

# Primjena ECMO aparata u liječenju kardioloških bolesnika odrasle populacije

---

Velkovski, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:650129>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-25**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**MEDICINSKI FAKULTET**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ SESTRINSTVA**

**MARIJA VELKOVSKI**

**PRIMJENA ECMO APARATA U LIJEČENJU  
KARDIOLOŠKIH BOLESNIKA ODRASLE  
POPULACIJE**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**MEDICINSKI FAKULTET**  
**SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ SESTRINSTVA**

**MARIJA VELKOVSKI**

**PRIMJENA ECMO APARATA U LIJEČENJU  
KARDIOLOŠKIH BOLESNIKA ODRASLE  
POPULACIJE**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2018.**

**Ovaj diplomski rad je izrađen na Zavodu za bolesti srca i krvnih žila Kliničke bolnice Dubrava pod vodstvom doc. dr. sc. Borisa Starčevića i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2017/2018.**

## ZAHVALA

Iskreno zahvaljujem svima koji su mi pomogli pri ostvarenju ovog rada.

Za početak zahvaljujem svojem mentoru, doc. dr. sc. Borisu Starčeviću, dr. med. na pomoći pri odabiru teme, svim savjetima te iznimnom razumjevanju i strpljenju koje mi je pružio.

Zahvaljujem se Predsjedniku povjerenstva prof. dr. sc. Željku Sutliću, dr. med. i članu Povjerenstva doc. dr. sc. Igoru Rudežu, dr. med.

Također se zahvaljujem se svojim kolegama iz kardiokirurške sale KBC-a Rijeka , koji su mi bili velika podrška tokom dvije godine studiranja u Zagrebu, glavnoj sestri Ivanki Budiselić-Vidaić mag.med. teh. koja mi je omogućila redovno studiranje time što mi je uvijek bez problema davala slobodne dane i vjerovala u mene i moje mogućnosti.

I za kraj zahvaljujem svojoj obitelji, suprugu Milovanu i sinčiću Franu što su me strpljivo čekali kući, roditeljima i najbližim prijateljima koji su mi pružili neizmjeranu podršku i vjerovali u mene do kraja.

A posebno zahvaljujem prijateljici i kolegici Ivani Jelinek bez koje ovaj rad nebi ni nastao, ona je ta koja me je tješila u najgorim trenucima, savjetovala, poticala da ne odustajem te da je sve moguće. Hvala ti draga prijateljice!

Ovaj rad posvećujem svojoj pokojnoj noni Kati Robić koja je preminula u siječnju ove godine i nije uspjela dočekati još jednu moju diplomu na koju bi zasigurno bila ponosna, jer joj je moj životni put bila najveća sreća i najveći ponos.

## SAŽETAK

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO) modificirana je vrsta kardiopulmonalne premosnice. Koristi se kao privremena potpora bolesnicima s oštećenom respiracijskom i/ili srčanom funkcijom. Da bi njena upotreba bila indicirana, zatajivanje respiracijske i srčane funkcije mora biti akutno, potencijalno reverzibilno te otporno na konvencionalne mjere liječenja, a bolesnikov mortalitetni rizik veći od 50%. Osnovni dijelovi ECMO uređaja jesu membranski oksigenator, pomoću kojeg se krv difuzijom preko polupropusne membrane oksigenira, a ugljikov dioksid uklanja, i pumpa za krv, pomoću koje se održava adekvatan protok krvi kroz ECMO sustav. ECMO potpora uspostavlja se kanilacijom bolesnikovoga cirkulacijskog sustava, koja može biti središnja i periferna. Dvije su osnovne vrste ECMO sustava, VA-ECMO i VV ECMO modalitet. VA-ECMO modalitet najčešće koristi u kardiorakalnoj kirurgiji, jer za razliku od VV-ECMO potpore, uz respiratornu pruža i potporu kardiovaskularnom sustavu, VV-ECMO modalitet preferirana je potpora bolesnicima s teškim respiracijskim zatajivanjem zbog manjeg rizika od pojave komplikacija.

Komplikacije vezane uz ECMO sustav relativno su česte, a mogu se podijeliti na mehaničke i medicinske komplikacije. Najčešće medicinske komplikacije čine hemoragijske komplikacije, dok je najčešća mehanička komplikacija je stvaranje tromba unutar ECMO sustava. Kako bi se spriječilo stvaranje tromba svi bolesnici na ECMO potpori moraju primati kontinuiranu antikoagulacijsku terapiju. Održavanje antikoagulacije i kontinuirani monitoring najvažniji su elementi skrbi o bolesnicima na ECMO potpori, koja uključuje sve preventivne, dijagnostičke i terapijske mjere. Bolesnikov klinički status se svakodnevno razmatra i na temelju njega donosi konačna odluka o skidanju sa ECMO potpore.

Ključne riječi: Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO), VA-ECMO, VV ECMO, komplikacije, antikoagulacijska terapija

## SUMMARY

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a modified form of cardiopulmonary bypass, used as a temporary support of patients with cardiac and/or respiratory failure. Indications for ECMO include patient's mortality risk larger than 50% and acute, potentially reversible cardiac and/or respiratory failure refractory to all conventional therapy measures. The main components of ECMO device are membrane oxygenator, in which blood is oxygenated and CO<sub>2</sub> is removed by diffusion through semi permeable membrane, and pump which provides adequate blood flow through ECMO circuit. ECMO support is established by central or peripheral cannulation of patient's circulatory system. There are two types of ECMO, VA-ECMO and VV-ECMO. VA-ECMO is mainly used in cardiothoracic surgery, because unlike VV-ECMO, it provides both cardiac and respiratory support. On the other hand VV-ECMO is preferred as a support to patients with severe respiratory failure, due to its generally lower risk of complications. Complications related to ECMO are relatively common and can be mechanical or medical. While the most common medical complications are hemorrhagic, the most common mechanical complication is thrombus formation in ECMO circuit. As a prevention of thrombosis all patients on ECMO support are continuously given anticoagulation drugs. Anticoagulation monitoring and maintenance is one of the most important elements in ECMO management. ECMO management includes all preventive, diagnostic and therapeutic measures for improvement of patient's final outcome. Patient's clinical status is observed daily, and represents basis on which decision for weaning from ECMO is brought.

