

# ZDRAVSTVENA SKRB ZA PACIJENTA NA IZVANTJELESNOJ MEMBRANSKOJ OKSIGENACIJI U JEDINICI INTENZIVNOG LIJEČENJA

---

**Kovačević, Ana-Marija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:335214>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA**  
**PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ SESTRINSTVA**

**Ana-Marija Kovačević**

**Zdravstvena skrb za pacijenta na izvantjelesnoj  
membranskoj oksigenaciji u jedinici intenzivnog liječenja**

**Završni rad**

Rijeka, srpanj 2021.

**UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF NURSING**

**Ana-Marija Kovačević**

**Health care for a patient on extracorporeal membrane  
oxygenation in an intensive care unit**

**Master's thesis**

Rijeka, July 2021.

Mentor rada: Vesna Čačić, mag. educ. rehab.

Rad ima 42 stranice, 13 slika, 1 tablicu, 45 literarnih navoda.

Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ na Fakultetu zdravstvenih studija  
Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

## ZAHVALA

- Zahvaljujem se mentorici mag. educ. rehab. Vesni Čačić na iskazanom povjerenju, vodstvu te korisnim savjetima uz pomoć kojih je ovaj rad izrađen. Hvala Vam jer ste mi bila odličan i pravi uzor od našeg prvog susreta u srednjoj Medicinskoj školi.
- Najveće hvala mojim roditeljima i sestri koji su me podržavali i poticali da uspješno izvršim svoje obaveze u zadanom roku.
- Zahvaljujem svim svojim kolegicama i kolegama, šefu Josipu Brusiću i šefici Hani Tunaj te ostalom osoblju u jedinici intenzivnog liječenja na Sušaku koji su podržali moje školovanje na ovom fakultetu te mi izlazili u susret sa smjenama. Bez vas ovo ne bi bilo moguće.
- Zahvalna sam mojim divnim kolegicama i kolegama sa fakulteta, uvijek ste bili timski raspoloženi i hvala vam na ove predivne tri godine koje sam provela u dobrom društvu pametnih i sposobnih ljudi.

## Sadržaj:

1. UVOD .....	1
2. RAZVOJ ECMO POTPORE KROZ POVIJEST .....	2
<b>1.1. EURO ELSO organizacija.....</b>	<b>4</b>
3. OSNOVNI DIJELOVI ECMO SUSTAVA .....	6
<b>3.1. ECMO kanile i sustav ECMO cijevi.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Oksigenator .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2. Centrifugalna pumpa.....</b>	<b>8</b>
4. Vrste ECMO potpore.....	9
<b>4.1 Veno-arterijski ECMO.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1.1. Centralni VA ECMO .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1.2. Periferni VA ECMO .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2. Veno venski ECMO .....</b>	<b>14</b>
5. Indikacije za pokretanje ECMO potpore.....	17
<b>5.1. Indikacije za VA ECMO potporu .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2. Indikacije za VV ECMO potporu .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3. Kontraindikacije za primjenu ECMO potpore.....</b>	<b>20</b>
6. KOMPLIKACIJE ECMO SUSTAVA.....	21
7. TRETMAN ORGANSKOG SUSTAVA TIJEKOM ECMO POTPORE.....	24
8. ODVAJANJE OD ECMO POTPORE .....	25
9. ZDRAVSTVENA NJEGA BOLESNIKA NA ECMO POTPORI .....	25
10. PRIKAZ SLUČAJA .....	29
<b>10.1. Sestrinske dijagnoze kod bolesnika na ECMO potpori .....</b>	<b>32</b>
11. ZAKLJUČAK .....	34
12. LITERATURA .....	35
13. PRILOZI.....	38
<b>13.1. Tablice.....</b>	<b>38</b>
<b>13.2. Slike.....</b>	<b>38</b>

14. ŽIVOTOPIS .....	39
SAŽETAK.....	40
SUMMARY .....	41

# 1. UVOD

Izvantjelesna membranska oksigenacija (engl. Extra Corporeal Membrane Oxygenation, (ECMO)) je relativno nova metoda liječenja koja se koristi za liječenje bolesnika kod kojih konvencionalne metode ne daju zadovoljavajuće rezultate. ECMO se koristi kod bolesnika sa zatajenjem srčane funkcije, plućne i srčane funkcije ili kad je prisutno samo zatajenje plućne funkcije.

Indikacije za liječenje ECMO potporom imaju bolesnici s navedenom patologijom kod kojih je stanje reverzibilno i očekuje se poboljšanje u funkciji i radu vitalnih organa koji su ugroženi.

Osnovni cilj liječenja ECMO potporom je održavanje srčane i plućne funkcije kako bi se održala hemodinamska stabilnost bolesnika i osigurala zadovoljavajuća dostava kisika svim tkivima i organima.

U samim zaćecima ECMO potpora se upotrebljavala isključivo kod bolesnika pedijatrijske dobi za zbrinjavanje cirkulacije nakon kardiokirurških zahvata koji su učinjeni u svrhu popravka prirođenih srčanih mana, međutim u novije vrijeme, ECMO pronalazi svoje mjesto u sve široj primjeni kako kod zbrinjavanja životno ugrožavajućih stanja kod djece tako i kod odraslih.

U visoko razvijenim centrima ECMO potpora se koristi kod bolesnika i u svrhu reanimacijskog postupka ili kao prijelazan oblik liječenja do ugradnje nekog od mehaničkih uređaja za potporu radu srca ili do transplantacije srca ili pluća.

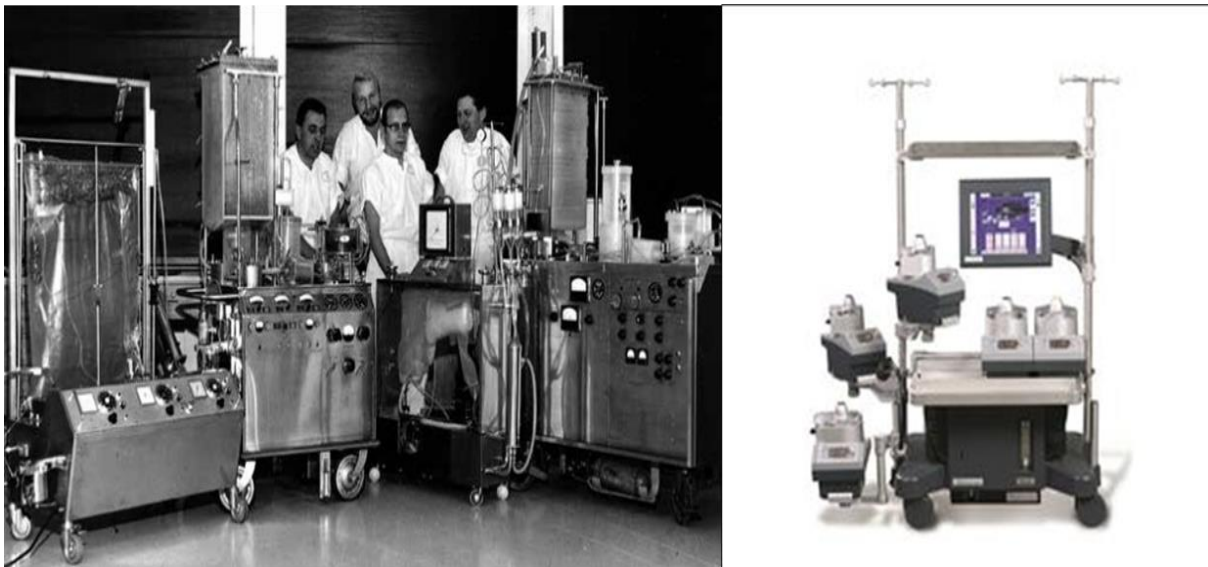
ECMO potporom nije moguće liječiti osnovno stanje već ona služi kao oblik terapije koji omogućava oporavak narušene funkcije organa ili kao prijelazni oblik liječenja do konačne odluke o daljnjem tretmanu. Konačna odluka o završetku liječenja ECMO potporom može ići u različitim smjerovima: iskljućenje potpore ako nije moguć oporavak ili drugi oblik liječenja odnosno koliko nastupi moždana smrt ("bridge to death" ili "bridge to organ donation"), ili ugradnja dugotrajne mehaničke potpore odnosno transplantacija organa ("bridge to long-term mechanical support" i "bridge to organ transplant").

Osnovni oblici ECMO potpore su veno-venska ECMO potpora (VV ECMO) i veno-arterijska ECMO potpora (VA ECMO). U ovom diplomskom radu bit će prikazana osnovna teorija ECMO liječenja s uključenim dokazima iz recentne literature. Poseban naglasak će biti stavljen na ulogu medicinske sestre u provođenju zdravstvene njege i prepoznavanju i zbrinjavanju komplikacija kod bolesnika na ECMO potpori. Posljednji dio diplomskog rada će se odnositi na prikaz slućaja bolesnika koji je lijećen sa ECMO potporom.



## 2. RAZVOJ ECMO POTPORE KROZ POVIJEST

ECMO potpora se razvila kao pojednostavljena varijanta uređaja za izvantjelesni krvotok. Liječnik John H. Gibbon je počeo raditi na stvaranju prvog uređaja za izvantjelesnu cirkulaciju 30-ih godina prošlog stoljeća koji je i upotrijebio pri prvoj operaciji na otvorenom srcu 1953. godine. Razvoj suvremene tehnologije izvantjelesne cirkulaciji rezultat su zajedničkog napora fiziologa, liječnika i inženjera (1).

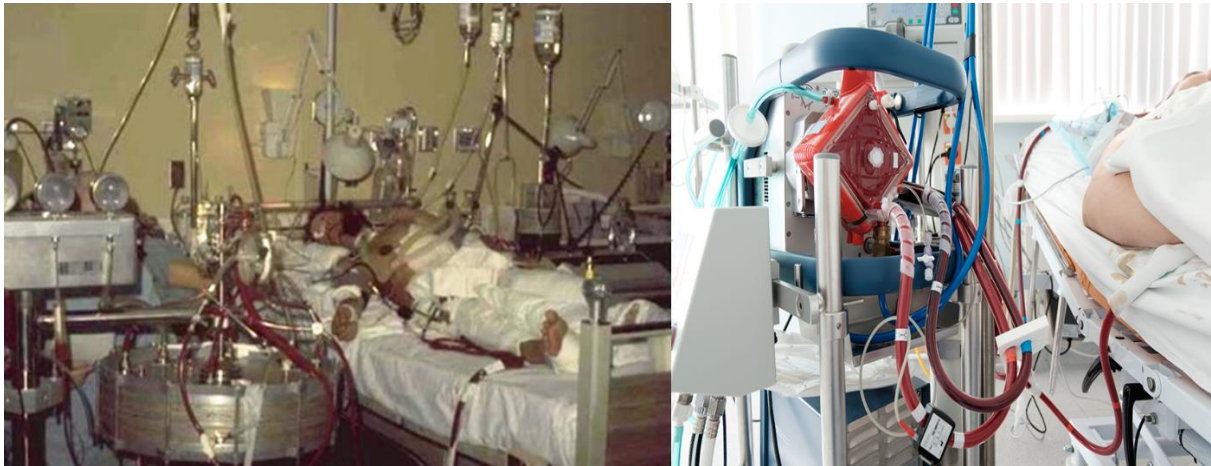


Slika 1 Uređaj za izvantjelesni krvotok nekad i danas Izvor:

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-76382015000200015](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382015000200015)

Tvorci uređaja za izvantjelesni krvotok su smatrali da bi se ista tehnologija osim zakratkotrajne operacije na otvorenom srcu mogla koristiti i kao privremena potpora za životno ugrožene bolesnike sa oštećenom srčanom ili plućnom funkcijom. Usprkos svim njihovim naporima to nije bilo izvedivo jer do tada korišteni oksigenatori nisu bili primjereni za dugotrajniju potporu jer je krv bila u direktnom kontaktu s kisikom. Zbog izravnog kontakta dolazilo je do traume krvnih stanica, hemolize i denaturacije proteina, a rezultati primjene ovog oblika liječenja su bili razočaravajući (2).

Sredinom 50-ih godina prošlog stoljeća, George Clowes i suradnici s Odjela za kardiotorakalnu kirurgiju Clevelandske bolnice počeli su razvijati novu vrstu oksigenatora po uzoru na strukturu pluća te su došli do spoznaje da bi krv i kisik trebali biti razdvojeni membranom i da nebi smjeli biti u međusobnom doticaju a oksigenacija bi se odvijala difuzijom. Takav membranski oksigenator je bio pretečavišokosofisticiranim oksigenatorima kakvi se koriste danas (3).



Slika 2 ECMO uređaj 1971. i ECMO uređaj 2012. Izvor: <https://www.mercy.net/content/dam/mercy/en/pdf/springfield-tdo/extreme-ecmo-combat-trauma-transport.pdf>

Prvi uspjeh ECMO postupka evidentiran je 1971. godine u liječenju bolesnika sa teškim akutnim respiracijskim distres sindromom (ARDS) koji je nastao uslijed traumatske ozljede pluća.

Četiri godine kasnije ECMO potporom je uspješno izliječena djevojčica Esperanza nakon aspiracije velike količine mekonija tijekom poroda. Ujedno je ovo bila i prva primjena ECMO-a kod novorođenčeta. Preživjeloj djevojčici je simbolično dato ime Esperanza što ujedno znači i nada. Do tad nepoznat oblik liječenja je omogućio nadu za preživljenje velikom djelu teško bolesne novorođenčadi (4).



Slika 3 Prvi slučaj uspješno primjenjene ECMO potpore kod novorođenčeta 1975. godine, Izvor: <https://www.slideshare.net/prapulchandra/ecmo-extracorporeal-membrane-oxygenation>

Američki Nacionalni institut za srce, pluća i krv (engl. National Heart, Lung and Blood Institute in the USA) 1979. godine je objavio prvu studiju o uporabi ECMO-a kod odraslih bolesnika s zatajenjem plućne funkcije. Rezultati studije su ukazivali na loše ishode u 90 % bolesnika koji su liječeni s ECMO-om te se zbog loših rezultata ovaj oblik liječenja privremeno prestao koristiti na odrasloj populaciji u većini centara. Manji broj stručnjaka je ipak vjerovao u uspješnost ovog oblika liječenja i nije odustao od proučavanja i unapređenja ECMO tehnologije.

