesnika. Poslije postignute hemodinamske stabilnosti zaustavlja se primjena lijekova za sedaciju i to na dovoljno dugo razdoblje kako bi se bolesnika neurološki ispitalo i evaluirao njegov neurološki status, a nakon toga ovisno o bolesnikovoj razinom svijesti nastavlja se sedacija i analgezija. Primjenom lijekova za sedaciju umanjnjem bolesnikovih pokreta povećava se mogućnost komplikacija dugotrajnog ležanja poput kontraktura, dekubitusa, pneumonija te je potrebno provesti intervencije u svrhu smanjenja mogućnosti pojave komplikacija.

Primjenom sedacije trebalo bi osigurati da bolesnik dobiva najnižu potrebnu dozu, da je ne koristi stalno kroz neki duži vremenski period, a s druge strane potrebno je osigurati da ne dođe

do ozljeđivanja uzrokovanim izvlačenjem ili presavijanjem kanila što se može dogoditi ukoliko je bolesnik nemiran. [17].

## **7.2. Uzimanje uzoraka krvi i antikoagulantna terapija**

Krv koja se koristi za određivanja i korekcije antikoagulantnih terapija dobiva se iz arterijske i venske krvi, a linija preko koje se takva krv uzima ne smije biti propirana hepariniziranim otopinama da bi se spriječilo pozitivne ili negativne lažne nalaze. Aparati uz pomoć koji se određuje ACT moraju biti u blizini kreveta bolesne osobe. Aparat mora biti uključen neposredno prije korištenja. Epruvetu se postavlja u uređaj na mjesto koje je obilježeno. U trenutku kada uređaj bude spreman, na zaslonu je prikazana poruka koja govori o tome da se treba dodati uzorak krvi u ispitnu epruvetu. Na završetak ispitivanja ukazuju zvučni signali, dobiveni rezultat se odmah pretvara u sekunde i dobivena vrijednost se evidentira na terapijske liste. Točnost uzoraka ovisi o odsutnosti zraka u štrcaljci u kojoj je uzorak krvi [17].

Doticanjem krvi s neendotelnim površinama aktivira se unutrašnji put zgrušavanja i stvaranja tromba. Zbog toga su indicirano korištenje heparina koji pomaže kod djelovanja antitrombina i inhibira formirani tromb kroz inhibiciju faktora Xa.

Kod provođenja postupka ECMO koristi se heparin u dozi koja je između 50 i 100 jedinica/kg kao bolus doza. Nakon toga dolazi do kontinuirane infuzije heparina koji ima raspon od 10 do 40 jedinica/kg/h [17]. Dozu nefrakcioniranog heparina potrebno je prilagoditi na način da se vrijednosti aktiviranog parcijalnog tromboplastinskog vremena (aPTV) održe povišenim i to približno 1,5 do 2,5 puta od normalne vrijednosti. Da bi se doza heparina prilagodila vrlo je bitno da se prati njegova razina, razina antitrombina u krvotoku i mjeri ACT svakih nekoliko sati, a aPTV svakodnevno.

## 8. Postupak skidanja s ECMO sustava

Zahvat kod kojeg dolazi do skidanja bolesnika s ECMO sustava počinje u trenutku kada dođe do uspostavljanja zadovoljavajuće funkcije srca i pluća, to se manifestira kroz poboljšanje parametara srčanog rada, povlačenje upalnih znakova, poboljšanja radiografskog plućnog nalaza, snižavanjem vrijednosti tlaka pluća i uz oporavak izmjene plina putem pluća. Bolesnici su spremni za skidanje sa sustava u trenutku kada imaju sposobnosti da održe saturiranost venske krvi na određenoj razini višoj od 65%, saturiranost arterijske krvi višu od 90% [18]. Pažnja se treba obratiti i na postavke mehaničke ventilacije. Bitno je determinirati da je moguće održati dovoljnu oksigenaciju kod nižih postavki ventilatora kao što su npr. pozitivan tlak na kraju ekspirija 18- 20 mmHg, FiO<sub>2</sub> niži od 0.5. Kod planiranja odvajanja bolesnika sa ECMO uređaja potrebno je uz praćenje vitalnih parametara učiniti radiografski prikaz pluća i srca a kod VA-ECMO i ultrazvuk srca kako bi se ustanovilo stanje tih organa. Kao i tijekom cijelog procesa potrebno je bolesnika i uređaj pomno motriti.