Key words: Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), VA-ECMO, VV ECMO, complications, anticoagulation therapy

## SADRŽAJ

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. UVOD .....                                                         | 7  |
| 1.1. DEFINIJANJE ECMO-a .....                                         | 8  |
| 2. POVIJESNI RAZVOJ ECMO-a .....                                      | 11 |
| 3. SASTAVNI DJELOVI ECMO SUSTAVA .....                                | 14 |
| 4. ECMO CIRKULACIJSKI KRUG .....                                      | 18 |
| 4.1. ECMO-konzola .....                                               | 18 |
| 4.2. Izmjenjivač topline/ grijač.....                                 | 19 |
| 4.3. Oksigenatori .....                                               | 19 |
| 4.4. Kanilacija.....                                                  | 21 |
| 4.5. ECMO set .....                                                   | 22 |
| 5. VRSTE ECMO POTPORE.....                                            | 24 |
| 5.1. Vensko – venski ECMO .....                                       | 25 |
| 5.2. Veno – arterijski ECMO .....                                     | 26 |
| 5.3. ECCO2R - ekstrakorporalno uklanjanje CO2 .....                   | 29 |
| 6. INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE .....                                | 31 |
| 6.1. Indikacije za uporabu ECMO sustava .....                         | 31 |
| 6.2. Kontraindikacije za uporabu ECMO sustava.....                    | 34 |
| 7. KOMPLIKACIJE ECMO POTPORE .....                                    | 36 |
| 7.1. Komplikacije vezane za cirkulacijski krug .....                  | 36 |
| 7.2. Komplikacije vezane uz bolesnika .....                           | 36 |
| 8. ULOGA MEDICINSKE SESTRE U SKRBI ZA BOLESNIKE NA ECMO POTPORI ..... | 38 |
| 9. ZAKLJUČAK.....                                                     | 40 |
| 10. POPIS LITERATURE.....                                             | 41 |
| ŽIVOTOPIS .....                                                       | 43 |

## 1. UVOD

Prema procjenama Svjetske zdravstvene organizacije, 17,5 milijuna ljudi godišnje umire od kardiovaskularnih bolesti, što predstavlja 30% svih smrtnih slučajeva. Kod znatnog broja bolesnika kronično zatajenje srca i uz optimalnu konzervativnu terapiju progredira do stadija cirkulacijskog urušaja. Aplikacija mehaničke cirkulacijske potpore može takve bolesnike privremeno zbrinuti do oporavka organa/denitivnog zbrinjavanja. ECMO/ECLS (engl. *extracorporeal membrane oxygenation, extracorporeal life support*) tehnika je mehaničke cirkulacijske/respiracijske potpore koja osigurava podršku rada srca i pluća kod bolesnika kojima je funkcija navedenih organa oštećena do vitalne ugroženosti unatoč svim medikamentoznim i suportivnim mjerama. Tehnološki, radi se o jednakoj platformi u kojoj je inačica naziva ECMO rezervirana za podršku respiraciji, odnosno izmjeni plinova, dok je inačica ECLS rezervirana za potporu cirkulaciji i respiraciji. U novije vrijeme tehnološki razvoj omogućio je izradu portabilnih ECMO/ECLS uređaja, koji zbog male težine i kompaktnih dimenzija osiguravaju korištenje uređaja u različitim kliničkim okolnostima te se potpora radu srca i pluća može izvoditi i u izvanbolničkim uvjetima. U osnovi se radi o minijaturnom uređaju za ekstrakorporealnu cirkulaciju koji se sastoji od cirkulacijske pumpe i oksigenatora za izmjenu plinova te zamjenjuje funkciju srca i/ili pluća, a od standardnog stroja se, osim dimenzijama, razlikuje duljinom trajanja potpore (do 30 dana).<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Carević.A. Primjena ekstrakorporealne membranske oksigenacije (ECMO) u jedinicama intenzivnog liječenja. Zagreb. Sveučilište u Rijeci. Medicinski fakultet. 2015. Dostupno na <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:122359>. [pristupljeno 15.05.2017.]

### 1.1.DEFINIRANJE ECMO-a

Izvantjelesna membranska oksigenacija (eng. Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO) je postupak izvantjelesne cirkulacijske ili respiracijske potpore tijekom kojeg se pomoću posebnog uređaja venska krv odvodi iz organizma, oksigenira se te se zatim vraća u organizam. Osnovni cilj je ECMO-a je zadovoljavajuća opskrba tkiva kisikom i odstranjivanje ugljikova dioksida u bolesnika s teškim oblicima zatajivanja rada srca ili pluća, kada su refraktorni na konvekcionalno liječenje.

Pacijenti koji su hipoksemični unatoč maksimalnoj konvencionalnoj ventilacijskoj potpori, oni koji imaju značajnu ozljedu pluća uzrokovanu ventilacijom ili oni u reverzibilnom kardiogenom šoku mogu doći u obzir za ECMO potporu. Osnovna premisa, kod zatajenja respiracije, je da će ECMO omogućiti reduciranje ventilacijske potpore, što će osigurati vrijeme za oporavak od bolesti i oporavak od ventilacijom uzrokovane ozljede pluća.<sup>2</sup>



Slika 14. Levitronix Centrimag uređaj

Izvor: <http://www.kardiokirurgija.com/wp-content/uploads/2011/11/levitronix-centrimag-300x225.jpg>

---

<sup>2</sup> Schaheen LW, D'Cunha J. Extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation: No longer a four-letter word. J Thorac Cardiovasc Surg. 2018 Feb 1. pii: S0022-5223(18)30251-4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.01.029. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29455956>. [pristupljeno 10.05.2017.]