Usprkos prestanku uporabe ECMO potpore u odraslih ECMO se i dalje koristio kod liječenja respiracijskog zatajenja kod djece gdje je pokazivao zadovoljavajuće rezultate što su potvrdila učinjena istraživanja (5).

Nakon skoro tridesetogodišnje stagnacije, liječenje ECMO potporom se u odraslih bolesnika u većoj mjeri počelo primjenjivati tijekom 2009. godine za vrijeme pandemije H1N1 gripe. Povećano korištenje ECMO potpore kod životno ugroženih bolesnika pridonijela je i objava rezultata CESAR studije koja ukazuje da je uporaba ECMO potpore opravdana, a rezultati liječenja prihvatljivi (6).

## **1.1. EURO ELSO organizacija**

EURO ELSO organizacija (engl. Extracorporeal Life Support Organizations) osnovana je 1989. godine. To je međunarodna organizacija koja ima za cilj prikupljanje podataka o primjeni ECMO potpore u centrima koji su članice istoimene organizacije. EURO ELSO organizacija danas broji više od 500 centara članica u svojem registru.

Na godišnjoj razini se prikupljaju podaci o indikacijama za primjenu ECMO potpore, pokrenutim ECMO postupcima, komplikacijama i ishodima ECMO liječenja. Prikupljeni podaci pristigli iz centara članica se bilježe i organiziraju na godišnjoj razini. Oni služe u svrhu poboljšanja kliničke prakse i mnogobrojnih istraživanja koja imaju za cilj donošenje važećih smjernica kako bi uporaba ECMO potpore imala što bolje ishode liječenja.

Bogato iskustvo i ubrzan razvoj tehnologije pridonijeli su proširenju indikacija za uporabu ECMO potpore dok su ishodi liječenja postali sve uspješniji.

Do travnja 2021. godine ukupan broj provedenih ECMO potpora u centrima članicama EURO ELSO organizacije je bio 151683 slučaja što je prikazano slikom 4. Ukupna stopa uspješno odvojenih bolesnika je bila 69 % dok ih je 54 % otpušteno s bolničkog liječenja. Najveći broj bolesnika koji su liječeni s ECMO potporom imao je oštećenu plućnu funkciju, ujedno je kod ovih bolesnika bio i najuspješniji ishod liječenja. Najniža stopa preživljenja i otpusta s

bolničkog liječenja je prisutna kod bolesnika koji su na ECMO potporu stavljeni nakon postupka reanimacije (7).

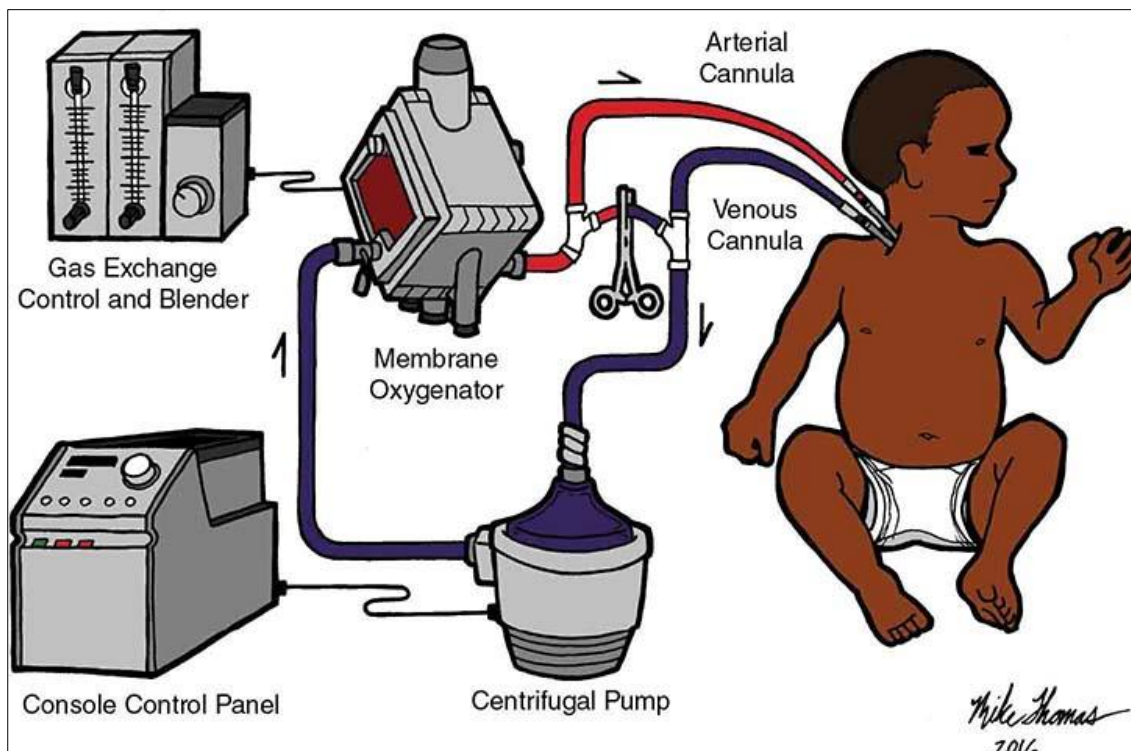
Overall Outcomes					
	Total Runs	Survived ECLS		Survived to DC or Transfer	
Neonatal					
Pulmonary	33,400	29,255	87%	24,398	73%
Cardiac	9,561	6,605	69%	4,186	43%
ECPR	2,244	1,574	70%	953	42%
Pediatric					
Pulmonary	11,168	8,084	72%	6,746	60%
Cardiac	13,945	10,103	72%	7,520	53%
ECPR	5,630	3,341	59%	2,388	42%
Adult					
Pulmonary	33,313	22,612	67%	19,734	59%
Cardiac	32,307	19,252	59%	14,378	44%
ECPR	10,115	4,213	41%	3,030	29%
Total	151,683	105,039	69%	83,333	54%

Slika 4 ELSO izvještaj: broj pokrenutih ECMO postupaka od 1990. do 2019. godine sa stopom preživljenja i uspješnog otpusta iz bolnice, Izvor: <https://www.elseo.org/Registry/Statistics/InternationalSummary.aspx>

### 3. OSNOVNI DIJELOVI ECMO SUSTAVA

Na slici 5 su prikazane osnovni dijelovi ECMO sustava:

- Oksigenator
- Centrifugalna pumpa
- Sustav cijevi
- ECMO kanile
- Jedinica za izmjenu topline
- Izmjenjivač plinova



Slika 5 Dijelovi ECMO sustava Izvor: <https://wodeshu.gitee.io/ludaofu/text00036.html>

#### 3.1. ECMO kanile i sustav ECMO cijevi

ECMO cirkulacijski krug se sastoji od ECMO kanila i sustava cijevi. ECMO kanile se umetnu u velike krvne žile. Preko sustava cijevi kanile su povezane sa oksigenatorom i centrifugalnom pumpom. Ovisno o konfiguraciji ECMO potpore kanile mogu biti umetnute u jednu veliku arteriju i veliku venu ili u dvije velike vene.

Kanile se mogu podijeliti u dovodne i odvodne. Njihov naziv se definira ovisno u kojem su odnosu s oksigenatorom. Dovodna kanila krv dovodi u oksigenator gdje se vrši izmjena plinova a odvodna kanila vraća oksigeniranu krv u krvnu žilu u koju je umetnuta.

Na slici 6 prikazane su dovodne i odvodne kanile. Kanile koje služe za dovođenje neoksigenirane krvi u oksigenator se umeću u gornju ili donju šuplju venu i u pravilu su duže i većeg dijametra te su označene plavom bojom.

Kanile koje vraćaju oksigeniranu krv u arterijski ili venski sustav su kraće i manjeg su promjera te su označene crvenom bojom.



Slika 6 Odvodna i dovodna kanila Izvor:[https://www.researchgate.net/figure/Percutaneous-arterial-cannulas-right-and-percutaneous-venous-cannulas-left\\_fig4\\_258207487](https://www.researchgate.net/figure/Percutaneous-arterial-cannulas-right-and-percutaneous-venous-cannulas-left_fig4_258207487)

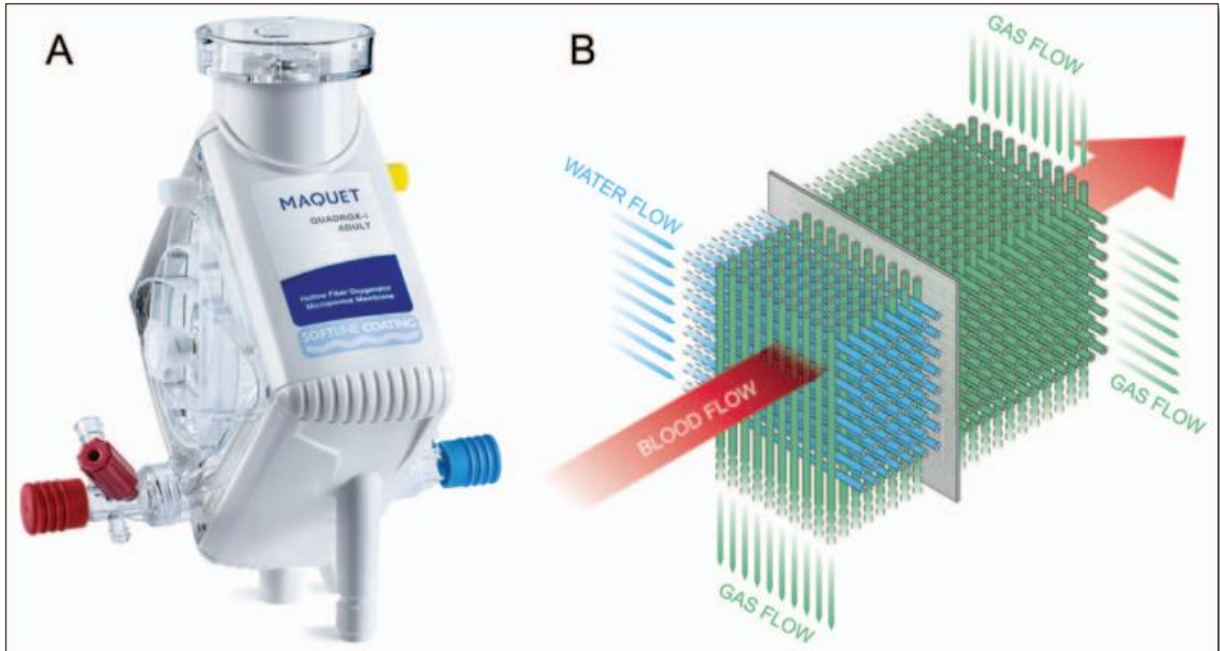
### 3.1. Oksigenator

Kako bi se krv adekvatno oksigenirala mora proći kroz oksigenator. Oksigenator je dio ECMO sustava u kojem se odvija oksigenacija krvi i eliminacija ugljičnog dioksida. Kroz povijest su se mjenjali materijali od kojih je bio sastavljen oksigenator, u početku su to bile membrane od polietilena, kasnije od silikona, a u novije vrijeme membranu oksigenatora sačinjavaju polimetilpentenska šuplja vlakana. Oksigenatori koji se danas koriste su male površine pri čemu je zadržana visoka učinkovitost pri oksigenaciji. Materijal od kojih je sastavljen oksigenator ima visoku kompatibilnost s krvlju pri čemu ne dolazi do uništavanja krvnih stanica, a imunološka reakcija na stranu površinu je svedena na minimum (8).

Izmjena plinova koja se odvija u oksigenatoru je ovisna o gustoći hidrofobnih vlakana, površini oksigenatora, brzini protoka krvi i kisika i koncentraciji kisika u smjesi plinova. Današnji oksigenatori su pogodni za dugotrajnu uporabu koja može biti od 15 do 30 dana.

Svaki oksigenator ima dva glavna ulaza „inlet“, mjesto gdje ulazi neoksigenirana krv i „outlet“ ili izlaz, mjesto gdje izlazi oksigenirana krv. Ulaz neoksigenirane krvi je uvijek označen plavom bojom a izlaz oksigenirane krvi crvenom bojom kao što je i prikazano na slici 7.

U tijelu oksigenatora se razlikuje područje kroz koje prolazi krv i kroz koje prolazi kisik kao što je također pokazano slikom 7. Krv i kisik nemaju međusobni doticaj kako bi se izbjeglo oštećenje krvnih stanica i kako nebi došlo do zračne mikroembolije (9).