Na početku odvajanja postepeno se smanjuje brzina protoka sve do 1 ml/min na FiO<sub>2</sub> 100 %. Takav se protok održava 60 minuta i vrši se nadzor saturiranosti arterijske krvi kisikom. Ukoliko je SaO<sub>2</sub> viši od 95 % i stabilan kod vv ECMO-a isključuje se dovod kisika u oksigenator tako da se se krv ne oksigenira već samo cirkulira nepromjenjenim protokom. Ukoliko tijekom 6 sati nema pogoršanja vitalnih znakova ni pogoršanja saturacije kisikom razmatra se dekanulacija.

Kod odvajanja bolesnika od VA-ECMO-a prvo se povisi doza heparina da bi se ACT održala iznad 400 sekundi zbog povećanog rizika od stvaranja tromba tijekom razdoblja probnog odvajanja. Protok krvi se smanji na 1 litru po minuti, a tijekom vremena se prate pokazatelji srčane funkcije poput srednjeg arterijskog tlaka, centralni venski tlak, saturacija kisikom arterijske i venske krvi, arterijski krvni tlak. U novije vrijeme radi boljeg praćenja bolesnika u realnom vremenu uvodi se transezofagealni ili transtorakalni ultrazvuk čiji prikaz jasno daje predodžbu o srčanoj funkciji. Potpuno odvajanje se planira ukoliko su parametri srčane i respiratorne funkcije zadovoljavajući, a postojeći patološki procesi se mogu zbrinuti konzervativno. Može se razmotriti i zamjena ECMO tretmana tretmanom podrške lijevog ili desnog ventrikula, ugradnja aortalnog balona, transpacije srca ili prebacivanje na venovenski ECMO.

## 9. Zdravstvena njega bolesnika pod ECMO potporom

Na ekstrakorporalnu membransku oksigenciju se pacijent priključuje u JIL-u ili u sali za operaciju, na tim mjestima je jedino moguća primjerena skrb takvog bolesnika.

Za hemodinamsku stabilnost je vrlo bitna brzina protoka pumpe, a ona treba iznositi 50 do 100 ml/kg/min, odnosno brzina kojom se dostiže saturiranost venske krvi 65 do 70 posto. Brzina ovisi o stanju napunjenosti žila i o broju okretaja pumpe, a to se utvrđuje vrijednostima centralnog venskog tlaka i procjenom otpora u krvnim žilama. Prilikom procjenjivanja vrijednosti tlakova prema potrebi mogu se dodati infuzijske otopine ili vazoaktivni lijekovi. Kod većih oštećenja bubrežnih funkcija ili srca potrebno je stimulirati diurezu, a to se postiže lijekovima. No u situacijama kada lijekovi nisu dovoljni potrebno je provesti nadomjesnu bubrežnu funkciju prilikom koje se koristi uređaj za hemodijalizu. Prilikom davanja heparina održava se aktivna vrijednost vremena zgrušavanja od 150 do 170 sekundi i s time ujedno povećava tromboplastinsko aktivno parcijalno vrijeme za 1, 5 iznad bazičnih vrijednosti. Mjerenje ACT-a se provodi svakih jedan do dva sata, a mjerenje APTV-a svakih osam do dvanaest sati. Kod većeg krvarenja bitno je nadoknaditi pojedinačne faktore, koji su vrlo bitni za adekvatan koagulacijski sustav, te nadoknađivanje krvne plazme [18].