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija opće je priznat i korišten termin. On definira tehnološki sustav koji omogućava izvantjelesnu izmjenu plinova sa svrhom da pruži potporu poremećenoj respiracijskoj i kardiovaskularnoj funkciji. ECMO se također definira i kao vrsta modificirane kardiopulmonalne prenosnice koja osigurava dugotrajnu respiracijsku, a kada se primjenjuje VA-ECMO sustav i kardiovaskularnu potporu kritično oboljelim bolesnicima. Iako je termin ECMO najčešće korišten i opće prihvaćen, prema nekim autorima on nije u potpunosti ispravan. Mnogo prikladniji naziv bio bi ekstrakorporalna izmjena plinova iz razloga što se zapravo ne radi samo o izvantjelesnom obogaćivanju krvi kisikom (O<sub>2</sub>), već i o uklanjanju ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) iz krvi. Izmjena plinova vrši se u oksigenatoru preko membrane, jedne od glavnih komponenata ECMO uređaja. Daljnjim razvojem tehnologije i znanosti indikacije za uporabu ECMO sustava se povećavaju, te se iz tog razloga zbog detaljnijeg i vjerodostojnijeg opisa ECMO tehnologije u znanstvenu literaturu uvodi i termin izvantjelesna potpora života (ECLS, eng. extracorporeal life support).

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO) modificirana je vrsta kardiopulmonalne prenosnice, a koristi se kao privremena potpora bolesnicima s oštećenom respiracijskom i/ili srčanom funkcijom. Da bi njena upotreba bila indicirana zatajivanje respiracijske i srčane funkcije mora biti akutno, potencijalno reverzibilno, otporno na konvencionalne mjere liječenja, a bolesnikov mortalitetni rizik veći od 50%. Zbog hemodinamske nestabilnosti pacijenata koji su vrlo često hipotenzivni, a i zbog samog upalnog odgovora organizma na ECMO dolazi do sindroma kapilarne propusnosti, razvoja akutne bubrežne insuficijencije te potrebe za kontinuiranim metodama nadomještaja bubrežne funkcije.<sup>3</sup>

Iako se ECMO smatra vrstom tj. modificiranom kardiopulmonalnom prenosnicom važno je zamijetiti određene razlike između ove dvije procedure:

- a) način na koji se sustavi uspostavljaju - ECMO se često uspostavlja korištenjem samo kanilacije vratnog krvožilja, te se može izvesti pod lokalnom anestezijom, dok se konvencionalna kardiopulmonalna prenosnica obično uspostavlja korištenjem

---

<sup>3</sup> Fukuhara S· Takeda K· Kurlansky PA. Extracorporeal membrane oxygenation as a direct bridge to heart transplantation in adults. J Thorac Cardiovasc Surg. 2017 Dec 21. pii: S0022-5223(17)33002-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.10.152. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29361299>. [pristupljeno 01.12.2017.]

transtorakalne ili središnje kanilacije, za čije izvođenje je potreba opća anestezija i kirurško otvaranje prsišta u bolesnika kojima se primjenjuje

- b) trajanje postupaka izvođenja - za razliku od standardne kardiopulmonalne prenosnice, koja se koristi kao kratkotrajna potpora, ne dulje od nekoliko sati, ECMO uređaj može biti korišten kao dugotrajna potpora, najčešće u rasponu od 3 do 10 dana.
- c) svrha primjene - dok je svrha ekstrakorporalne membranske oksigenacije omogućiti dovoljno vremena ne bi li se poremećena funkcija srca i pluća uspjela adekvatno oporaviti, standardna kardiopulmonalna prenosnica pruža potporu bolesniku tijekom raznih kardiokirurških postupaka<sup>4</sup>



Slika 2. Shematski prikaz bolesnika na ECMO sustavu

Izvor: <http://www.kardiokirurgija.com/wp-content/uploads/2011/11/Levitronix-shematski-prikaz-300x171.jpg>

---

<sup>4</sup> Brodie D. Vincent JL. Brochard LJ. Combes A. Research in Extracorporeal Life Support: A Call to Action. Chest. 2018 Jan 31. pii: S0012-3692(18)30093-X. doi: 10.1016/j.chest.2017.12.024. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29355550>. [pristupljeno 10.04.2017.]

## 2. POVIJESNI RAZVOJ ECMO SUSTAVA

1885. god. Gruber i von Frey proizveli su prvi uređaj za izvantjelesno oksigeniranje krvi s ciljem perfuzije izoliranih organa. 1937 god. Gibbon je započeo razvoj umjetnog srce-pluća uređaja kojega je u svibnju 1953. godine prvi puta upotrijebio za izvantjelesnu cirkulaciju i to za kardiokiruršku operaciju na otvorenom srcu.

1965. god. Clowes i suradnici proizveli su umjetna pluća koja su preko membrane odvajala plinsku i tekuću fazu. Ovaj "membranski oksigenator" pružao je brzu i učinkovitiju oksigenaciju krvi nego takozvani „bubble“ oksigenatori, koje su Rashkind i suradnici iste godine prvi puta uporabili za liječenje novorođenčadi, koja su umirala od zatajenja respiracijskog sustava. Time je Clowesov uređaj ušao u upotrebu kao kardiopulmonalna premosnica, koja je pružala potporu bolesniku duže od nekoliko sati.

ECMO sustav za dugotrajnu potporu teškog respiracijskog zatajivanja, prvi puta je uspješno upotrijebljen 1972. god. za liječenje odraslog bolesnika s posttraumatskim respiracijskim zatajivanjem. Nekoliko godina kasnije, Bartlett i suradnici uspješno su primijenili ECMO sustav na novorođenoj djevojčici Esperanzi s poremećenom respiracijskom funkcijom. Entuzijizam, koji se javio nakon prvotnog uspjeha, postao je razočaranje nakon provedenog multicentričnog randomiziranog kliničkog istraživanja 1974. god. kojem je cilj bio usporediti uspješnost VA-ECMO potpore s onom dobivenom korištenjem konvencionalne strojne ventilacije u bolesnika s teškim ARDS-om. Tada je tehnologija ECMO sustava bila tek u začetku s velikim postotkom komplikacija povezanih uz samu upotrebu ECMO potpore. Nažalost ograničenja tog istraživanja ostala su neprepoznata, a poražavajući rezultati doveli su do napuštanja ECMO tehnike diljem svijet.