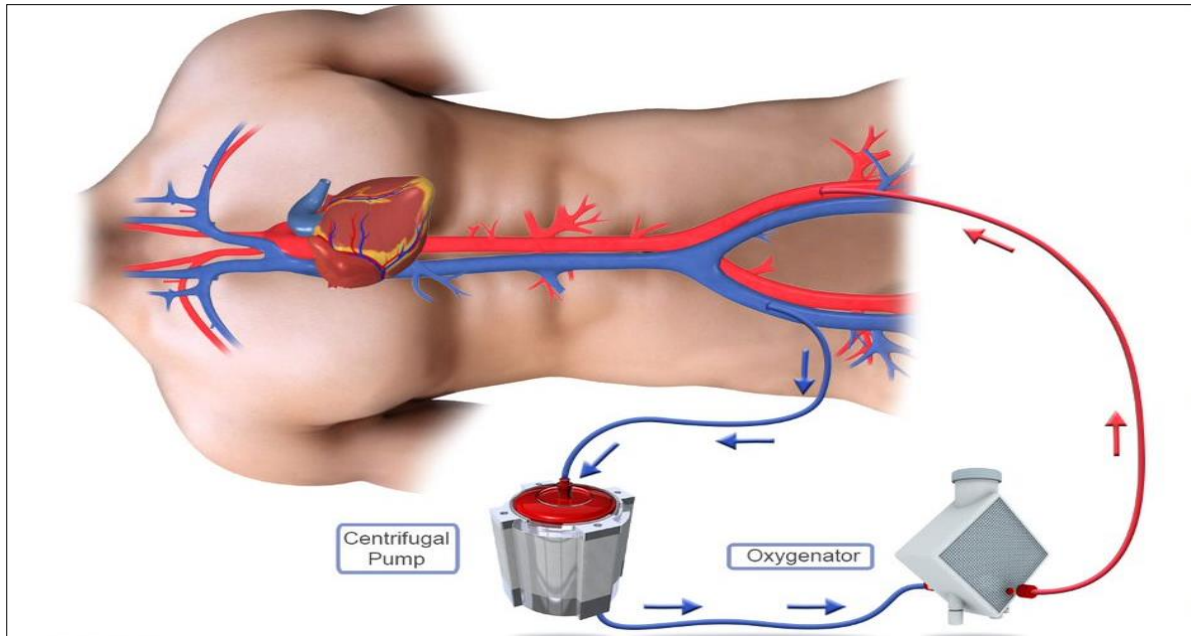
Slika 7 Prikaz oksigenatora i unutarjih membrana oksigenatora Izvor: <http://rc.rcjournal.com/content/respcare/63/9/1162.full.pdf>

### 3.2. Centrifugalna pumpa

Pomoću centrifugalnapumpe kroz sustav ECMO cijevi neoksigenirana krv se usmjerava u oksigenator. Smještena je između kanila i oksigenatora. Centrifugalne pumpe imaju malu zapreminu i mogućnost da krv očuvaju od hemolize. Brzina kojom pumpa tjera krv kroz ecmo sustav određuje se visinom odnosno brojem okretaja na ECMO upravljačkoj jedinici. Ponekad se ne može postići zadovoljavajuća visina protoka kroz ecmo sustav jer protok jednim djelom ovisi o količini cirkulirajućeg volumena. Ukoliko bolesnik nema dovoljno cirkulirajućeg volumena unatoč visokom broju okretaja protok kroz ecmo sustav pada i raste negativan tlak u ECMO linijama pri čemu može doći do oštećenja krvne žile u koju je umetnuta dovodna kanila ili do razvoja visoke turbulencije pri čemu dolazi do oštećenja krvnih stanica. Mogući razlog za razvoj hemolize je i stvaranje mikromjehurića u samoj pumpi koji su rezultat nesrazmjera u brzini okretaja pumpe i količine cirkulirajućeg volumena.

Kvarovi tehničke prirode na centrifugalnim pumpama novije generacije su iznimno rijetki, ali

može doći do tromboze pumpe ili stvaranja krvnog ugruška koji može otići u oksigenator i smanjiti njegovu efikasnost u izmjeni plinova. Trombozu centrifugalne pumpe u prvom redu uzrokuje zaostajanje krvi u pumpi zbog sniženog protoka za što može biti odgovorna zbog začepljena dovodna kanila (10).



Slika 8 Centrifugalna pumpa integrirana u ECMO sustav

#### 4. Vrste ECMO potpore



Kada je riječ o vrsti ECMO potpore ona se razlikuje prema konfiguraciji odnosno pruža li se potpora radu pluća, radu srca ili i jednom i drugom i prema mjestu kanulacije.

ECMO potpora prema konfiguraciji se može podijeliti na:

- Venozna arterijska potpora (VA ECMO)
- Venozna-venozna potpora (VV ECMO)
- Hibridni oblici ECMO potpore (VVA, VAV....)

ECMO potpora prema mjestu kanulacije se može podijeliti na:

- Centralni VA ECMO
- Periferni VA ECMO

## **4.1 Venozna-arterijska ECMO**

VA ECMO potpora se koristi kod bolesnika kod akutnog zatajenja rada srca i pluća. Osim što pruža mehaničku cirkulacijsku podršku istovremeno je i podrška respiraciji.

Venska krv se odvodi iz centralne vene ili desnog atrija u oksigenator gdje se vrši izmjena plinova i krv se vraća u arterijski sustav preko periferne arterije ili se vraća direktno u aortu. Ovom metodom cirkulacijske i respiracijske potpore može se zaobići protok krvi kroz srce i pluća već. Oksigenirana krv vraća se izravno u arterijski sustav (11).

### **4.1.1. Centralni VA ECMO**

Centralni VA ECMO se najčešće koristi nakon kardiokirurškog zahvata kada nisu zadovoljeni svi hemodinamski parametri za odvajanje bolesnika od izvantjelesnog krvotoka. Ovaj oblik ECMO potpore se u literaturi još naziva i postkardiotomijski VA ECMO. Izvodi se isključivo u operacijskoj dvorani u centrima gdje je prisutan kardiokirurški tim jer za njegovo postavljanje je potrebno učiniti otvaranje prsnog koša.

Prednost ove tehnike je u tome što može pružiti najbolji protok krvi kroz aortu i osigurati potpunu oksigenaciju najosjetljivijih organa kao što su mozak i bubrezi te osigurava dostatnu dostavu kisika u sva tkiva. Ovom metodom ECMO potpore se uspješno rasterećuje lijeva klijetka čija je funkcija narušena. Glavni fiziološki nedostatak ovog oblika ECMO potpore je što krvi ne prolazi kroz pluća i srce. Ukoliko je protok krvi iz plućne cirkulacije potpuno preusmjeren, postoji značajan rizik od nastanka tromba u desnoj strani srca (12).

Kod centralnog ECMO-a povratna kanila ili arterijska kanila je uvijek umetnuta u aortu bilo

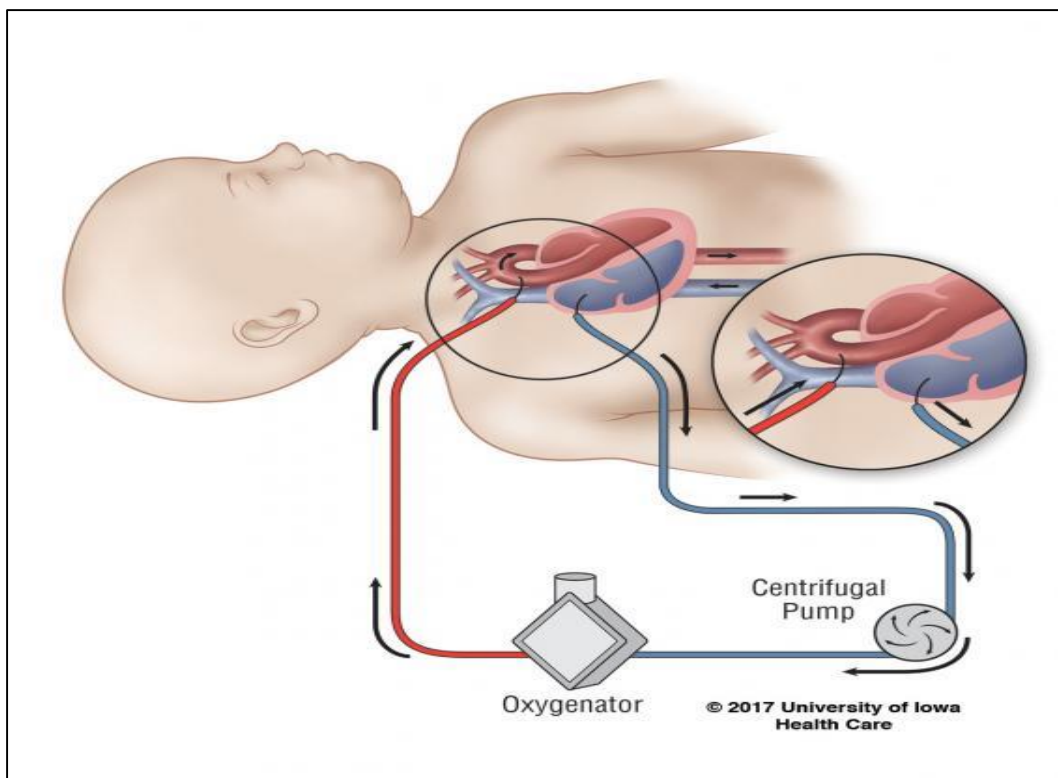
direktno ili preko dakronske proteze. Venska kanila ili dovodna kanila može biti umetnuta izravno u desni atrij iz kojeg izvlači vensku neoksigeniranu krv ili preko periferne vene u gornju i donju šuplju venu (13).

Centralna ECMO kanulacija je izrazito invazivan postupak koji može dovesti do niza komplikacija kao što su infekcija masivno krvarenje i oštećenje krvnih žila.

Nakon medijalne sternotomije, umetanja kanila i pokretanja ECMO sustava u nekim slučajevima prsni koš ostaje otvoren nekoliko dana a kanile koje se nalaze u aorti i desnom atriju su osigurane šavovima i stezaljkama. U tom slučaju premještanje bolesnika i zdravstvena njega su otežani Najčešća komplikacija je obilno krvarenje na mjestu operacijske rane zbog potreba heparinizacije. Također je moguće pomicanje i ispadanje kanile koje može biti opasno po život.

Kod bolesnika kojima je prsni koš zatvoren potrebno je pratiti količinu dreniranog krvavog sadržaja i na vrijeme prepoznati znakove tamponade srca. U ovih bolesnika potrebno je na vrijeme učiniti reviziju hemostaze kako ne bi došlo do dodatnog oštećenja srčanog mišića i pluća koje uzrokuju veliki krvni ugrušci u prsnom košu (14).

Veličina kanila definirana je umnoškom površine tijela bolesnika i srčanog indeksa koja određuje protok krvi u minuti koji je potrebno dostaviti bolesniku kako bi se zadovoljili metabolički zahtjevi. Za arterijsku kanulaciju najčešće se koriste kanile promjera od 22–24 Frencha, a za vensku kanulaciju dvostupanjska kanila koja je umetnuta u desni atrij promjera od 32–34 ili od 40–46 Frencha. Venska kanila koja odvodi neoksigeniranu krv u oksigenator može također biti umetnuta i u femoralnu venu, a njen vrh seže sve do ulaza u gornju šuplju venu. Ovakva venska kanila je duga od 55 do 70 cm i po dužini ima perforacije kako bi se putem njih krv mogla skupljati iz cijelog venskog sustava (15).



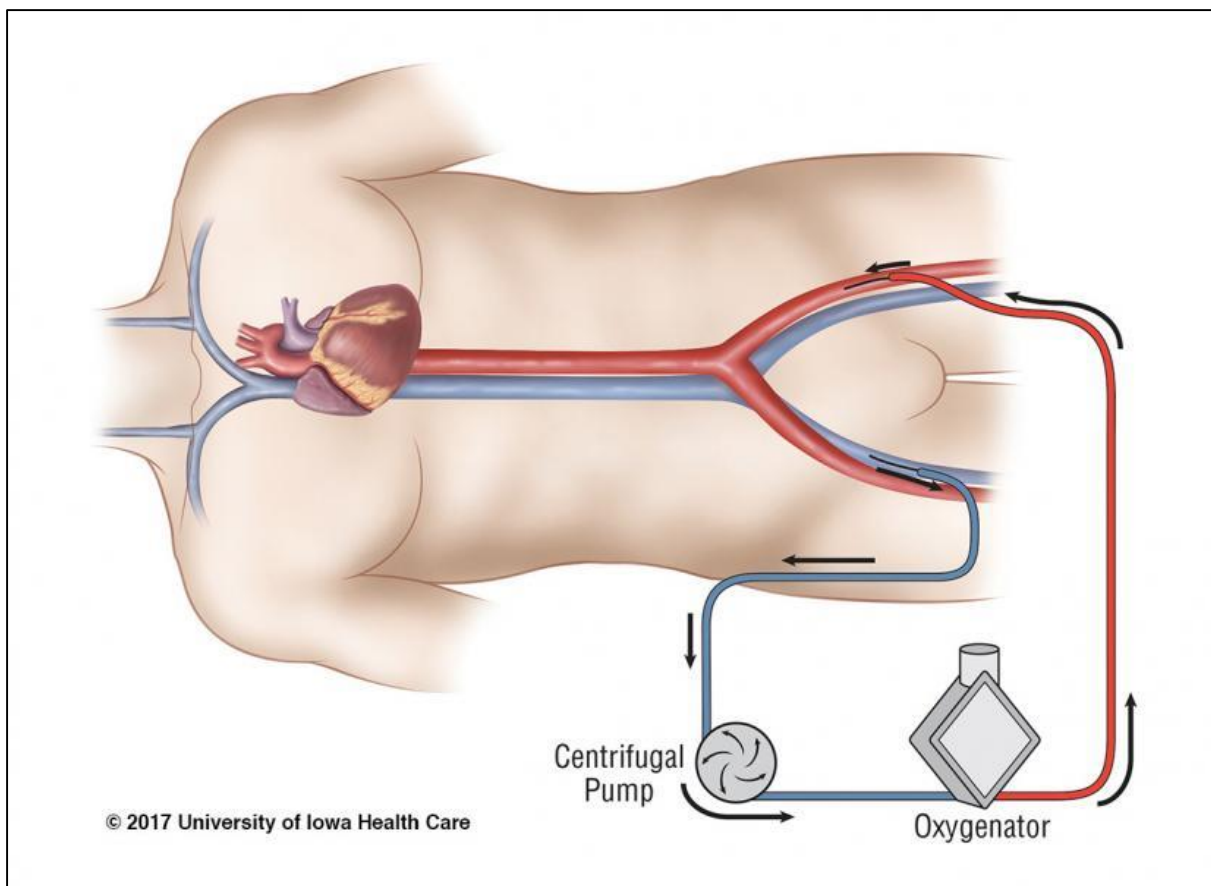
Slika 9 Centralna VA ECMO kanulacija Izvor: <https://uihc.org/health-topics/different-types-ecmo>

#### 4.1.2. Periferni VA ECMO

Tijekom periferne VA ECMO potpore koja je prikazana slikom 10 venska krv siromašna kisikom se odvodi preko kanile koja se nalazi u perifernoj veni, a oksigenirana krv vraća se u cirkulaciju putem arterijske kanile koja je umetnuta u neku od perifernih arterija.