Osobe koje su priključene na izvantjelesnu membransku oksigenaciju primorane su ležati u krevetu, što mirnije, nekoliko dana. Osim dobivanja velike doze vazokonstriktivnih lijekova kod osobe se povećava rizik od nastanka dekubitusa. Kod takvih bolesnika bitne su antidekubitalne mjere, odnosno redovito kupanje, promjena položaja, redovito presvlačenje i održavanje podloge na kojoj bolesnik leži izrazito suhe. Potrebno je napomenuti da se kod takvih bolesnika svakodnevno prati vrijednost albumina, njegov nutritivni status i vrijednosti ukupnih proteina u plazmi [19].

Zbog analize potreba za zdravstvenom njegom i zbog uzimanja sestrinske anamneze procjenjuje se:

- bol,
- status elektrolita i vode,
- kardiološki status
- funkcija respiratornog sustava

- temperatura organizma,
- neurološki status (veličina zjenica, procjena svijesti, te reakcija na svijetlo),
- periferni vaskularni sustav (procjena pulsa na periferiji, prisutnost edema i procjena boje kože),
- bubrežne funkcije (količina i izgled urina, te satna diureza) [19].

### **9.1.Dnevna skrb za bolesnika na ECMO potpori**

Dnevna skrb je temeljna intervencija tijekom terapije i izvodi se radi udobnosti pacijenta, sprječavanja infekcija i održavanja bolesnikove higijene. Dnevna njega bolesnika na ECMO potpori je izrazito zahtjevna intervencija zbog pacijentove ovisnosti o oksigenaciji, zbog moguće dekanulacije i zbog povećane mogućnosti krvarenja. Dnevna skrb se u potpunosti mora obavljati u bolničkom krevetu. Održavanje higijene usne šupljine provodi se što nježnijim pokretima da se prilikom nje ne ošteti oralna sluznica. Postupak se provodi i ujutro i navečer, a kod pacijenata koji su na preoralnoj prehrani još se dodatno to obavlja nakon svakog obroka. Ako se pacijent može sam pobrinuti za svoju oralnu higijenu, medicinska sestra mu daje četkicu za zube s pastom i objašnjava da mora četkati u smjeru naprijed prema nazad i to kružnim pokretima, te da prilikom četkanja mora očetkati i vanjske i unutarnje plohe zuba te sami jezik. Pacijenti koji imaju endotrahealni tubus ne mogu sami voditi brigu o higijeni usne šupljine i za njih to radi medicinska sestra, najmanje 4 puta dnevno. Prilikom njihove brige oko usne šupljine koristi se plak-vaksuction četkica koja je sa nastavkom spojena na aspirator, a uz to se još može koristiti i obična silikonska četkica i istovremeno aspirirati kateterom. U slučaju da pacijent koji je na mehaničkoj ventilaciji pruža otpor, potrebno je primijeniti sedaciju [20].

Potrebno je mijenjati položaj endotrahealne cijevi barem dva do tri puta prilikom njege usne šupljine, jer se time pazi na očuvanje oralne sluznice i kuta usana, te se i sprječava nastanak dekubitusa na tim područjima. Isto to vrijedi i kod zaštite nosnice prilikom korištenja nazogastične sonde. Položaj se mijenja minimalno jednom dnevno. Za brijanje dlaka, prilikom obavljanja radnji za njegu higijene, obavlja se električnim brijačem, a bronhoaspiracija se provodi sa sustavom zatvorene bronhoaspiracije. Korištenjem zatvorene sukcije smanjuje se rizik od nastanka infekcije pluća, kontaminacija bakterijama, te se smanjuje cijena i trajanje liječenja. Taj sistem se mijenja svakih 24 sata. Prevoj kanila se obavlja onda kada se primijeti značajna količina sekreta koja se nakupila ispod ili kada njegova funkcija više nije sigurna. Za