Slika 3. Pacijent na prvom uspješnom ECMO sustavu

Izvor:<https://image.slidesharecdn.com/ecmopart-1drtinku-joseph-160213143856/95/ecmo-part-1-by-drtinku-joseph-14-638.jpg?cb=1455374370>

Za to vrijeme Kolobow je, razvojem membranskih pluća, fokus u području izvantjelesne potpore, skrenuo s oksigenacije na uklanjanje ugljikova dioksida iz krvi. On je uveo tehniku kojoj je cilj bio spriječiti daljnje oštećenje respiracijske funkcije smanjenjem pokreta samih pluća, tako što su bolesnici ventilatorom primali samo nekolicinu udisaja niskog respiracijskog volumena i vršnog inspiracijskog tlaka. Ta strategija postala je poznata pod nazivom niskofrekventna ventilacija pozitivnim tlakom (LFPPV, eng. low-frequency positive-pressure ventilation). Korištenjem ove strategije oksigenacija krvi prepušta se gotovo nepokretnim plućima bolesnika, dok se uklanjanje CO<sub>2</sub> iz krvi vrši preko umjetnih pluća (ekstrakorporalno uklanjanje CO<sub>2</sub> - ECCO<sub>2</sub>-R).

Prva aplikacija ovog koncepta u ljudi zabilježena je 1980. god, a Gattinoni i suradnici zabilježili su postotak preživljavanja bolesnika i do 49% . U godinama koje su uslijedile

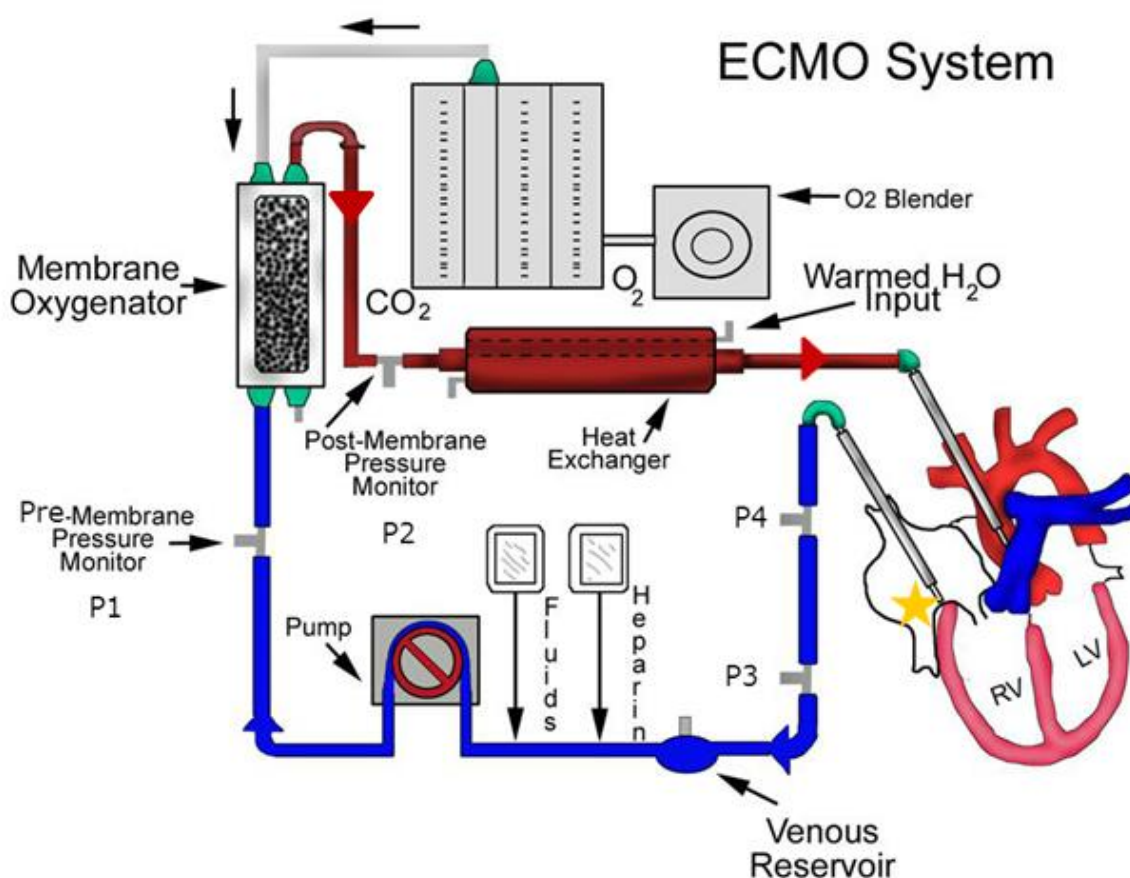
interes za ECMO sustav, usprkos određenim znanstvenicima i njihovim istraživanjima na području ekstrakorporalne životne potpore, bio je izrazito malen. Objavljivanje rezultata CESAR studije (eng. Conventional ventilation or ECMO for Severe Adult Respiratory failure) i rezultati liječenja bolesnika oboljelih od H1N1 pandemijske gripe, 2009. godine u Australiji i Novom Zelandu, ECMO potporom, doveli su do ponovnog porasta interesa za ECMO sustav. Uz te vrlo povoljne rezultate, za povećanu upotrebu ECMO sustava, sigurno je odgovoran i određeni tehnološki napredak koji je omogućio jednostavnije i sigurnije korištenje ECMO tehnike.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Stanec.M. Predikroti kliničkog ishoda nakon potpore izvantjelesnom membranskom oksigenacijom. Zagreb. Sveučilište u Zagrebu. Medicinski fakultet. 2014. Dostupno na <https://repozitorij.mef.unizg.hr/islandora/object/mef%3A309/datastream/PDF/view>. [pristupljeno 19.07.2017.]

### 3. OSNOVNI DIJELOVI ECMO SUSTAVA

Uz dvije osnovne komponente, crpke za krv i membranskog oksigenatora, ECMO sustav sastoji se od kanila, tubusa, venskog rezeorvara, izmjenjivača topline, te sigurnosnih uređaja i raznih monitora za praćenje bolesnika na ECMO uređaju. Deoksigenirana venska krv odvodi se iz organizma preko „pristupne“ kanile postavljene u venski dio cirkulacije zahvaljujući negativnom tlaku koji stvara crpka. Crpka zatim potiskuje krv prema oksigenatoru u kojem se krv obogaćuje kisikom, uz istodobno odstranjivanje ugljikova dioksida. Ako je potrebno održavati temperaturu u krvi i tijela na određenoj vrijednosti, krv zasićena kisikom usmjeruje se u izmjenjivač topline, gdje se zagrijava ili hladi, a onda preko „povratne kanile vraća u arterijski ili venski dio cirkulacije.