Mjesto umetanja arterijske kanile za povrat oksigenirane krvi kod odraslih bolesnika najčešće je femoralna arterija, a ponekad i aksilarna arterija. U novorođenčadi i djece tjelesne mase do 15 kg najčešći izbor je karotidna arterija. Venska kanila koja dovodi neoksigiranu krv u oksigenator se postavlja u perifernu femoralnu venu i sakuplja krv iz gornje i donje šuplje vene.

Ovakav oblik ECMO potpore pruža cirkulacijsku i respiracijsku potporu, a protok krvi zaobilazi i srce i pluća.



Slika 10 periferna ECMO kanulacija Izvor: <https://uihc.org/health-topics/different-types-ecmo>

Periferna VA ECMO potpora je manje invazivan oblik ECMO potpore od centralnog oblika. Upotrebljava se kod zbrinjavanja bolesnika tokom ili nakon kardiopulmonakne reanimacije ili za vrijeme perkutane koronarne angioplastike kao potpora radu srca. Za njegovo postavljanje nije potrebna operacijska sala već se kanile mogu umetnuti i u jedinici intenzivnog liječenja, hitnom prijemu ili u operacijskoj sali za intervencijsku kardiologiju.

U nekim razvijenim državama oformljeni su mobilni ECMO timovi koji djeluju u sklopu izvanbolničke hitne medicinske pomoći koji su opremljeni svom potrebnom opremom za postavljanje ECMO potpore u izvanbolničkim uvjetima tijekom reanimacije za neposredno spašavanje života i transport takvog bolesnika u bolničku ustanovu. Rezultati primjene ECMO-a za vrijeme izvanbolničke reanimacije kod bolesnika s infarktom miokarda pokazuju porast stope preživljavanja s 8-29% s prihvatljivim neurološkim statusom (16).

Kanulacija periferne krvne žile se može izvesti zatvorenom Seldinger tehnikom, otvorenim kirurškim pristupom ili umetanjem kanile preko grafta koji je našiven na krvnu žilu. Prema rezultatima provedenih istraživanja za potpunu perifernu kanilaciju potrebno je u prosjeku 20 minuta (17).

Vensku drenažu osigurava kanila koja je umetnuta u femoralnu a prosječne veličine je od 19 do

25 Frencha. Arterijska povratna kanila je umetnuta u femoralnu arteriju s protokom krvi usmjerenim u silaznu aortu. Veličina arterijske kanile je od 15 do 23 Frencha. Izbor primjerene kanile ovisi o površini tjela bolesnika koja određuje potrebne protoke za zadovoljenje metaboličkih potreba i promjeru krvne žile koji može biti smanjen zbog prisutnog aterosklerotskog plaka (18).

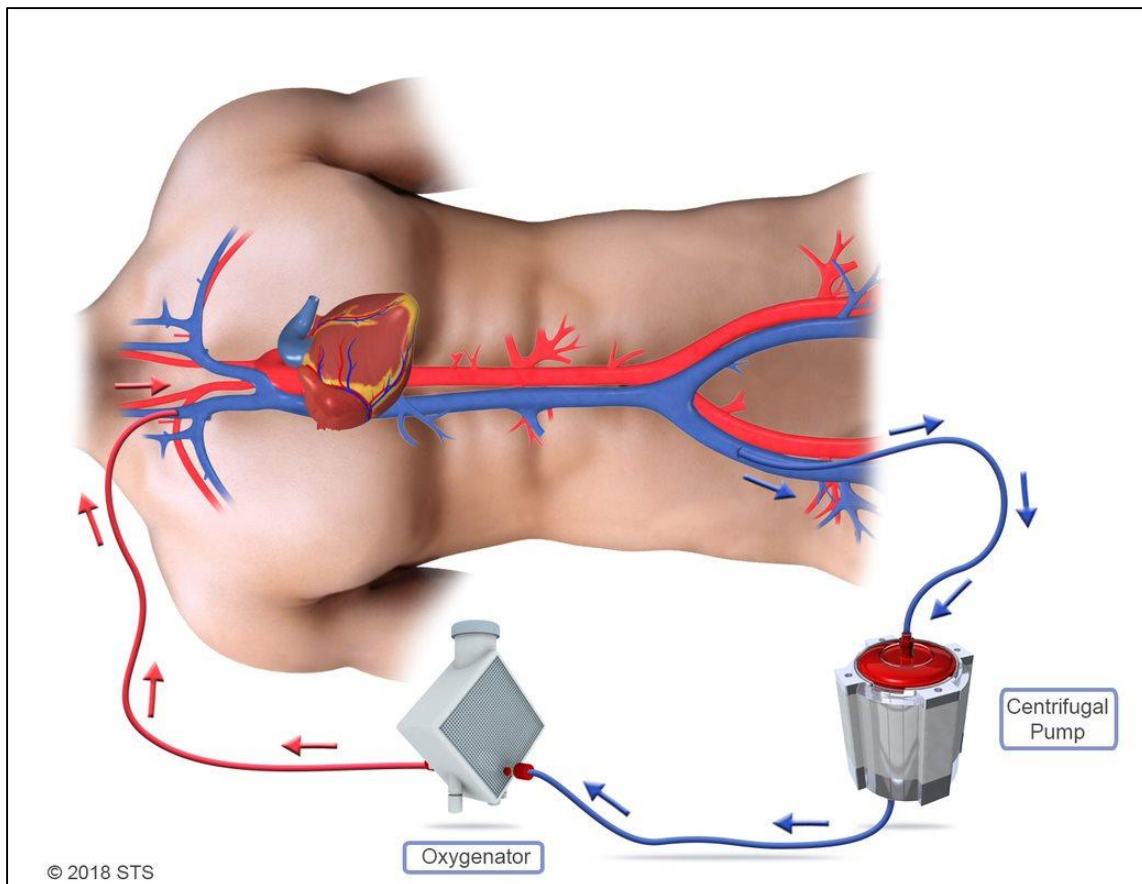
Komplikacije periferne kanilacije se događaju u manjoj mjeri nego kod centralne kanilacije. Moguće komplikacije su oštećenje kanulirane krvne žile žicom vodicom ili ruptura žile kanilom, infekcija ili krvarenje na ubodnom mjestu kanile i ishemija donjeg ekstremiteta na kanuliranoj strani. Sustavnim pregledom literature navodi se da je krvarenje na ubodnom mjestu kanulacije prisutno u 41% bolesnika, a posebno je izraženo kod bolesnika s poremećenim koagulacijskim statusom (19). Išemija donjeg ekstremiteta je zastupljena s incidencijom od 10–20%. Kako bi se izbjegle navedene komplikacije potrebno je nadoknađivati faktore zgrušavanja kako bi se izbjeglo nekontrolirano krvarenje (20). U svrhu sprečavanja ishemije ekstremiteta uvodi se dodatna kanila promjera od 5-8 French a ovisno o lumenu krvne žile u femoralnu arteriju distalno od arterijske kanile koja omogućava selektivnu perfuziju donjeg ekstremiteta i sprječava njegovu ishemiju (21).

Uporaba aksilarne arterije za umetane povratne arterijske kanile omogućuje lakšu implantaciju preko grafta, manji rizik od ishemije udova, antegradni protok, potencijalno veće zasićenje mozga kisikom, smanjeni rizik od embolizacije, ali ima veću stopu krvarenja i zahtijeva kiruršku preparaciju za uspostavljanje vaskularnog pristupa. Nije pogodna za hitno pokretanje ECMO postupka u reanimaciji ili u izvanbolničkim uvjetima (22).

## **4.2. Venovenski ECMO**

Venovenski ECMO pruža potporu samo kod zatajenja pluća. Prije pokretanja VV ECMO potpore potrebno je ultrazvučno provjeriti očuvanost srčane funkcije kako tijekom ECMO liječenja zbog velike opterećenosti volumenom krvi ne bi došlo do srčanog zatajenja.

Tijekom VV-ECMO (Slika 11) neoksigenirana krv se odvodi u oksigenator, gdje se oksigenira i uklanja ugljični dioksid, nakon čega se vraća u bolesnikov venski sustav. Ova konfiguracija ECMO potpore je ovisna o dobro očuvanoj cirkulaciji bolesnika. Koristi se kod izoliranog zatajenja pluća koji ne reagira na optimalnu ventilacijsku potporu i liječenje.



Slika 11 VV ECMO <https://ctsurgerypatients.org/lung-esophageal-and-other-chest-diseases/vv-ecmo>

Prema smjernicama ELSO udruženja indikacije za VV-ECMO potporu su (23):

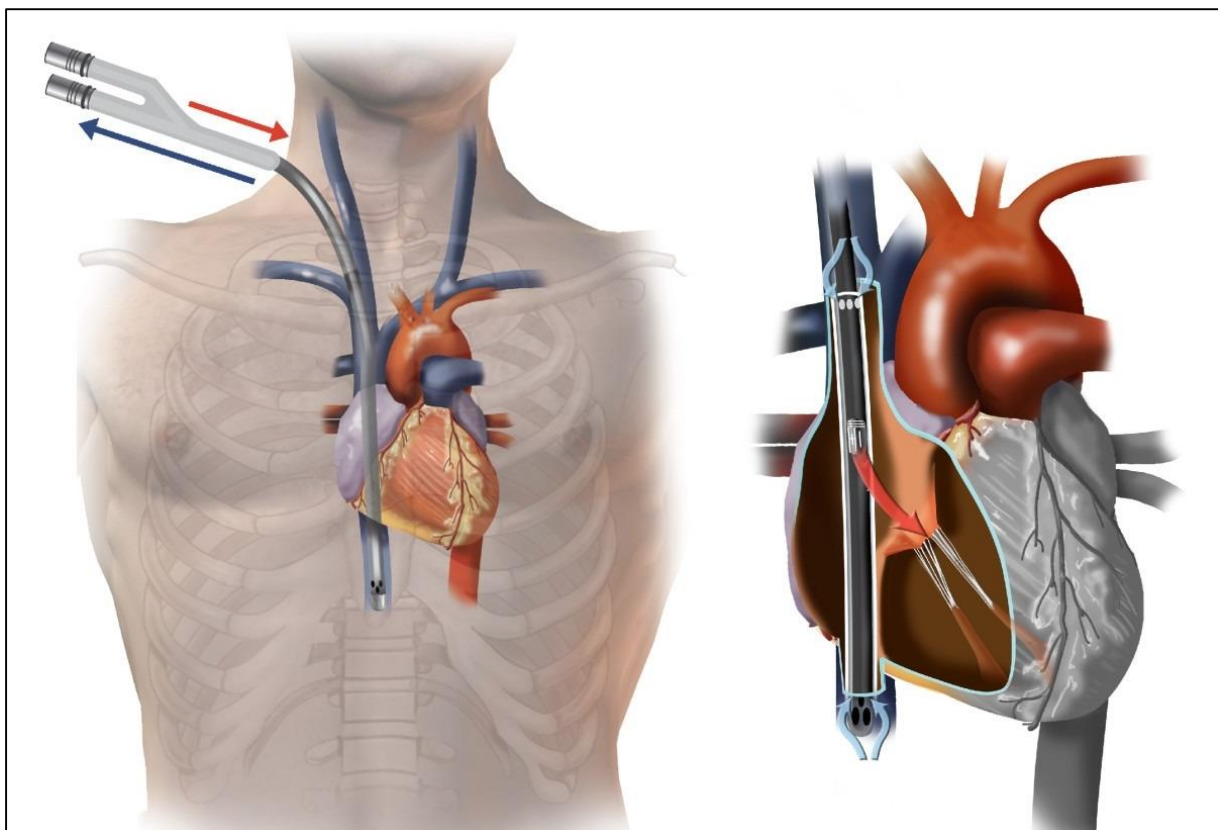
- Akutni respiracijski distres sindrom s omjerom  $PAO_2 / FIO_2 < 100$  mmHg i / ili Murray skorom od 3-4
- Retencija  $CO_2$  unatoč punoj mehaničkoj ventilacijskoj potpori
- sindromi ozbiljnog curenja zraka;
- transplantacija pluća
- respiracijski arrest (asfiksija, plućna embolija)

Tradicionalna tehnika kanulacije za uspostavljanje veno venske ECMO potpore uključuje kanuliranje femoralne vene za odvod krvi i unutarnje vratne vene za povrat oksigenirane krvi. Za vensku drenažu koriste se kanile većeg promjera od 23 do 31 French dok se za povrat oksigenirane krvi koriste manje kanile promjera od 15 do 19 Frencha. Vrhovi kanila trebali bi biti na razini atrijalno-kavalnih spojeva (24). Ispravan položaj kanila vrlo je važan kako bi se spriječila recirkulacija oksigenirane krvi između dvije kanile. Iz tog razloga prilikom umetanja kanila potrebno je njihov položaj kontrolirati ultrazvukom ili fluoroskopijom.

Alternativna tehnika kanulacije koja se može koristiti u slučaju da je pristup preko jugularne

vene onemogućen je umetanje odvodne i dovodne kanile u kontralateralne strane femoralnih vena pri čemu se preko kraće venske kanile odvodi neoksigenirana krv u oksigenator i preko duže kanile vraća oksigenirana krv u desni atrij. Kod ove tehnike može biti prisutna recirkulacija u većoj mjeri pri čemu oksigenacija neće biti zadovoljavajuća. Prednost ove tehnike kanulacije je izbjegavanje ozljede žila vrata.