radnju prevoja kanila preporuča se da ju obavljaju dvije medicinske sestre - jedna treba pridržavati kanilu, a druga uklanja prevoj. Kanile nisu prišivene za kožu, te se za vrijeme njege prati ulazni dio i znakovi koji upućuju na infekciju. Kada mjesto ulaza postane sumnjivo uzima se bris tog dijela i šalje se na mikrobiologiju. Fiksiranje kanile se obavlja prozirnim oblozima, kako bi ulazno mjesto kanile bilo što vidljivije i preglednije. Svaki dan se provodi procjena temperature, boje kože, perifernih pulseva i obujam ekstremiteta na istom području kako si se izbjegla ishemija donjih ekstremiteta. U trenucima kada je pacijent nestabilan dnevna skrb se odgađa ili se uopće ne provodi [20].

## 9.2. Sestrinske dijagnoze

Najčešće sestrinske dijagnoze kod bolesnika priključenih na ECMO sustav potpore su:

- poremećaj izmjene plinova u krvi,
- poremećaj cirkulacije krvi u organizmu,
- visok rizik za krvarenje,
- visok rizik za ishemiju donjih ekstremiteta,
- visok rizik za dekubitus,
- visok rizik za poremećaj termoregulacije,
- visok rizik za infekciju,
- hipotermija
- smanjena mogućnost brige o sebi (hranjenje, osobna higijena, eliminacija, odijevanje i dotjerivanje)

Intervencije koje provodi medicinska sestra/tehničar:

- monitoring (invazivni monitoring – puls, EKG, arterijski tlak, CVT, tlak u plućnoj arteriji, saturiranost venske i arterijske krvi, tjelesna temperatura, satna diureza),
- korekcija nalaza (redovita kontrola nalaza krvi, provjera laktata, acidobazni status, pH krvi)
- praćenje zadanog protokola za održavanje prohodnosti sustava, da ne bi došlo do klemanja cijevi, redovita provjera i održavanje mjesta kanilacije s ciljem pravovremenog otkrivanja krvarenja ili infekcije,

- praćenje zadanog protokola za njegu bolesnika na mehaničkoj ventilaciji (toaleta traheobronhalnog stabla, kontrola zadanih parametara),
- davanje lijekova prema protokolu (provjera doziranja lijekova, brzine infuzije, mjesta davanja, vremena davanja),
- procjena boli ,
- provođenje enteralne i/ili parenteralne prehrane,
- kontrola stanja periferije i kože (boja, vlažnost, temperatura, prokrvljenost, kapilarno punjenje, kirurška rana, ozljede, hematomi, dekubitusi, edemi),
- praćenje lokalnog statusa ekstremiteta (provjeriti da li postoje znakovi venske tromboze, arterijske ishemije, kontinuirano mjerenje opsega noge uz bilateralnu, usporedba zabilježenih vrijednosti), dokumentacija svih intervencija“ [21].