Slika 4. Dijelovi ECMO sustava

Izvor: <https://i.stack.imgur.com/LrbMQ.png>

Razvojem tehnologije i znanosti, razvijale su se i komponente ECMO sustava. Sukladno tehnološkom napretku kanila, oksigenatora i pumpi za krv zamijetilo se i poboljšanje samog ishoda liječenja bolesnika na ECMO potpori.

Tradicionalno za uvođenje VV-ECMO sustava bila su potrebna najmanje dva mjesta kanilacije, dok se treća drenažna kanilacija najčešće uvodila radi poboljšanja krvnog protoka u ECMO sustavu. Kanile korištene u ECMO sustavu moraju biti dovoljno velike da omoguće dovoljan protok krvi potreban za prikladnu izmjenu kisika u oksigenatoru. Prilikom postavljanja kanile obavezno je korištenje ultrazvuka, ne bi li se spriječile moguće ozljede krvnih žila. Uvođenje dvolumenske VV-ECMO kanile omogućilo je uspostavu ECMO sustava kanilacijom na samo jednom mjestu koristeći se perkutanom tehnikom (Saldinger), čime se ostvarilo smanjenje pojave recirkulacije oksigenirane krvi natrag u ECMO sustav, poboljšala bolesnikova mobilnost i smanjio postotak komplikacija.<sup>6</sup>

Figure 2: CentriMag System



Slika 5. Dijelovi ECMO Levitronix CentriMag sustava

Izvor: <https://files.radcliffecardiology.com/s3fs-public/zimpferfig2.png>

<sup>6</sup> Haft J, Bartlett R (2013) Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in adults. Official reprint from Up To Date. Dostupno na: <http://www.uptodate.com/contents/extracorporeal-membrane-oxygenation-ecmo-inadults?topicKey=PULM> . [pristupljeno 10.04.2017.]

Crpka za krv osnovna je komponenta ECMO uređaja koja omogućava protok krvi kroz čitavi ECMO sustav. Tradicionalne crpke za krv najčešće su jednostavnog valjkastog, "roller-head" dizajna, a danas sve više bivaju zamijenjene centrifugalnim crpkama. Unatoč prednostima, poput slabijeg sustavnog odgovora i smanjene agregacije trombocita, centrifugalne crpke ipak se izbjegavaju kod potpore neonatalnih bolesnika, zbog sumnje da povećavaju rizik za hemolizu. Neke novije pumpe također pruža mogućnost protoka krvi pulsativnog karaktera, primarno dizajnirane za VA-ECMO uređaj, koje bi teoretski omogućile bolju sustavnu perfuziju. Ne postoje konkretni dokazi koji bi dali prednost jednoj od navedenih pumpi, te se stoga njihov izbor prepušta pojedinim ECMO centrima. Oksigenator je najvažniji čimbenik za uspješno obavljanje dugotrajne ekstrakorporalne membranske oksigenacije, a omogućava obogaćivanje krvi kisikom i uklanjanje ugljičnog dioksida iz krvi. Svaki oksigenator prevučen je slojem koji sprječava stvaranje tromba, najčešće slojem heparina. Izbor oksigenatora također se poboljšao razvojem tehnologije, pa se tako može primijetiti sve veća zamjena tradicionalnih silikonskih membranskih oksigenatora s oksigenatorom čija je membrana građena od polimetilpentinskih šupljih vlakana. Ti oksigenatori omogućuju manji stupanj sustavnog upalnog odgovora, bolju izmjenu plinova, smanjenu potrošnju trombocita i serumskih bjelancevina, manji otpor krvnom protoku i manji broj kvarova, zbog čega su i postali standard u većini ECMO centara.<sup>7</sup>

Tubusi korišteni u ECMO sustavu napravljeni su od polivinil klorida, poliuretana ili silikonske gume i najčešće su premazani biokompatibilnim slojem radi smanjivanja sustavnog upalnog odgovora i rizika za nastajanje tromba. Za održavanje tjelesne temperature u ECMO sustavu odgovoran je izmjenjivač topline. U izmjenjivaču topline krv se, nakon prolaska kroz oksigenator, zagrijava toplom vodom tzv. mehanizmom protustruje. Nakon što je željena temperatura postignuta, krv se vraća u bolesnikov krvožilni sustav.

Dio ECMO sustava je i "servo kontroler" koji u slučaju prekida venske drenaže, zbog opstrukcije kanile ili hipovolemije, usporava ili zaustavlja pumpu. On služi kao prevencija pojavi fenomena kavitacije. Taj fenomen opisuje stanje u kojem plin može izaći iz otopine ukoliko postoji negativan tlak, što bi u slučaju ECMO sustava značilo mogućnost izravnog ulaska zraka u bolesnikovu cirkulaciju i stvaranje zračnog embolusa. "Servo kontroler" obično se nalazi na venskoj strani sustava i služi za mjerenje tlaka ili volumena. Ispred i iza oksigenatora nalaze se monitori koji bilježe nagli porast krvnog tlaka unutar sustava. Za

---

<sup>7</sup> Von Segesser LK. Cardiopulmonary support and extracorporeal membrane oxygenation for cardiac assist. *Ann Thorac Surg*1999;68:672– 677.

razliku od "servo kontrolera", zračni detektori prepoznaju već stvorene mikroskopske mjehuriće zraka u arterijskoj krvi, te automatski isključuju krvnu pumpu. Između izmjenjivača topline i arterijske kanile nalaze se filtri koji pročišćavaju krv od zračnih embolusa i tromboembolusa.

Osim poboljšanja komponenata tradicionalnog ECMO sustava, napredak tehnologije sa sobom je donio i pojavu prijenosnog, vrlo pojednostavljenog MiniECMO uređaja (Cardio-Help system), uređaja za uklanjanje CO<sub>2</sub> (ECCO<sub>2</sub>R - Novalung) i AV-ECMO potpore bez pumpe, uređaja koji koristi arterijski tlak bolesnika za pokretanje ECMO sustava.