U nekim slučajevima za VV kanulaciju se upotrebljava kanila sa dvostrukim lumenom za uspostavljanje vaskularnog pristupa. Ova kanila ima triodvojena dijela: proksimalni, srednji i distalni. Distalni otvor je smješten na vrhu kanile i trebao bi biti smješten ispod spoja donje šuplje vene i desnog atrija te se preko njega odvodi krv iz donje šuplje vene. Preko proksimalnog dijela odvodi se krv iz gornje šuplje vene. Srednji otvor se smješta u desni atrij i gleda prema trikuspidalnom zalisku te se preko njega vrši povrat oksigenirane krvi u plućnu cirkulaciju (25).<sup>1</sup>Prednosti kanulacije s dvolumenskom kanilom je smanjenje rizika od krvarenja, manja incidenciju recirkulacije i mogućnost potpune mobilizacije bolesnika.



Slika 12Dvolumenska kanila za VV ECMO <https://intensiveblog.com/echo-guided-avalon-ecmo-cannula-insertion/>

## 5. Indikacije za pokretanje ECMO potpore

### 5.1. Indikacije za VA ECMO potporu

Osnovna indikacija za VA ECMO potporu su stanja do kojih dolazi uslijed kardiogenog šoka i teškog srčanog zatajenja. Osnovna zadaća ECMO potpore u kardiogenom šoku je dostatna dostava krvi i kisika vitalnim organima kako bi se spriječila nepovratna oštećenja izazvana hipoperfuzijom.

Kriteriji za dijagnosticiranje kardiogenog šoka su sljedeći (26):

- hipotenzija (sistolčki krvni tlak  $<90$  mmHg koji je prisutan duže od 30-45 minuta a zadovoljena je adekvatna nadoknada i.v. tekućine i vazokonstriktora)
- srčani indeks manji od  $2,2$  l/m/m<sup>2</sup>,
- plućni kapilarni tlak veći od 18 mmHg

Ostale indikacije su (27):

- akutni koronarni sindrom
- srčana aritmijska otporna na druge mjere liječenja
- sepsa s dubokom srčanom depresijom
- predoziranje lijekovima kadaj je prisutna depresija srca
- miokarditis
- plućna embolija
- izolirana srčana trauma
- akutna anafilaksija
- nemogućnost odvajanja od izvantjelesnog krvotoka nakon zahvata na otvorenom srcu
- nakon transplantacije srca: primarno zatajenje grafta nakon transplantacije srca ili srca i pluća
- kronična kardiomiopatija
- kao most do ugradnje dugotrajne mehaničke cirkulacijske potpore (LVAD, RVAD, BIVAD) ili kao most do odluke
- podrška za rizične perkutane srčane intervencije
- Most do transplantacije



## 5.2. Indikacije za VV ECMO potporu

Teško zatajenje respiracije u čijem liječenju potpora mehaničke ventilacije ne daje zadovoljavajuće rezultate je osnovna indikacija za primjenu VV ECMO potpore.

Prema istraživanjima rizik smrtnosti je preko 80 posto u bolesnika koji imaju indikaciju na osnovu kriterija za postavljanje ECMO potpore uslijed respiracijskog zatajenja kod kojih se liječenje nastavlja isključivo mehaničkom ventilacijom (28).

Kao kriterij za indiciranje VV ECMO potpore u praksi se koristi Murray score prema čijim kriterijima se ocjenjuje stupanj oštećenja pluća kod ARDS-a (engl. acuterespiratorydistres sindrom)

Kriteriji za određivanje Murray scora

- Omjer  $PaO_2/FiO_2$
- Vrijednost PEEP-a (engl. PositiveEndExpiratoryPressure) na mehaničkom ventilatoru,
- Vrijednost popustljivosti pluća (engl. respiratorycompliance),
- broj kvadranta pluća s oštećenjem na CT snimci

Oštećenje plućnog tkiva se utvrđuje zbrojem dobivenih bodova prema kriterijima koji su prikazani na slici. Više od 2,5 je prisutan ARDS-, između 1 i 2,5 boda je blago do umjereno oštećenje pluća, a 0 znači da nema oštećenja pluća.

Prema „berlinskoj definiciji“ bolesnici koji imaju rezultat Murray scora veći od 2,5 imaju indikaciju za uspostavljanje VV Ecmo potpore (29).

	Rezultat
<b>RENDGEN GRUDNIH ORGANA (broj zahvaćenih kvadranta s alveolarnom infiltracijom)</b>	
BEZ KONSOLIDACIJE	0
1 kvadrant	1
2 kvadranta	2
3 kvadranta	3
4 kvadranta	4
<b><math>PaO_2/FiO_2</math> OMJER</b>	
$PaO_2/FiO_2 > 300$	0

<i>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 225-299</i>	1
<i>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 175-224</i>	2
<i>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 100-174</i>	3
<i>PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> &lt; 100</i>	4
<b>PEEP NA RESPIRATORU</b>	
<i>&lt; 5 cm H<sub>2</sub>O</i>	0
<i>6 – 8 cm H<sub>2</sub>O</i>	1
<i>9 - 11 cm H<sub>2</sub>O</i>	2
<i>12 - 14 cm H<sub>2</sub>O</i>	3
<i>&gt; 15 cm H<sub>2</sub>O</i>	4
<b>DINAMIČKA POPUSTLJIVOST PLUĆA</b>	
<i>&gt; 80 ml / cm H<sub>2</sub>O</i>	0
<i>60 - 79 ml / cm H<sub>2</sub>O</i>	1
<i>40 - 59 ml / cm H<sub>2</sub>O</i>	2
<i>20 - 39 ml / cm H<sub>2</sub>O</i>	3
<i>&lt; 19 ml / cm H<sub>2</sub>O</i>	4
<i>Za određivanje rezultata potrebno je zbrojiti dobivene bodove i rezultat se podijeli sa brojem kriterija</i>	
<i>Nema oštećenja pluća</i>	0
<i>Blago do umjerenooštećenje pluća</i>	0.1-2.5
<i>Teško oštećenje pluća (ARDS)</i>	> 2.5

Tablica 1 Tablica 2 Murray score preveden na hrvatski jezik Izvor : [https://www.researchgate.net/figure/Calculation-of-the-lung-injury-score-4\\_tbl1\\_11390348](https://www.researchgate.net/figure/Calculation-of-the-lung-injury-score-4_tbl1_11390348)

Stanja u kojima se VV ECMO postupkom postižu povoljni ishodi su aspiracijska upala pluća, utapanje i astma.

Vrijeme trajanja mehaničke ventilacije sa visokim postavkama tlakova i FiO<sub>2</sub>, kao i visoka životna dob povezuju se s lošim ishodima liječenja te se navode kao relativne kontraindikacije u primjeni VV ECMO postupka.

Kod zatajenja lijeve ili desne strane srca te kod plućne hipertenzije VV ECMO je kontraindiciran. Kada se razmatra primjena VA ECMO potpore u zbrinjavanju respiracijske insuficijencije.

Ostale indikacije za VV ECMO potporu su sljedeće (30):

- teška bakterijska ili virusna upala pluća
- aspiracijski sindromi
- alveolarna proteinoza
- začepljenje dišnih putova
- kontuzija pluća
- udisanje dima
- primarno otkazivanjegrafta nakon transplantacije pluća
- most do transplantacije pluća
- asmatski status
- Plućno krvarenje ili masivna hemoptiza
- Kongenitalna kila dijafragme,
- aspiracija mekonija

### **5.3. Kontraindikacije za primjenu ECMO potpore**

Pri razmatranju relativnih i apsolutnih kontraindikacija za liječenje ECMO potporom bolesniku je potrebno pristupiti holistički pri čemu se stavlja naglasak na riziku i koristi od i ovog oblika liječenja.

Apsolutne kontraindikacije su (30):

- Srčano zatajenje kod kojeg bolesnik nije kandidat za transplantaciju ili terapiju mehaničkom cirkulacijskom potporom
- terminalna maligna bolest
- teška ozljeda mozga
- srčani zastoj bez saznanja o duljini trajanja istog
- Produženi kardiopulmonalna reanimacija sa proširenim zjenicama
- Oštećenje aorte
- Teška regurgitacija aortalnog zaliska
- Teška kronična oboljenja organa (emfizem, ciroza, zatajenje bubrega)

Relativne kontraindikacije su:

- kontraindikacija za antikoagulaciju
- poodmakla dob
- pretilost

## 6. KOMPLIKACIJE ECMO SUSTAVA

Budući da je ECMO potpora izrazito invazivna metoda liječenja uz nju se vežu brojne komplikacije koje nastaju usljed same invazivnosti postupka i nefizioloških uvjeta ovakvog oblika liječenja. Komplikacije na ECMO su vrlo česte i povezane su sa značajnim porastom morbiditeta i smrtnosti.

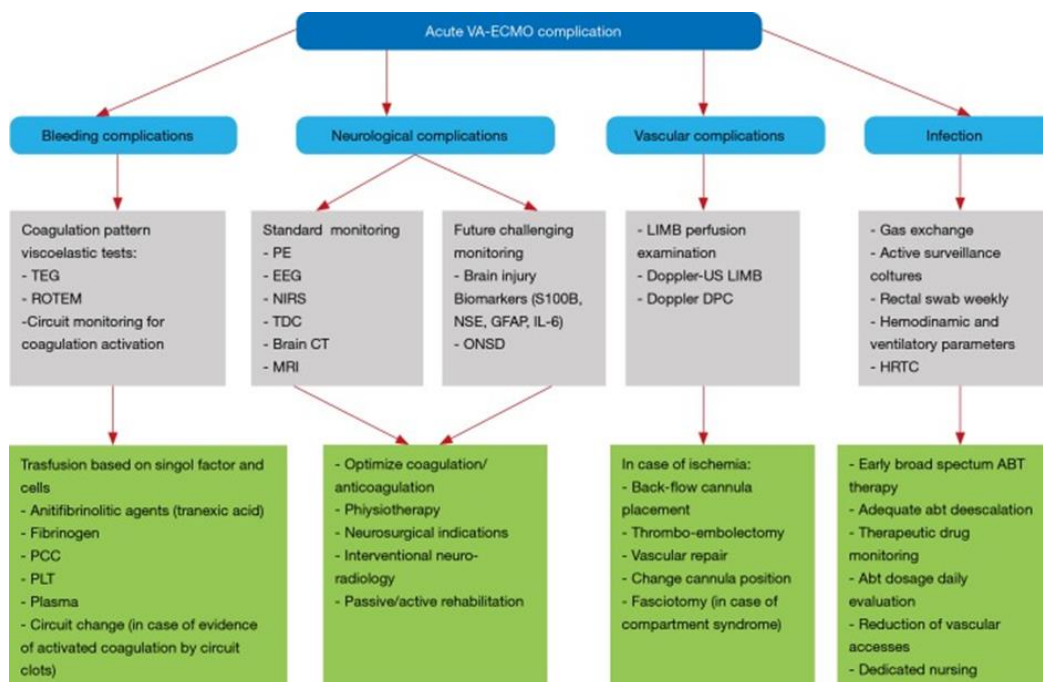
Komplikacije mogu nastati kao reakcija organizma na strano tijelo što se očituje upalnim odgovorom ili reakcija koagulacijskog sustava na hemodiluciju i sustavnu heparinizaciju. koji posreduje aktivaciju citokina koji narušavaju integritet koagulacijskog sustava.

Određeni broj komplikacija je vezan uz samu mehaniku ecmo uređaja i njegovih sastavnih dijelova usljed mehaničkih kvarova.

Da bi se u što većoj mjeri izbjegle komplikacije koje dolaze od strane bolesnika ili od strane ecmo uređaja uz bolesnika koji se liječi u jedinici intenzivnog liječenja uvijek mora biti visoko obučeno osoblje koje je upoznato s mehanizmom nastanka komplikacija i njihovim zbrinjavanjem.

Najčešće komplikacije nastale od strane bolesnika (slika 13) su sljedeće:

- Krvarenje
- Infekcija
- Neurološke komplikacije
- Vaskularne komplikacije



Slika 13 Glavne komplikacije ECMO sustava i njihovo zbrinjavanje

Izvor:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6344687/>

Najčešća komplikacija ECMO potpore je krvarenje zbog primjene heparina kako nebi došlo do nastanka ugruška u oksigenatoru ili nekom drugom dijelu sustava. Kako bi se spriječilo nekontrolirano krvarenje potrebno je redovito prilagođavati doze heparina prema nalazima APTV-a i ACT-a te nadoknađivati koagulacijske faktore (31).

Iza krvarenja slijedeća najučestalija komplikacija je infekcija. U ovih bolesnika, trajanje ECMO potpore i pridruženi komorbiditeti dodatno povećavaju rizik za nastanak infekcije.

Hipoksična i ishemijska ozljeda mozga, intrakranijalno krvarenje, edem mozga i moždana smrti su opisane komplikacije za koje bolesnici koji se liječe ecmo potporom imaju izrazito visok rizik. Prema ELSO registru incidencija neuroloških komplikacija se kreće između 4-37% (32)<sup>ii</sup>Zastoj srca prije pokretanja mehaničke potpore može se povezati s nastankom intra cerebralnog krvarenja i razvojem anoksične ozljede mozga ili infarkta mozga (33).

Infekcije, uglavnom bolničke infekcije, česte su komplikacije kod bolesnika liječenih ECMO-om zbog nekoliko predisponirajućih čimbenika poput komorbiditeta, oslabljenog imunološkog sustava i invazivnosti ECMO-a. Razvoju infekcije doprinose i vaskularni kateteri, invazivna mehanička ventilacija i kontinuirana nadomjesna terapija bubrega (34).

Vaskularne komplikacije nastaju usljed otežane kanulacije kanilacije zbog anatomskih razloga (veličina krvne žile, stenoza, prisutan kalcifikat, prethodne operacije i pretilost) i kliničkog stanja pacijenta (odsutnost pulsacije tijekom reanimacije, suženje krvnih žila) (35). Kanulacija arterije perkutanom tehnikom može dovesti do ozbiljnih komplikacija kao što su perforacija stražnjeg zida arterije s krvarenjem i neadekvatnom perfuzijom. Također može doći do razvoja kompartment sindroma ili retroperitonealnog hematoma ovisno o mjestu ozljede krvne žile. U manje od 5 % slučajeva nastaje stvaranje arteriovenske fistule ili pseudoaneurizme kojima je potreban kirurški popravak. Žice i dilatatori također mogu uzrokovati disekciju arterija što dovodi do postavljanja ekstravaskularne kanile i nemogućnosti cirkulacije krvi. Tijekom perifernog VA-ECMO velike provrte kanile i hemodinamska nestabilnost bolesnika mogu dovesti do ishemije kanuliranog ekstremiteta zbog oslabljene perfuzije ekstremiteta. Od ove komplikacije su u povećanom riziku su bolesnici kod kojih je umetnuta kanila većeg promjera, bolesnici ženskog spola i mlađe životne dobi i oni kod kojih je prisutna periferna vaskularna bolest (36).