### 9.3. Sprječavanje infekcija

Infekcije uzrokovane invazivnim tretmanom dodatno otežavaju stanje intenzivnoga bolesnika, usporavaju njegov oporavak, produžavaju dužinu hospitalizacije i povećavaju mortalitet. U jedinicama intenzivnoga liječenja intrahospitalne infekcije i sepsa su prosječno 5-10 puta učestalije u usporedbi s drugim bolničkim odjelima. Najčešće intrahospitalne infekcije povezane s intenzivnim liječenjem su sepse povezane s primjenom centralnog venskog katetera, pneumonije povezane s primjenom mehaničke ventilacije, infekcije urinarnog trakta kao posljedice uvedenog urinarnog katetera i infekcije pridružene kirurškim ranama. Veliku ulogu u sprječavanju infekcija ima medicinska sestra, ali je ona ujedno i izravno odgovorna za njezino širenje. Prilikom kontakta potrebno je svaki puta mehanički oprati ruke i alkoholnim sredstvom dezinficirati ruke. Isto tako onda kad se pojavljuju kontakti s izlučevinama potrebno je koristiti zaštitne rukavice, a neposredno prije početka svake terapije kroz centralnu venu i krvnu aspiraciju za pretragu u laboratoriju iz centralnih arterijskih katetera, treba konektore dezinficirati sa tekućinom koji u sebi ima 70% alkohola. Medicinske sestre imaju odgovornost da provjeravaju kako izgleda ulazno mjesto svake centralne i periferne linije, operativna rana i okolina bolesnika. Previjanja centralne venske i arterijske linije provode se svaka 72 sata, a prema potrebama to može biti i češće ako su pokrivke vlažne ili ne prijanjaju uz kožu. Ako je ulazno mjesto prekriveno s transparentnim pokrivkama s impregniranim antimikrobnim jastučićima, toaletu je bitno provoditi svakih 7 dana, osim ako se ne pojavi vlaga i onečišćenje

na ulaznom mjestu. Infekcija se u najvećem broju slučajeva prenosi rukama koje su kontaminirane. Svaki bolnički odjel na pristupačnim mjestima ima postavljene plakate povezane s higijenom ruku, a takva pravila moraju poštivati svi koji su zaposleni kao zdravstveno osoblje, a isto tako i posjetitelji, posebno se to odnosi na područje JIL-a [22]. RH nema takav obrazovni sustav kako bi se medicinske sestre usko specijalizirale u neko područje, ali kroz povećani broj bolesnika koji moraju koristiti ovaj sustav, došlo je i do povećanog broja medicinskih sestara koje posjeduju specifična znanja i vještinu o ovom sustavu kroz način zbrinjavanja pacijenata na ECMO potpori. Medicinske sestre u RH svoja znanja stječu kroz sudjelovanje na kongresu ili tečaju, a vještine se pak stječu uz praksu, tj. onda kada provode skrb za bolesnika koji je na takvoj potpori [23].



## 10. Zaključak

Ekstrakorporalnu membransku oksigenaciju (ECMO) smatra se vrstom liječenja koja je potrebna da bi se održalo životno ugrožene pacijente na životu. Glavni cilj takvog postupka je potpomaganje radu srca i pluća. Kod onih bolesnika koji imaju teška zatajenja plućnih funkcija ovaj sustav daje mogućnost izmjenjivanja plinova, a oni koji imaju teško zatajenje srca ili srčani zastoj dobivaju cirkulacijske potpore i izmjenjivanje plinova. ECMO potpora daje mogućnost liječenja dvije vrste bolesnika. Prvotno, plućne bolesnike, odnosno one koji imaju akutni respiratorni distres ili one kojima moraju biti transplantirana pluća. I drugo kod kardioloških bolesnika, odnosno onih koji imaju zastoj srca, slabost srčanih funkcija, pacijenti u intervencijskoj kardiologiji i oni pacijenti koji trenutno moraju dobiti transplantacije srca. ECMO uređaj se do danas u velikoj mjeri razvio posebno zbog razvoja tehnologija i znanosti, ali još uvijek se govori o tome da je on vrlo tehnički složen i zahtjevan postupak kod kojeg je potrebno visoko medicinsko znanje i vještina. Postoje dvije glavne vrste ECMO potpora, ovisne su o srčanim funkcijama, pa stoga možemo razlikovati veno-vensku ECMO potporu i veno-arterijsku ECMO potporu. S obzirom na studije, dokazano je da kod djece u odnosu na starije bolesnike postoji manje komplikacija, ali isto tako veće su učestalosti neurološkog tipa komplikacija. Isto tako moguće je da se pojave i određene specifičnije komplikacije kao što je ozljeda arterija, ishemije ekstremiteta ili pak pseudoaneurizma na mjestima kanulacija. Iznimno je bitno da se održava ECMO sustav i takvo održava moralo bi biti multidisciplinarno, te također uključivati kardiokirurga, specijalista za srčana zatajenja, terapeuta za respiracije, anesteziologa i perfuzijski tim. Medicinske sestre imaju vrlo bitnu ulogu kod cjelokupnog postupka njegovanja i liječenja bolesnika jer su one odgovorne za primjenjivanje terapije, održavanje integriteta kože, sprječavanja infekcija, uočavanja promjene stanja bolesnika, provođenje dijagnostičkog postupka, a značajna uloga je i u komunikaciji s obitelji bolesnika. Medicinske sestre u JIL-u moraju imati znanja i vještinu koja je potrebna da bi skrbile za bolesnike jer intenzivna liječenja zahtjevaju stalno nadziranje, njegovanje, liječenje i održavanje bolesne osobe na životu.