#### 4. ECMO CIRKULACIJSKI KRUG

Cirkulacijski krug ECMO sustava sastoji se od tzv. „ECMO BRIDGE-a“ koji povezuje vensku i arterijsku kanilu, a služi za recirkulaciju tekućine/krv nakon neposrednog odvajanja bolesnika od ECMO-a. Tako ECMO sustav ostaje pripravan ukoliko nakon potpunog odvajanja od mehaničke potpore dođe do hemodinamske nestabilnosti bolesnika, te se odluči ponovno vraćanje na mehaničku cirkulacijsku/respiracijsku potporu. Na KBC-u Zagreb nakon odvajanja bolesnika od mehaničke potpore ECMO sustav ostaje uključen još 24 sata što je regulirano ECMO protokolom. Kako tekućina/krv kontinuirano cirkulira minimalizirana je mogućnost nastanka formacije ugruška. Ovaj shant je zatvoren tijekom potpore bolesniku te se nakon klemanja i odvajanja kanila od bolesnika otvara.

U studijama autora Liem, et al. I De Mol, et al opisuje se nastanak promjene u cerebralnom monitoringu nakon otvaranja „bridge-a“ što se povezuje sa otpuštanjem mikro ugrušaka koji su se stvorili na mjestu klemanja shanta. Zbog toga u tim studijama se preporuča djelomično zatvaranje shanta pomoću Hoffmanove stezaljke kako bi se održao minimalan protok te na taj način spriječio nastanka ugrušaka.<sup>8</sup>

Pojam izvantjelesne potpore (ECMO) podrazumijeva primjenu produljena izvantjelesnoga krvotoka uglavnom putem izvanprsnice kanilacije u bolesnika sa akutnim, reverzibilnim urušajem srčane ili respiracijske funkcije koja ne odgovara na konzervativno liječenje. Sa druge strane, produljeno izvantjelesno liječenje se također provodi kao opcija za oporavak srčanog mišića i slabosti desnog srca nakon kardiokirurškog zahvata na otvorenom srcu. Tada je kanilacija najčešće centralnog tipa.

##### 4.1. ECMO konzola

Moderne se ECMO konzole koriste za kontinuirani nadzor protoka, tlakova u arterijskoj i venskoj kanili, brzine okretaja u minuti, venske saturacije, detekcije zraka u sustavu te opsežnog sustava alarma koji služi da ukoliko dođe do pojave viših ili nižih vrijednosti koje su određene postavljenim granicama da uključi zvučni i svjetlosni alarm kako bi se što ranije otklonio nastali problem. Monitoring tlaka u cijevima služi da se prevenira perforacija kanile koja može nastati kod previsokog tlaka u arterijskoj kanili prilikom npr. mehaničke opstrukcije kanile, tzv. „knikanje“. Zrak u sustavu je vrlo česta opisana komplikacija

---

<sup>8</sup> Tevaearai HT, Mueller XM, Jegger D, Ruchat P, Von Segesser LK. Veno- us drainage with a single peripheral bicaval cannula for less invasive atrial septal defect repair. Ann Thorac Surg2001;72:1772–1773.

bolesnika na ECMO-u. Uporaba detektora zraka, „bubble detector“ smatra se esencijalnim za sprječavanje zračne embolije. Bubble detector je ultrazvučni skener koji okružuje arterijsku kanilu te ukoliko dođe do očitavanja veće količine zraka uključuje automatsko zaustavljanje uređaja/ECMO-a, ili ukoliko se radi o mikro embolusima tada prvo uključuje zvučni i vizualni alarm. Mjerač oksigenacije koristi optičku tehnologiju što je neinvazivan postupak te nam pruža kontinuirano mjerenje oksigenacije venske i/ili arterijske krvi u kanilama. Kod VA postupka naglasak je na mjerenju venske saturacije što je u korelaciji sa miješanom venskom saturacijom. Pad venske saturacije ukazuje nam na povećanu potrošnju kisika ili nedostatnu oksigenaciju te potrebu za korekcijom protoka, nadoknadom eritrocita ili potrebom za većom sedacijom. Dodatni parametar mjerača oksigenacije je kontinuirano mjerenje hematokrita.

#### 4.2. Izmjenjivač topline/grijač

Krvne stanice proizvode toplinu kao produkt njihovog metabolizma i kretanja. Toplina se sprema u tkiva ili se eliminira prema van. Ukoliko poremećaj temperature tijela nije uvjetovan stanjima poput ekstremnih vanjskih uvjeta, fizičkom aktivnosti, emocionalnim poremećajima ili bolestima, tijelo koristi samo regulaciju te održava temperaturu oko 37 stupnjeva celzija. Termoregulacija se postiže vazodilatacijom i vazokonstrikcijom cirkulacije, evaporacijom te disanjem. Umjetna termoregulacija se postiže grijačem ili izmjenjivačem topline koji može biti integriran u sam ECMO sustav ili dolazi kao dodatni dio što ovisi o samom proizvođaču. Njihova funkcija je da dovedu toplinu u tijelo ili je izvlače iz tijela. Vrlo često bolesnici na ECMO-u su željeno ili ne željeno u hipotermiji upravo radi toga izmjenjivač topline je neizostavan dio.

#### 4.3. Oksigenatori

U proceduri ekstrakorporalnog održavanja života koriste se uređaji zvani oksigenatori. Postoji više vrsta oksigenatora: Medtronic membrane lung oxygenator, Hollow Fiber and Polymethylpentene oxygenator i Silicon membrane oxygenator. Prilikom upotrebe oksigenatora stvara se umjetna plućna membrana. Zato je potrebno paziti na oksigenaciju i perfuziju kod pacijenta. Optimalno je postići omjer dostave i potrošnje kisika na 4:1 što odgovara saturaciji venske krvi od oko 75%. Potrošnja kisika u tkivu kod aerobnog metabolizma može se izračunati kao umnožak udarnog volumena, frekvencije srca i razlike saturacije arterijske i venske krvi kisikom. Raspon potrošnje kisika u mirovanju kreće se od 5-8 ml/kg/min kod novorođenčadi, 4-6 ml/kg/min kod djece i 3-5 ml/kg/min kod odraslih. Osim omjera dostave i potrošnje kisika bitno je pratiti parcijalni tlak kisika u krvi i saturaciju

hemoglobina. Perfuzija organa trebala bi biti što sličnija fiziološkim uvjetima, ali ipak nije moguće regulirati protok u svakom organu. U svakom slučaju takvoj se situaciji mora težiti.