Kod periferno kanuliranih bolesnika uvijek treba razmotriti umetanje distalne perfuzijske kanile koja se sastoji od antegradnog katetera 4 ili 5 Fr, postavljenog u proksimalnu femoralnu arteriju i spojenog preko T-konektora na bočni otvor arterijske kanile, kako bi se osigurala odgovarajuća

perfuzija ekstremiteta (37).

Najčešće komplikacije nastale od strane ECMO sustava su sljedeće:

- Tromboza oksigenatora i centrifugalne pumpe
- Zračna embolija
- Mehanički kvar na motoru centrifugalne pumpe
- Mehanički kvar na mješalici plinova i grijaćoj jedinici
- Ruptura pojedinih dijelova cirkulirajskog ECMO kruga ( cijevi, pumpe, konektori, oksigenator)
- Pad ili prekid protoka kroz ECMO sustav

Prema dokazima iz literature jedna od čestih mehaničkih komplikacija je stvaranje ugruška unutar ECMO sustava s učestalosti 19%. Ugrušak može uzrokovati smanjenu oksigenaciju ili potpuni prekid oksigenacije ukoliko se nalazi na venskoj strani oksigenatora. Kada ugrušak pređe na arterijsku stranu potrebna je hitna zamjena sustava kako nebi došlo do plućne ili sistemske tromboembolije.

Prodor velike količine zraka zbog rupture ili odvajanja nekog od dijelova ECMO sustava je fatalna komplikacija koja izravno ugrožava život bolesnika i potrebno je jako brzo reagirati saustavljanjem pumpe i klemanjem arterijske i venske kanile.

Napretkom tehnologije u izradi ECMO sustava koriste se biokompatibilni materijali, materijali s dužim vijekom trajanja i većom otpornošću na oštećenja broj mehaničkih komplikacija je sveden na minimum. U svrhu sprječavanja nastanka fatalnih komplikacija uz bolesnika uvijek mora biti obučeno sestrinsko osoblje koje je educirano za otklanjanje i prepoznavanje ovih komplikacija i tim perfuzionista koji će brzo reagirati (38).

## 7. TRETMAN ORGANSKOG SUSTAVA TIJEKOM ECMO POTPORE

Tijekom trajanja ecmo potpore upravljanje ostalim organima je vrlo važno za postizanje dobrih rezultata preživljavanja uz bolju kvalitetu života i socijalno funkcioniranje. Cilj upravljanja organima je izbjeći multiorgansko zatajenje kod bolesnika koji primarno ima zatajenje srca ili pluća ili oboje. Glavnu ulogu u ishodu ecmo liječenja ima dobro razumjevanje hemodinamskog i fiziološkog odgovora tijela na ECMo sustav.

Tijekom liječenja porebno je održavati sistemsku perfuziju i intravaskularni volumen. Stanje volumena može se klinički procijeniti prema izlučivanju urina, središnjem venskom tlaku, fizičkim znakovima perfuzije i tjelesnoj težini. Inotropnim lijekovima treba postići dobar minutni volumen. Kako bi se procijenilo stanje i oporavak srca i isključila tromboza potrebno je redovna ehokardiografska procjena (39).

Toaleta dišnih puteva se provodi redovitom aspiracijom traheje i redovnim bronhoskopijama.

Tijekom prvih 24-48 sati ECMO pacijenti doživljavaju fazu oligurije zbog akutne upalne reakcije što dovodi do propuštanja integriteta krvnih žila i smanjenja intravaskularnog volumena što rezultira oligurijom i akutnom tubularnom nekrozom. Ukoliko oligurija traje 48-72 sata u terapiju je potrebno uvesti diuretike. Ako ne dođe do oporavka bubrežne funkcije u ecmo cirkulacijski krug je potrebno integrirati sustav za nadomjesnu bubrežnu funkciju CRRT (engl. Continuous Renal Replacement Therapy). Istraživanja su pokazala da 60% ECMO bolesnika treba nadomjesnu terapiju za liječenje bubrega. Akutna bubrežna ozljeda koja zahtijeva CRRT povećava smrtnost (40).

Ozljede centralnog živčanog sustava povezane su sa stupnjem hipoksije i acidoze ili kao posljedica stanja zbog kojeg je indicirano ECMO liječenje. Kod ovih bolesnika potrebna je redovna neurološka procjena s pauzama u davanju lijekova za relaksaciju i sedaciju.

U svrhu kontrole infekcije potrebne su stroge aseptične mjere i redovno uzimanje kultura te prilagođavati terapiju antibiotika prema dobivenim nalazima uzetih kultura (41).

Da bi se optimizirala isporuka kisika hemoglobin treba održavati na razini većoj od 8 g/dL broj trombocita iznad 100 000 / mL. Vrijeme aktiviranog zgrušavanja (ACT) treba održavati na 180-240 sekundi kako bi se izbjegle komplikacije krvarenja (42).

## **8. ODVAJANJE OD ECMO POTPORE**

Strategije za odvajanja bolesnika od VA ECMO i VV ECMO potpore razlikuju se te je prije odvajanja potrebno zadovoljiti kriterije za uspješno odvajanje. Poželjno je uklanjanje ECMO-a što je ranije moguće, jer su dulja trajanja ECMO-a povezana s povećanim krvarenjem i smrtnošću (43).

Prije odvajanja od VA-ECMO-a potrebno je zadovoljiti uvjete za smanjenje doza vazoaktivnih lijekova obzirom na štetne učinke povezane s tim lijekovima uključujući aritmiju, ozljedu bubrega i ishemiju ekstremiteta. Pomoću ultrazvuka utvrditi oporavak izbačaja i kontrakcije srčanog mišića, poboljšanje respiracijske funkcije. Procjenu kriterija za odvajanje potrebno je utvrditi postepeno kroz nekoliko dana postepeno spuštajući ecmo protok. Ultrazvučnu provjeru je potrebno raditi sa svakim smanjenjem protoka. Tek kad se dostignu zadovoljavajuće vrijednosti ecmo potpora se može ukinuti u potpunosti. Povećani zahtjevi za vazokonstriktorima tijekom postupka odvajanja ukazuju na to da bolesnik još nije spreman za odvajanje od ecmo potpore.

Odvajanje od VV ECMO potpore može započeti kada se funkcija pluća počela oporavljati. Postepeno se ukida dostava kisika preko oksigenatora i bolesnik se oksigenira preko mehaničke ventilacije. Kada su nalazi plinova u krvi zadovoljavajući potpuno se ukida dostava kisika preko ecmo sustava ali je bolesnik još neko vrijeme priključen na ecmo. Prije potpunog ukidanja i odvajanja od ecmo potpore potrebno je potvrditi oporavak od oštećenja pluća CT snimkom (44).

## **9. ZDRAVSTVENA NJEGA BOLESNIKA NA ECMO POTPORI**

Sestrinska skrb za bolesnika na ECMO potpori koji boravi u jedinici intenzivnog liječenja (JIL) nema prevelike razlike u odnosu na skrb za druge bolesnike osim što se moraju uzeti u obzir specifičnosti koje zahtjeva ECMO liječenje.

Praćenje ECMO pacijenta u JIL-u započinje procjenom cjelokupnog stanja bolesnika što uključuje:

- Praćenje vitalnih znakova:
  - broj otkucaja srca, srčani ritam
  - srednji arterijski krvni tlak (MAP)
  - temperatura
  - zasićenje arterijske krvi kisikom (SpO<sub>2</sub>)



- središnji venski tlak (CVP)
- Fizička procjena:
  - znakovi hipoperfuzije,
  - znojenje
  - tjelesna temperatura
  - Neurološki status:
    - svijest,
    - reakcija, veličina i oblik zjenica
- Provjera svih uređaja i katetera:
  - IV kateteri
  - ECMO kanile
  - tubus, NGS, urinski kateter
  - respirator
  - infuzijske pumpe

Tijekom liječenja u JIL-u infekcija je jedna od najznačajnijih komplikacija ecmo liječenja zbog same imunokompromitiranosti ovih bolesnika. Uz sve principe aseptičnog rada u JIL-u, potrebno je prije postavljanja ECMO uređaja promijeniti sve postojeće intravenske katetere kao što su kanila za invazivno praćenje arterijskog tlaka, centralni venski kateter i pripadajuće skretnice, urinarni kateter, te prema preporučenim smjernicama uzimati uzorke za mikrobiološke analize. Neposredno nakon pokretanja ECMO potpore potrebno je uzeti krv iz ECMO sustava za mikrobiološku analizu kako bi se vidjelo ukoliko je dio sustava kontaminiran.

Pokrov iznad mjesta kanulacije mijenja se ukoliko postoji značajno nakupljanje krvi ili ako nije dobro fiksiran. Rana i ulazno mjesto kanulacije se tretira 7.5% otopinom bezalkoholnog joda jer alkohol može oštetiti sustav cijevi i kanila. Pri previjanju neophodno je paziti da su linije ECMO sustava položene duž ravnine barem 40cm od mjesta kanulacije i fiksirane kožnim šavovima kako bi se izbjeglo njihovo otezanje što može rezultirati ispadanjem kanila. Potrebno je također izbjeći napetost i prelamanje ECMO linija.

Bolesnici liječeni ECMO potporom imaju sklonost krvarenju zbog sistemske heparinizacije i potrebno je, kada je godto moguće, izbjegavati narušavanje integriteta kože. Iz navedenog razloga je kontraindicirana primjena intramuskularnih, subkutanih i intravenskih injekcija. Bolesnik svu terapiju dobiva prekovaskularnog katetera.

Položaj bolesnika u krevetu i postupci prevencije dekubitusa prilagođavaju se obliku ECMO potpore. Ukoliko je prsni koš bolesnika zbog centralne kanulacije otvoren strogo je zabranjeno okretanje bolesnika. Kod takvog bolesnika je dozvoljeno presvlačenje uz dovoljan broj osoblja kako bi se on pomoću plahti mogao u ravnom položaju odići od kreveta. U ovom slučaju, sva pomicanja planiraju se u prisutnosti liječnika i perfuzionista koji paze da ECMO cijevi nisu napete ili presavijene, te korigiraju eventualne promjene u protoku krvi nastale zbog pomicanja bolesnika. Centralno i periferno kanulirani bolesnici sa zatvorenim prsnim košem, se pri presvlačenju mogu okretati na bok te se mogu pozicionirati na polu-bok uz prethodnu konzultaciju s kirurgom i dežurnim liječnikom. Pri pozicioniranju bolesnika potrebno je paziti da položaj ne ometa protoke krvi kroz sustav odnosno da linije nisu savijene.

Na početku ECMO liječenja potrebna duboka analgosedacija i relaksacija dovoljna da inhibira spontanu respiraciju u skladu s mehaničkom ventilacijom, omogući adekvatne protoke kroz ECMO sustav i smanji potrošnju kisika. To se postiže kontinuiranom infuzijom midazolama, propofola i opijata kao što su sufentanil ili morfij. Fentanil je kod ECMO bolesnika kontraindiciran zbog njegove povećane apsorpcije i taloženja u dijelovima ECMO sustava.

Jedan od važnih prioriteta kod ECMO bolesnika liječenih u JIL-u u kojih nije indicirana kontinuirana analgosedacija je očuvanje integriteta i sigurnost kanila i optočnog ECMO cirkulacijskog kruga te se ti bolesnici analgosediraju po potrebi frakcioniranim davanjem lijekova pri izvođenju medicinsko tehničkih zahvata kao što je aspiracijatrahee, okretanje i presvlačenje, bronhoskopija ili RTG dijagnostika. Bolesnik u stabilnoj fazi liječenja može biti budan i odvojen od mehaničke ventilacije što zahtijeva iznimnu suradljivost od strane bolesnika. Ovisno o tipu kanulacije bolesnika je moguće i potpuno mobilizirati.

Kod svih bolesnici na ECMO potpori, zbog osjetljivosti oksigenatora na stvaranje ugrušaka, potrebno je održavati vrijednosti ACT-a iznad fizioloških kako bi se spriječio nastanak ugruška unutar istog i utjecaj na njegovu efikasnost u oksigenaciji. Ukoliko se procijeni da su rizici od davanja heparina veći od koristi, on se može potpuno izostaviti, pogotovo pri protocima kroz ECMO sustav većim od 2.5 litre u minuti. Ciljne vrijednosti i učestalost određivanja ACT-a te kontrole koagulacijskih parametara određuje liječnik intenzivist kao i visinu infuzije heparina.

Medicinska sestra u JIL-u uz standardnu sestrinsku dokumentaciju ima zadaću satnog vođenja još dvije sestrinske liste koje spadaju u specifičnu sestrinsku medicinsku dokumentaciju jedinice intenzivnog liječenja:

- Lista intenzivnog liječenja

- Lista Ecmo praćenja

Lista intenzivnog liječenja se sastoji od praćenja i bilježenja vitalnih funkcija, parametara na mehaničkoj ventilaciji, unosa i iznosa izlučene tekućine i primjena doza lijekova putem perfuzora i infuzijskih pumpi.

Lista ECMO liječenja se sastoji od bilježenja vrijednosti protoka i okretaja ECMO pumpe, količini protoka zraka i kisika kroz oksigenator, količini infuzije heparina.