## 11. Literatura

- [1] Erdil T, Lemme F, Konetzka A, Cavigelli-Brunner A, Niese O, Dave H, i sur.: Extracorporeal membrane oxygenation support in pediatrics. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019;8(1): 109 – 130. dostupno na: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.schn.health.nsw.gov.au%2Ffiles%2Fattachments%2Fnews%2Facs\\_report\\_-\\_paediatric\\_cardiac\\_services\\_-\\_a\\_review\\_commissioned\\_by\\_nsw.pdf&clen=3313764&chunk=true](https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.schn.health.nsw.gov.au%2Ffiles%2Fattachments%2Fnews%2Facs_report_-_paediatric_cardiac_services_-_a_review_commissioned_by_nsw.pdf&clen=3313764&chunk=true)
- [2] Gehrmann LP, Hafner JW, Montgomery DL, Buckley KW, Fortuna RS. Pediatric Extracorporeal membrane Oxygenation: an Introduction for Emergency Medicine Physicians. *J Emerg Med.* 2014;49(4): 549 – 565. dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25980372>
- [3] Ludwig K. von Segesser: Cardiopulmonary support and extracorporeal membrane oxygenation for cardiac assist, *The Annals of Thoracic Surgery*, Vol. 68, August 1999., str. 672-677 dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10475469/>
- [4] Stanec M.: Prediktori kliničkog ishoda nakon potpore izvantjelesnom membranskom oksigenacijom. Zagreb. Sveučilište u Zagrebu. Medicinski fakultet. 2014. dostupno na: <https://repositorij.mef.unizg.hr/islandora/object/mef%3A309>
- [5] A.C. de Mol, K.D. Liem, A.F.J. van Heijst: Cerebral Aspects of Neonatal Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Review, *Neonatology*, Vol. 104, August 2013., str. 95-103 dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23817232/>
- [6] A. Marić: Izvantjelesna membranska oksigenacija i kontinuirane metode nadomještaja bubrežne funkcije, Hrvatska proljetna pedijatrijska škola, XXXIV. seminar, Split, 2017., str 64 dostupno na: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.hpps.com.hr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FDokumenti%2F2017%2Fsestre%2FSes%25209.pdf&clen=238176&chunk=true](https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.hpps.com.hr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FDokumenti%2F2017%2Fsestre%2FSes%25209.pdf&clen=238176&chunk=true)
- [7] H.T. Tevæarai, X.M. Mueller i sur: Venous drainage with a single peripheral bicaval cannula for less invasive atrial septal defect repair, *The Annals of Thoracic Surgery*, Vol. 72, November 2001., str. 1765-1774 dostupno na: [https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/11722098/Venous\\_drainage\\_with\\_a\\_single\\_peripheral\\_bicaval\\_cannula\\_for\\_less\\_invasive\\_atrial\\_septal\\_defect\\_repair](https://www.unboundmedicine.com/medline/citation/11722098/Venous_drainage_with_a_single_peripheral_bicaval_cannula_for_less_invasive_atrial_septal_defect_repair)