Slika 6. ECMO oksigenator

Izvor: [http://img.medicaexpo.com/images\\_me/photo-g/94053-6061209.jpg](http://img.medicaexpo.com/images_me/photo-g/94053-6061209.jpg)

Unatoč heparinskom premazu i sistemske antikoagulaciji, formiranje ugrušaka u oksigenatoru je vrlo ozbiljna komplikacija. Izravnom vizualizacijom se može detektirati tromb unutar samog oksigenatora koji može narušiti njegovu funkciju. Unatoč svemu, bitno je na vrijeme detektirati isti, te pravovremeno zamijeniti sam oksigenator. Prateći vrijednosti, željeli smo pretpostaviti postoji li značajnost u usporedbi nalaza sa dinamikom plinova, što je i objasnilo našu pretpostavku, tj. hipotezu. Odnosno, utvrđuje li se razlika 5. i 7. dana boravka na ECMU. Koliko se pomoću nalaza može predvidjeti malfukcija samog oksigenatora i koliko

to utječe na dinamiku plinova. Problemi koji se javljaju prilikom uporabe oksigenatora mogu biti: plućni edem, neadekvatna perfuzija/oksigenacija, plućna embolija i ostale tromboze, gubitak krvi itd. Zato je potrebno paziti na stanje prije oksigenatorske membrane (tlak, 5 kondenzirana vodena para i sl.) te poslije membrane (tlak, antikoagulacija, gubitak krvi). Oksigenator je jedan od glavnih dijelova u ekstrakorporalnom održavanju života, ali njegova učinkovitost ovisi o pre- i post-membranskim uvjetima.<sup>9</sup>

#### 4.4. Kanilacija

Postoje dva osnovna tipa kanilacije:

1. Centralna (transtorakalna) kanilacija - izvodi se za potrebe ECMO/ECLS, i to pri otvorenom medijastinumu, te u primarnom zahvatu implantacije mehaničke cirkulacijske potpore

2. Periferna kanilacija - izvodi se perkutanom tehnikom (Seldinger) insercije ili kirurškom eksploracijom i zaomčavanjem krvnih žila te postavljanjem kanila u velike arterije perifernog arterijskog sustava. Kod odraslih bolesnika najčešće se kao mjesto postavljanja „outflow“ kanile (arterijska linija) koristi femoralna arterija (lijevo), zdjelična arterija, te aksilarna arterija. Promjer „outflow“ kanile varira u rasponu 8-20 Fr (najčešće 17). U slučaju kirurškog postavljanja „outflow“ kanile, s ciljem prevencije ishemije distalnog segmenta ekstremiteta moguće je postavljanje ogranka „outflow“ kanile na distalni segment arterije femoralis (promjer 10 Fr). Kao alternativni model kirurškog postavljanja „outflow“ kanile postoji metoda kanilacije aksilarne arterije uporabom dakronskog grafta promjera 8 mm (T-L anastomoza). „Inflow“ kanila (venska linija) postavlja se na desnu femoralnu venu. Promjer „inflow“ kanile u rasponu je 18-26 Fr (najčešće 19 Fr). „Inflow“ kanila fiksira se izvana (koža) kako bi se po potrebi mogla osigurati njezina mobilnost.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Schmid C, Phillipp A, (2011) Guidelines for Extracorporeal Circulation. Springer Medizin. Regensburg. Germany

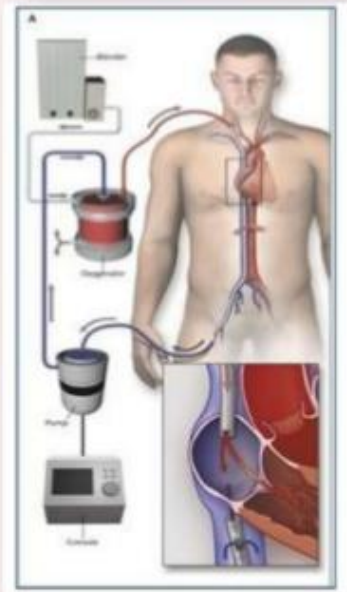
<sup>10</sup> Nasim F, Poterucha JT, Daniels LM, Park JG, Practical Implementation of Failure Mode and Effects Analysis for Extracorporeal Membrane Oxygenation Activation.

Am J Med Qual. 2018 Jan 1;1062860618754703. doi: 10.1177/1062860618754703. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29366330>. [pristupljeno 15.12.2017.]

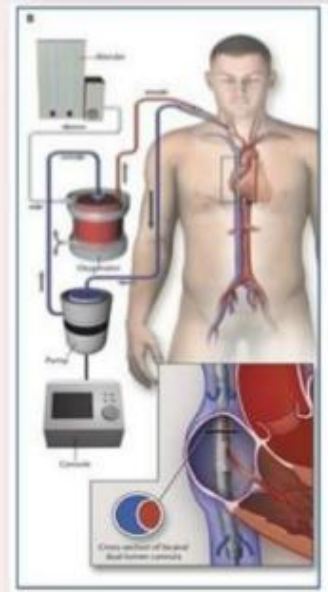


## Options For Cannulation in VV ECMO

### Two Cannulas



### One double-lumen cannula



*D Brodie, M Bacchetta; N Engl J Med 2011; 365:1905-14.*

Slika 7. Vrste ECMO kanilacije

Izvor: <https://image.slidesharecdn.com/dr-150424203916-conversion-gate02/95/cannulation-and-recirculation-in-vv-ecmo-3-638.jpg?cb=1429926105>

#### 4.5. ECMO set

Koristeći PLS set/PLS set plus koji je unaprijed spojeni set za izvantjelesnu potporu krvotoku s membranskim oksigenatorom, a sastoji se od sljedećih komponenti:

- ✓ PLS-i oksigenatora
- ✓ ROTAFLOW centrifugalne pumpe
- ✓ Cjevčica
- ✓ BIOLINE premaza (heparin-albumin premaz)
- ✓ Kanile