Specifične zadatke medicinske sestre pri praćenju bolesnika na ECMO potpori osim standardnog praćenja vitalnih znakova i balansa tekućine te provođenja postupaka zdravstvene njege bolesnika sastoji se od sljedećih provjera koje se vrše i bilježe svakih sat vremena :

- postoji li promjena u zadanim vrijednostima protoka kisika kroz oksigenator protoku krvi kroz sustav i broju okretaja te dobiva li bolesnik kontinuirano zadanu dozu heparina.
- položaj ECMO kanila, ulazna mjesta, integritet cijevi te provjerava da su cijevi položene i fiksirane na način da se ne savijaju i ne smetaju pri radu oko bolesnika
- kontrola boje krvi u ECMO cijevima, krv u povratnoj kanili mora biti svijetla, „arterijska“ krv, a u venskoj tamnija, venska krv
- provjera neurovaskularnog status kanuliranih udova , boja, toplina i kapilarno punjenje kod nepulsatilnog protoka
- količinu krvarenja ukoliko je prisutno
- veličinu, oblik i reakciju zjenica na svjetlost
- tjelesnu temperaturu, po potrebi je potrebno dodatno zagrijati bolesnika
- postoji li formacija ugrušaka ili fibrinskih niti u ECMO pumpi i oksigenatoru koristeći lampicu s usmjerenim snopom svjetlosti
- Svaka tri sata je potrebno učiniti prozračivanje oksigenatora podizanjem stupnja protoka kisika zbog nakupljanja kondenzata vodene pare koji ometa oksigenaciju.

Dio tima koji brine za ECMO bolesnika neizostavna je uloga perfuzionista. Perfuzionist je odgovoran za pripremu, pokretanje i tehničko održavanje ECMO uređaja u svim fazama ECMO potpore, provjerava stanje, integritet i funkcionalnost uređaja s timom liječnika i medicinskih sestara dva puta na dan te nadzire transport bolesnika. Obavještava o uočenim nepravilnostima u ECMO sustavu i potencijalnim opasnostima. Priključuje sustav za CRRT prema indikaciji.

Perfuzionistička pripravnost je osigurana 24sata dnevno za slučaj bilo kakve hitne intervencije u bolesnika na ECMO potpori.

## 10. PRIKAZ SLUČAJA

Pacijent N.N. muško, zaprimljen je u Jedinicu intenzivnog liječenja nakon hitnog konzilijarnog pregleda anesteziologa na Klinici za infektologiju zbog akutne respiracijske insuficijencije i hemodinamske nestabilnosti.

### *Anamneza:*

Bolesnik N.N primljen je u bolnicu dan ranije pod radnom dijagnozom faringokonjunktivalne groznice, sindroma infektivne mononukleoze te vjerojatne sekundarne bakterijske infekcije. Bolesnik od smetnji navodi opću slabost i otežano disanje, negira teže kronične bolesti i navodi da je sportaš koji dobro podnosi fizičku aktivnost. Od alergija pacijent navodi inhalacijske alergene, alergije na lijekove negira. Nema kroničnu terapiju, od strane infektologa započeta antibiotska terapija ceftriaksonom i klindamicinom.

Pri pregledu anesteziologa bolesnik je pri svijesti, u punom kontaktu (GCS 15), diše spontano, insuficijentno; tahipnoičan do 40/min, SpO<sub>2</sub> do 80% uz terapiju kisikom, hemodinamski nestabilan, RR 90/65, puls 110-120/min. Laboratorijski nalazi ukazuju na leukocitozu s trombocitopenijom, povišen prokalcitonin, blaže povišeni jetreni enzimi, u ABS-u hipoksično respiracijsko zatajenje. Bolesnika nakon opskrbe za premještaj sa odjela infektologije premješta u jedinicu intenzivnog liječenja.

Po prijemu pokuša se potpomognuti disanje neinvazivnom respiracijskom potporom na što dolazi do blagog poboljšanja saturacije kisika, no zbog izrazite tahipneje se bolesnika analgosedira, orotrahealno intubira i započne s mehaničkom ventilacijom. Prema preporuci infektologa, započeto je liječenje s antibiotskom terapijom s imipenem-cilastatinom. U terapiju se uvodi kontinuirana vazokonstriktorna potpora te kontinuirana analgosedacija.

Zadaća medicinske sestre pri prijemu bolesnika u JIL je priprema prostora i opreme za monitoriranje i mehaničku ventilaciju bolesnika:

- Priprema kreveta s antidekubitalnim madracem

- Priprema aparata za disanje , testiranje i provjera cijevi i prateće opreme
- Priprema lijekova za reanimaciju i analgesodaciju (Sufentanil, Midazolam, Esmeron, Propofol, Arterenol za bolus davanje 1:200,000, Adrenalin)
- Priprema monitora za invazivno praćenje vitalnih funkcija ( trostruke komorice, 5 kanalni ekg, SpO2, sustav za 24 satnu diurezu)
- Priprema opreme i lijekova za transport bolesnika na hitni CT ( pokretni respirator sa dostatnom količinom kisika, lijekovi i transportni monitor)

#### *Dijagnostika i laboratorijski nalazi:*

Bolesniku je učinjen hitni CT pluća s angiografijom koja pokazuje opsežne obostrane konsolidacije plućnog parenhima te nalaz odgovara ARDS- u. Unatoč prilagođavanju parametara ventilacije SpO2 uspijeva se održati na 80-82% uz FiO2 100 %. U orijentacijskom transezofagealnom ultrazvuku srca vidljiva je smanjena kontraktilnost srca, u 12-kanalnom EKG-u srednja el. os, sinus tahikardija 122/min, bez pokazatelja skutnog koronarnog sindroma. U laboratorijskim nalazima prisutna je acidoza (ph 7.18), visoke vrijednosti laktata (lac. 4.5)

Po izračunavanju Murray score-a koji iznosi 3.3 utvrđena je indikacija za nastavak liječenja VA ECMO potporom zbog oštećenja funkcije srca i pluća.

#### *Postavljanje ECMO potpore:*

Nakon okupljanja multidisciplinarnog tima u sastavu anesteziologa, kardijalnog kirurga, sestre instrumentarke i perfuzionista pripremi se ECMO sustav i potreban materijal za kanulaciju. Bolesnik se kanulira perifernim pristupom. Arterijska kanila veličine 17 Frencha se uvodi u desnu femoralnu arteriju, a venska kanila veličine 23 Frencha u lijevu femoralnu venu. Distalno od arterijske kanile uvodi se reperfuzijska kanila veličine 6 Frencha za opskrbu kanulirane noge. Nakon uspješne kanulacije pokreće se ECMO potpora sa prilagodbom visine protoka krvi i kisika sukladno bolesnikovoj površini tijela.

Po postavljanju ECMA nastavlja se s mehaničkom ventilacijskom potporom i heparinizacijom prema protokolu za ECMO potporu.

Zadaća medicinske sestre prije postavljanja ecmo potpore je

- osigurati prostor oko bolesnika za smještaj potrebne opreme za kanulaciju i smještanje ECMo aparata (dodatna utičnica)
- Osigurati slobodne priključke za izvor kisika i zraka za ECMO konzolu.

- Osigurati slobodno mjesto za primjenu hitnih lijekova i infuzija tijekom postavljanja ECMO-a
- Pripremiti utz aparat sa pripadajućom tee sondom za kontrolu postavljenih ecmo kanila

Nakon započete ECMO potpore postupno dolazi do normalizacije acidobazne ravnoteže te se postupno smanjuje vazokonstriktorna potpora koja se u konačnici i ukida. Bolesnik se hemodinamski stabilizira dodavanjem kristaloidnih otopina venskim putem a diureza se stimulira dodavanjem frakcioniranih diuretika.

U daljnjem tijeku liječenja održavaju se adekvatni perfuzijski i respiracijski parametri. Prati se dinamika laboratorijskih pokazatelja oštećenja srca. Iz mikrobioloških kultura izolira se se granično pozitivan titarprotutjela na Citomegalo virus dok se nije izolirao bakterijski uzročnik infekcije.

Zadaća medicinske sestre tijekom boravka bolesnika na ECMO potpore je:

- Uobičajena zdravstvena njega kao kod svih intenzivnih bolesnika
- Provođenje kontrole ecmo sustava prema protokolu spomenutom u prethodnom poglavlju

#### *Odvajanje od ECMO potpore*

Četvrtog dana intenzivnog liječenja učini se UTZ srca koji prikaže oporavak sistoličke funkcije srca te CT pluća koji prikaže gotovo potpunu regresiju upalne konsolidacije u srednjem i gornjim režnjevima pluća uz značajnu regresiju konsolidacije u donjim režnjevima pluća.

Po učinjenim pretragama bolesnika se postupno započinje odvajati od ecmo potpore prema protokolu odvajanja. Nakon potpunog odvajanja od ECMO potpore nastavlja se mehanička ventilacija koja rezultira zadovoljavajući respiracijskim parametrima a cirkulacijska stabilnost se održava bez vazokonstriktorne potpore.

Idućeg dana od odvajanja od ecmo potpore bolesniku se ukida analgosedacija te se on ubrzo budi i odvaja od mehaničke ventilacije i uklanja mu se cijev za disanje.

U daljnjem tijeku liječenja bolesnik diše spontano, suficijentno, hemodinamski je stabilan bez potpore lijekovima, afebrilan zadovoljavajućih upalnih parametara te se provodi aktivna fizikalna terapija. Nakon desetog dana od prijema u jedinicu intenzivnog liječenja bolesnik se na daljnje liječenje otpušta na bolnički odjel.

## 10.1. Sestrinske dijagnoze kod bolesnika na ECMO potpori

Najčešće sestrinske dijagnoze kod bolesnika na ECMO potpori su sljedeće:

- poremećaj cirkulacije krvi i izmjene plinova,
- visok rizik za krvarenje,
- visok rizik za ishemiju donjih ekstremiteta,
- visok rizik za nastanak dekubitusa,
- visok rizik za poremećaj regulacije tjelesne temperature,
- Visok rizik za infekciju,
- bol,
- visok rizik za aspiraciju,
- strah i tjeskoba

Ciljevi:

- optimalizacija hemodinamskih parametara,
- optimalizacija respiracijskog statusa,
- praćenje i održavanje nutricije i balansa tekućina
- sprječavanje i prepoznavanje komplikacija vezanih uz ECMO potporu

Intervencije medicinske sestre:

- invazivni monitoring – puls, EKG, arterijski tlak, CVT, tlak uplućnoj arteriji, zasićenost venske i arterijske krvi kisikom, tjelesna temperatura, satna diureza
- krvni nalazi - redovna kontrola kontrola krvnih i koagulacijskih nalaza prema ordinaciji liječnika, korekcija nalaza u okviru kompetencija.
- praćenje Ecmo sustava – održavanje zadanog protoka, praćenje integriteta ECMO sustava i prepoznavanje komplikacija od strane istog
- njega bolesnika na mehaničkoj ventilaciji - toaleta traheobronhalnog stabla, kontrola zadanih parametara na mehaničkom ventilatoru, njega usne šupljine , sprječavanje nastanka dekubitusa od strane cijevi za disanje
- primjena terapije prema protokolu - provjera doza lijekova, brzine infuzijskih otopina, očuvanost intravenskih katetera
- primjena enteralne i parenteralne prehrane,
- kontrola perfuzije periferije i integriteta kože kože - boja, vlažnost, temperatura, prokrvljenost, kapilarno punjenje, rane, hematomi, dekubitusi, edemi
- kontrola kirurške rane i drenaže količina i intenzitet i izgled krvarenja

- umiriti i objasniti medicinsko tehničke zahvate budnom i svjesnom bolesniku
- dokumentiranje svih provedenih postupaka u za to predviđenu dokumentaciju svih intervencija (45).



## **11. ZAKLJUČAK**

Ecmo potpora je terapija izbora u liječenju bolesnika kod kojih konvencionalne mjere liječenja ne daju zadovoljavajuće rezultate. Ova metoda liječenja se pokazala uspješnom kod bolesnika kod kojih su pravovremeno postavljene indikacije za primjenu iste. Uspjeh ishoda primjene ove metode liječenja je dostupnost iskusnog multidisciplinarnog tima koji u okviru svojih kompetencija brine o različitim segmentima bolesnikova liječenja. Uloga medicinske sestre u skrbi za bolesnika na ECMo potpori je ključna jer je medicinska sestra u jedinici intenzivnog liječenja 24 sata uz bolesnika te uz standardne sestrinske postupke primjenjuje i sva znanja u svrhu otkrivanja i sprječavanja nastalih komplikacija od strane bolesnika i ecmo sustava tijekom liječenja. Izuzetno je važna kontinuirana edukacija medicinskih sestara u jedinici intenzivnog liječenja i obnavljanje usvojenih znanja kako bi bile u mogućnosti pratiti napredak tehnologije i metoda liječenja u svrhu pružanja što kvalitetnije skrbi bolesniku.