- [8] G. Makdisi, I-wen Wang: Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology, *Journal of Thoracic Disease*, Vol. 7, July 2015., str. 166-176 dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26380745/>
- [9] Schmid C, Phillipp A: *Guidelines for Extracorporeal Circulation*. Springer Medizin. Regensburg. Germany, 2011. dostupno na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12181-021-00514-4>
- [10] A. Mandarić: Postkardiotomijski ECMO u kardiokirurškoj jedinici intenzivnog liječenja – indikacije, prikaz tehnike i bolesnika, diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet, Split, 2017. dostupno na: <https://www.bib.irb.hr/888512>
- [11] Banfi C, Pozzi M, Siegenthaler N, Brunner M-E, Tassaux D, Obadia J-F, i sur. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation: cannulation techniques. *J Thorac Dis* 2016;8(12): 3762 – 3773. dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28149575/>
- [12] Pavlushkov E, Berman M, Valchanov K. Cannulation techniques for extracorporeal life support. *Ann Transl Med*. 2017;5(4): 1 – 11. dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28275615/>
- [13] Erdil T, Lemme F, Konetzka A, Cavigelli-Brunner A, Niesse O, Dave H, i sur. Extracorporeal membrane oxygenation support in pediatrics. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019;8(1): 109 – 115. dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30854319/>
- [14] T. Sohaib, G. Alan: Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation in Refractory Cardiogenic Shock, *Cardiology in Review*, Vol. 24, January/February 2016., str. 26-29 dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26440651/>
- [15] Meng-Yu Wu, Pin-Li Chou, Tzu-I Wu, Pyng-Jing Lin: Predictors of hospital mortality in adult trauma patients receiving extracorporeal membrane oxygenation for advanced life support: a retrospective cohort study, *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, Vol. 26, February 2018. dostupno na: <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=17577241&AN=127895829&h=ZXqZr9W0p7f7NsiOC1srV%2fb3Y1i4KYkpxP9jcFzz8BeIVSQBKJFH%2bfoluP8NCMZ0jiPJ2CvmUPFVTN5f8COSlg%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrINotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d17577241%26AN%3d127895829>
- [16] Meuwese CL, Ramjankhan FZ, Braithwaite SA. Extracorporeal life support in cardiogenic shock: indications and management in current practice. *Neth Heart J*. 2018 Feb;26(2):58-66. dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29349674/>

- [17] B. Vrhovac, B. Jalšić, Ž. Reiner, B. Vucelić: Interna medicina, naklada Ljevak, Zagreb, 2008.
- [18] R.A. Niebler, R.C. Punzalan i sur: Activated recombinant factor VII for refractory bleeding during extracorporeal membrane oxygenation, Pediatric Critical Care Medicine, Vol. 11, January 2010., str. 98-102 dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19561557/>
- [19] D. Kralj, R. Mrkonjić, T. Badrov: Izvantjelesna membranska oksigenacija u jedinici intenzivnog liječenja, SCHOCK, br.2, Zagreb, 2011.
- [20] S.E. Gay, N. Ankney i sur: Critical Care Challenges in the Adult ECMO Patient, Dimensions of Critical Care Nursing, Vol. 24, July-August 2005., str. 157-162 dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/7701644\\_Critical\\_Care\\_Challenges\\_in\\_the\\_Adult\\_ECMO\\_Patient](https://www.researchgate.net/publication/7701644_Critical_Care_Challenges_in_the_Adult_ECMO_Patient)
- [21] Hrvatska komora medicinskih sestara, Sestrinske dijagnoze, Zagreb, 2011.
- [22] Horak RV, Griffin JE, Brown A-M, Nett ST, Christie LM, Forbes ML, et al. Growth and Changing Characteristics of Pediatric Intensive Care 2001–2016. Crit Care Med. 2019;47: 1135 – 1142. dostupno na: <https://www.nursing.emory.edu/faculty-staff/ann-marie-brown>
- [23] Daly KJR. The role of the ECMO specialist nurse. Qatar Medical Journal. 2017; (1):54. dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5474622/>