## 12. LITERATURA

1. Boettcher, W., Merkle, F., & Weitkemper, H.-H. (2003). History of extracorporeal circulation: the conceptual and developmental period. *J Extra Corpor Technol.*, 35(3), 172–183.
2. Lim MW. The history of extracorporeal oxygenators. *Anaesthesia* 2006; 61:984-995.
3. Featherstone, P. J., & Ball, C. M. (2018). The early history of extracorporeal membrane oxygenation. *Anaesthesia and Intensive Care*, 46(6), 555–557.
4. Bartlett RH. Esperanza: The first neonatal ECMO patient. *ASAIO J.* 2017;63(6):832–43.
5. Villar J, Ambrós A, Soler JA i sur. Age, PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub>, and plateau pressure score: A proposal for a simple outcome score in patients with the acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2016;44:1361–9.
6. Kutleša M, Filar B, Mardešić P. Ekstrakorporalna membranska oksigenacija u liječenju akutnoga respiratornog distres sindroma uzrokovanog pandemijskim virusom influence H1N1. *Medicus* 2011;20:83–6.
7. Elso.org.ECLS Registry Report (Internet) Dostupno na: <https://www.elso.org/Registry/Statistics.aspx> (pristupljeno 25.05.2021.)
8. Peek GJ, Killer HM, Reeves R, Sosnowski AW, Firmin RK. Early experience with a polymethylpentene oxygenator for adult extracorporeal life support. *ASAIO J.* 2002;48:480–482.
9. Betit P. Technical advances in the field of ECMO. *Respir Care.* 2018;63(9):1162–73.
10. David Sidebotham, Sara Jane Allen, Alastair McGeorge, Nathan Ibbott, and Timothy Willcox. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation in adults: practical aspects of circuits, cannulae, and procedures. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 2012;26:893–909.
11. Rao P, Khalpey Z, Smith R, Burkhoff D, Kociol RD. Venoaortic extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock and cardiac arrest: Cardinal considerations for initiation and management. *Circ Heart Fail.* 2018;11(9):e004905.
12. Murphy DA, Hockings LE, Andrews RK, Aubron C, Gardiner EE, Pellegrino VA, et al. Extracorporeal membrane oxygenation-hemostatic complications. *Transfus Med Rev.* 2015;29(2):90–101.
13. Banfi C, Pozzi M, Brunner M-E, Rigamonti F, Murith N, Mugnai D, et al. Venoaortic extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. *J Thorac Dis.* 2016;8(9):E875–85.
14. Saeed D, Stosik H, Islamovic M, et al. Femoro-femoral versus atriio-aortic extracorporeal membrane oxygenation: selecting the ideal cannulation technique. *Artif Organs* 2014;38:549-55.
15. Pavlushkov E, Berman M, Valchanov K. Cannulation techniques for extracorporeal life support. *Ann Transl Med.* 2017;5(4):70.
16. Lamhaut L, Jouffroy R, Soldan M, et al. Safety and feasibility of prehospital extracorporeal life support implementation by non-surgeons for out-of-hospital refractory cardiac arrest. *Resuscitation.* 2013;84(11):1525-1529.
17. Martin-Tuffreau A-S, Bagate F, Boukantar M, Saiydoun G, Mangiameli A, Rostain L, et al. Complete percutaneous angio-guided approach using preclosing for venoaortic extracorporeal membrane

oxygenationimplantationandexplantationinpatientswithrefractorycardiogenicshockorcardiac arrest. *Crit Care*. 2021;25(1):93.

18. Conrad S. Vascular access for ECLS. In: *Extracorporeal Life Support for Adults*. Humana Press 2016:268. Available online: <http://www.springer.com/gp/book/9781493930043>
19. Brunner M, Banfi C, Giraud R. Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Refractory Cardiogenic Shock and Cardiac Arrest. *Extracorporeal Membrane Oxygenation – Advances in Therapy*. Rijeka: InTech; 2016. Ch. 6.
20. Foley PJ, Morris RJ, Woo EY, Acker MA, Wang GJ, Fairman RM, et al. Limb ischemia during femoral cannulation for cardiopulmonary support. *J Vasc Surg* 2010;52:850–3.
21. Spurlock DJ, Toomasian JM, Romano MA, et al. A simple technique to prevent limb ischemia during veno-arterial ECMO using the femoral artery: the posterior tibial approach. *Perfusion* 2012;27:141-5.
22. Biscotti M, Bacchetta M. The "sport model": extracorporeal membrane oxygenation using the subclavian artery. *Ann Thorac Surg* 2014;98:1487-9.
23. ELSO Adult Respiratory Failure Supplement to the ELSO General Guidelines 2013. (Internet) Dostupno na: <http://www.else.org/resources/Guidelines.aspx> (Pristupljeno: 29.05.2021.)
24. Schroeter T, Vollroth M, Höbartner M, Dhein S, Sahlisch S, Borger MA, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation and Intra-Aortic Ballon Pump – an appropriate combination or useless battle of materials? *Thorac Cardiovasc Surg* 2013;61:OP19
25. Shaheen A, Tanaka D, Cavarocchi NC, et al. Veno-Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation (V V ECMO): Indications, Preprocedural Considerations, and Technique. *J Card Surg* 2016;31:248-52.
26. The Radcliffecardiology The Diagnostic Criteria of cardiogenic shock (Internet) Dostupno na: <https://www.radcliffecardiology.com/image-gallery/table-1-diagnostic-criteria-cardiogenic-shock> (pristupljeno 31.05.2021.)
27. Makdisi G, Wang I-W. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis*. 2015;7(7):E166-76.
28. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). Guidelines for Adult Respiratory Failure. *Extracorporeal Life Support Organ* 2017;8:1–32.
29. Raghavendran K, Napolitano LM. Definition of ALI/ARDS. *Crit Care Clin*. 2011;27(3):429–37.
30. Makdisi G, Wang I-W. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis*. 2015;7(7):E166-76.
31. Wittenstein B, Ng C, Ravn H, Goldman A. Recombinant factor VII for severe bleeding during extracorporeal membrane oxygenation following open heart surgery. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:473–6.
32. Mateen FJ, Muralidharan R, Shinohara RT, Parisi JE, Scheers GJ, Wijdsicks EF *Arch Neurol*. 2011 Dec; 68(12):1543-9.
33. Lorusso R, Barili F, Mauro MD, Gelsomino S, Parise O, Rycus PT, Maessen J, et al. In-Hospital Neurologic Complications in Adult Patients Undergoing Venoarterial Extracorporeal

Membrane Oxygenation: Results From the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Crit Care Med.* 2016 Oct; 44(10):e964-72.

34. Schmidt M, Bréchet N, Hariri S, Guiguet M, Luyt CE, Makri R, Leprince P, Trouillet JL, Pavie A, Chastre J, Combes A Nosocomial infections in adult cardiogenic shock patients supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Infect Dis.* 2012 Dec; 55(12):1633-41.
35. Barbone A, Malvindi PG, Sorabella RA, Cortis G, Tosi PF, Basciu A et al. 6 months of "temporary" support by Levitronix left ventricular assist device. *Artif Organs.* 2012 Jul; 36(7):639-42.
36. Zimpfer D, Heinisch B, Czerny M, Hoelzenbein T, Taghavi S, Wolner E, Grimm M Late vascular complications after extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann Thorac Surg.* 2006 Mar; 81(3):892-5.
37. Foley PJ, Morris RJ, Woo EY, Acker MA, Wang GJ, Fairman RM, Jackson BM Limb ischemia during femoral cannulation for cardiopulmonary support. *J Vasc Surg.* 2010 Oct; 52(4):850-3.
38. Meng-Yu Wu, Pin-Li Chou, Tzu-I Wu, Pyng-Jing Lin: Predictor 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
39. Makdisi G, Wang I-W. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis.* 2015;7(7):E166-76.
40. Kielstein JT, Heiden AM, Beutel G, et al. Renal function and survival in 200 patients undergoing ECMO therapy. *Nephrol Dial Transplant* 2013;28:86-90. [PubMed] [Google Scholar]
41. Aubron C, Cheng AC, Pilcher D i sur. Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study. *Crit Care* 2013;17(2):R73.
42. ELSO Anticoagulation Guidelines 2014. Extracorporeal Life Support Organization (Internet) Dostupno na: <http://www.else.org/Portals/0/Files/alsoanticoagulationguideline8-2014-table-contents.pdf>, (Pristupljeno 01.06.2021.)
43. Pappalardo F, Pieri M, Arnaez Corada B, et al. Timing and strategy for weaning from venoarterial ECMO are complex issues. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29(4):906-911.
44. Broman LM, Malfertheiner MV, Montisci A, Pappalardo F. Weaning from veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: how I do it. *J Thorac Dis.* 2018;10(Suppl 5):S692-7.
45. D. Kralj, R. Mrkonjić, T. Badrov: Izvantjelesna membranska oksigenacija u jedinici intenzivnog liječenja, *SCHOCK*, br.2, Zagreb, 2011.

## 13. PRILOZI

### 13.1. Tablice

Tablica 1 Tablica 2 Murray score preveden na hrvatski jezik.....	17
--	----

### 13.2. Slike

Slika 1 Uređaj za izvantjelesni krvotok nekad i danas.....	2
Slika 2 ECMO uređaj 1971. i ECMO uređaj 2012.....	3
Slika 3 Prvi slučaj uspješno primjenjene ECMO potpore kod novorođenčeta 1975. godine, ...	3
Slika 4 ELSO izvještaj: broj pokrenutih ECMO postupaka od 1990. do 2019. godine sa stopom preživljenja i uspješnog otpusta iz bolnice .....	5
Slika 5 Dijelovi ECMO sustava .....	6
Slika 6 Odvodna i dovodna kanila .....	7
Slika 7 Prikaz oksigenatora i unutarnjih membrana oksigenatora .....	8
Slika 8 Centrifugalna pumpa integrirana u ECMO sustav .....	9
Slika 9 Centralna VA ECMO kanulacija .....	12
Slika 10 periferna ECMO kanulacija .....	13
Slika 11 VV ECMO .....	15
Slika 12 Dvolumenska kanila za VV ECMO/ .....	16
Slika 13 Glavne komplikacije ECMO sustava i njihovo zbrinjavanje .....	21

## 14. ŽIVOTOPIS

Ime i prezime: **Ana-Marija Kovačević**

### **OSOBNI PODACI:**

Datum rođenja: 23. kolovoz 1996.

Mjesto rođenja: Rijeka, Hrvatska

Državljanstvo: Hrvatsko

Adresa: Danijela godine 6

51000 Rijeka, Hrvatska

E-pošta: [ana.marija2308@gmail.com](mailto:ana.marija2308@gmail.com)

Telefon: +385 91 812 1009

### **ŠKOLOVANJE I IZOBRAZBA:**

- Fakultet: Sveučilište u Rijeci; Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci,  
Usmjerenje: Sestrinstvo- izvanredni studij (2018.-2021.)
- Srednja škola: Medicinska škola u Rijeci (2011.-2016.)
- Osnovna škola: Pećine, Rijeka

### **RADNO ISKUSTVO:**

Od 11.01.2017. do 14.01.2018. radila sam u KBC-u Rijeka kao medicinska sestra na Zavodu za kardijalnu kirurgiju sa intenzivnom njegovom

Od 15.01.2018. kao medicinska sestra počinjem raditi u Klinici za anesteziologiju i intenzivno liječenje (JIL-Sušak) sve do danas

### **ZNANJE STRANIH JEZIKA:**

- Engleski: sposobnost čitanja: izvrsno  
sposobnost pisanja: izvrsno  
sposobnost usmenog izražavanja: izvrsno

### **TEHNIČKE VJEŠTINE I SPOSOBNOSTI:**

- Rad na računalu: MS Office, korištenje web pretraživača i dobro poznavanje te služenje sustavom IBIS; poznavanje rada na računalu općenito

### **VOLONTERSKI RAD:**

- Višestruki dobrovoljni darivatelj krvi; posjedovanje volonterske knjižice

## SAŽETAK

ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation - izvantjelesna membranska oksigenacija) je metoda liječenja koja omogućava privremenu mehaničku cirkulacijsku potporu bolesnicima s respiracijskom i/ili srčanom insuficijencijom. Implantacija ECMO-a je indicirana kod bolesnika kod kojih su iscrpljene druge mogućnosti liječenja. Može služiti kao most prema oporavku, drugoj mehaničkoj potpori ili transplantaciji. Indikacije za liječenje ECMO potporom imaju bolesnici s navedenom patologijom kod kojih je stanje reverzibilno i očekuje se poboljšanje u funkciji i radu vitalnih organa koji su ugroženi. Osnovni cilj liječenja ECMO potporom je održavanje srčane i plućne funkcije kako bi se održala hemodinamska stabilnost bolesnika i osigurala zadovoljavajuća dostava kisika svim tkivima i organima. Uloga medicinske sestre u skrbi za bolesnika na ECMO potpori je ključna jer je medicinska sestra u jedinici intenzivnog liječenja 24 sata uz bolesnika te uz standardne sestrinske postupke primjenjuje i sva znanja u svrhu otkrivanja i sprječavanja nastalih komplikacija od strane bolesnika i ECMO sustava tijekom liječenja. Izuzetno je važna kontinuirana edukacija medicinskih sestara u jedinici intenzivnog liječenja i obnavljanje usvojenih znanja kako bi bile u mogućnosti pratiti napredak tehnologije i metoda liječenja u svrhu pružanja što kvalitetnije skrbi bolesniku.

U ovom diplomskom radu dati će se uvod u metode i oblike ECMO liječenja te će se opisati komplikacije koje mogu nastati tijekom ECMO liječenja od strane bolesnika i komplikacije od strane ECMO sustava.

Posljednje poglavlje biti će posvećeno ulozi medicinske sestre u skrbi za bolesnika na ECMO potpori. Za kraj rada biti će dat prikaz slučaja koji je uspješno liječen ECMO potporom.

**Ključne riječi:** ECMO potpora, sestrinska skrb, prikaz slučaja

## **SUMMARY**

ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation) is a treatment method that provides temporary mechanical circulatory support to patients with respiratory and / or heart failure. ECMO implantation is indicated in patients in who mother treatment options have been exhausted. It can serve as a bridge to recovery, other mechanical support, or transplantation. Indications for ECMO-supported treatment are in patients with this pathology in whom the condition is reversible an dimprovement in the function and function of vital organs that are at risk is expected. The primary goal of ECMO support treatment is to maintain cardiac and pulmonary function to maintain the hemodynamic stability of patients and to ensure satisfactory oxygen delivery to all tissues and organs. The role of the nurse inpatient care on ECMO support is crucial because the nurse is in the intensive care unit 24 hours a day with the patient and with standard nursing procedures applies all knowledge to detect and prevent complications by patients and ECMO system during treatment. It is extremely important to continuously educate nurses in the intensive care unit and renew the aquired knowledge in order to beable to monitor the progress of technology and treatment methods in order to provide the best possible care to the patient.

This thesis will provide an introduction to the methods and forms of ECMO treatment and will describe the complications that may occur during ecmo treatment by patients and complications by the ecmo system.

The last chapter will be devoted to the role of the nurse in patient care on ECMO support. At the end of the paper, a case report that has been successfully treated with ECMO support will be presented.

**Keywords:** ECMO support, nursing care, casereport



---