## **Popis slika**

Slika 2.1. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-88-470-5427-1\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-88-470-5427-1_1)

Slika 3.1. [https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(18\)30856-5/fulltext](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(18)30856-5/fulltext)

Slika 3.2. <https://www.slideshare.net/joethomas240354/ecmo-for-nurses-250366407>

Slika 3.3. <https://www.slideshare.net/joethomas240354/ecmo-for-nurses-250366407>

Slika 3.4. <https://www.hawaiiircps.org/wp-content/uploads/2017/10/ECMO-Principles-Len-Tanaka.pdf>

Slika 3.5. <https://www.hksccm.org/index.php/professional/useful-resources/70-respiratory-medicine-and-thoracic-surgery/1945-2010-oct-16-extracorporeal-membrane-oxygenation-ecmo-revival-p-revolution>

Slika 3.6. <https://rc.rcjournal.com/content/63/9/1162>

Slika 4.1. [https://www.criticalcare.theclinics.com/article/S0749-0704\(17\)30046-5/fulltext](https://www.criticalcare.theclinics.com/article/S0749-0704(17)30046-5/fulltext)



## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Ivana Pereža (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Primjena ECMO potpore i skrbi u jedinici intenzivnog liječenja (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

  
(*vlastoručni potpis*)

Sukladno čl. 83. Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Sukladno čl. 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za sestrinstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Sestrinstva

PRISTUPNIK Ivana Pereža

MATIČNI BROJ 3331/336

DATUM 5.12.2022.

KOLEGIJ Anesteziologija, reanimatologija i intenzivno liječenje

NASLOV RADA Primjena ECMO potpore i skrb u jedinici intenzivnog liječenja

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Utilization of ECMO treatment and nursing care in ICU

MENTOR dr. Nikola Bradić

ZVANJE viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Ivana Živoder, predsjednica
2. Nikola Bradić, v.pred., mentor
3. Zoran Žeželj, pred., član
4. izv.prof.dr.sc. Marijana Neuberg
- 5.

## Zadatak završnog rada

BROJ 1652/SS/2022

OPIS

ECMO se smatra modificiranom vrstom kardiopulmonalnih prenosnica s glavnim ciljem potpomaganja radu srca i pluća. Povećano korištenje ovakve vrste uređaja uz sebe usko vezuje i novi izazov kao što je određivanje kriterija za odabiranje bolesnika i donošenja konačnih odluka o korištenju ECMO sustava. Sustav ECMO smatran je invazivnim i tehnički jako složenim postupkom kroz koji se narušavaju cjelovitosti krvožilne stijenke i upleću se u mnogobrojne procese fiziologije. Pri korištenju ekstrakorporalnih cirkulacija dolazi do kontakata krvi s neendotelnim površinama, te je to pogodno za pokretanje koagulacijskih kaskada u imunološkom sustavu. ECMO je zahvat kod kojeg dolazi do skidanja bolesnika s ECMO sustava u trenutku kada dođe do uspostavljanja zadovoljavajuće funkcije srca i pluća, što se manifestira kroz poboljšanje parametara srčanog rada i povlačenje upalnih znakova. Posebno je za ovakvu vrstu bolesnika bitno da imaju dobru dnevnu skrb. Dnevna skrb je temeljna intervencija tijekom terapije i izvodi se radi udobnosti pacijenta, sprječavanja infekcija i održavanja bolesnikove higijene. Dnevna njega bolesnika na ECMO potpore je izrazito zahtjevna intervencija zbog mogućih komplikacija kao što je dekanulacija ili krvarenje. U ovo radu opisat ćemo način djelovanja ovog tretmana i znanja koja zdravstveni radnici moraju posjedovati u cilju najbolje skrbi za ove vitalno ugrožene bolesnike.

ZADATAK URUČEN 5.12.2022.