- ✓ Rotaflow konzole i pogona, držača



Slika 8. ECMO set

Izvor: <https://i.pinimg.com/236x/70/32/9a/70329a7e09b328546a15acabc82240a7--search.jpg>

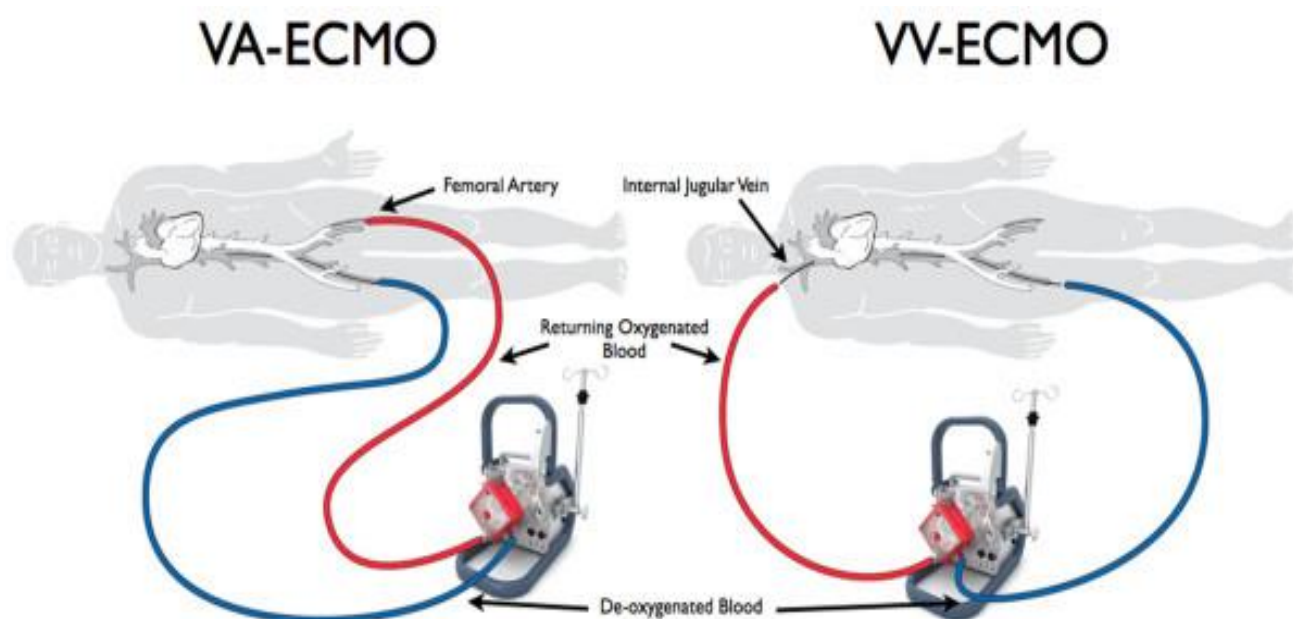
Set služi za dugoročnu podršku funkcije krvotoku pluća i seca, maksimalno vrijeme uporabe iznosi 14 dana.

Set se može koristiti kao potpora krvotoku sa protokom 0,5-7l/min. Funkcije prijenosa plina dizajnirane su za odrasle bolesnika unutar tog protoka krvi.

## 5. VRSTE ECMO POTPORE

Vrsta ECMO potpore ovisi o srčanoj funkciji pojedinog pacijenta. Veno-venski (V-V) ECMO se najčešće koristi kod izoliranog zatajenja respiracije, a veno-arterijski (V-A) ECMO (potpuno kardiopulmonarno premoštenje) se koristi kod kombiniranog zatajenja srca i respiracije. Protok krvi može se postići korištenjem pumpe (centrifugalne ili roler) ili preko arterijsko-venskog gradijenta tlaka samog pacijenta (bez pumpe).

Na temelju „povratnog“ vaskularnog pristupa razlikujemo dva oblika ECMO potpore: veno – venski (V-V) i vensko – arterijski (V-A) ECMO. Koji će se modalitet primijeniti u pojedinog bolesnika ovisi o funkciji srca. Uz gore navedena dva osnova modaliteta ekstrakorporalne membranske oksigenacije, u određenoj literaturi, kao vrste ECMO sustava spominju se još i arterio-venski ECMO sustav (AV-ECMO) i ekstrakorporalno uklanjanje ugljikova dioksida (ECCO2R, eng. extracorporeal carbon dioxide removal).



Slika 9. Shematski prikaz VA-ECMO modela i VV-ECMO modela

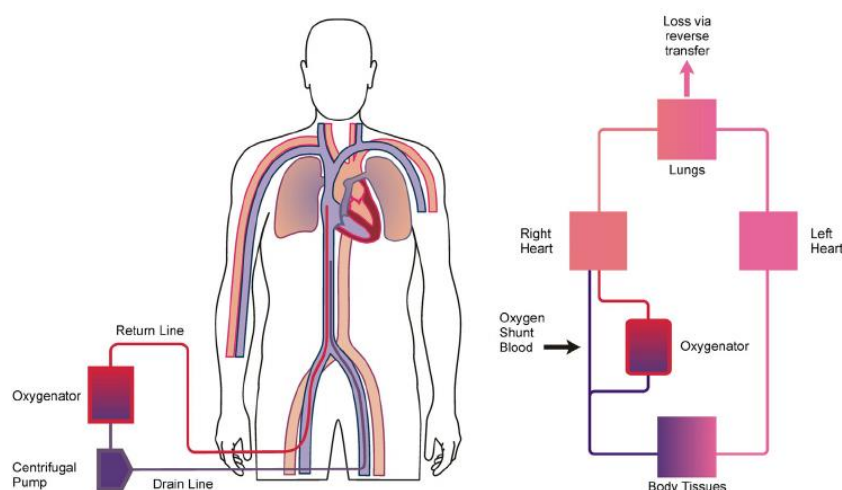
Izvor:

[https://www.researchgate.net/profile/Matthew\\_Cove/publication/47741793/figure/fig2/AS:202636302262297@1425323667980/Diagrammatic-representation-of-peripheral-veno-venous-VV-ECMO-and-peripheral.png](https://www.researchgate.net/profile/Matthew_Cove/publication/47741793/figure/fig2/AS:202636302262297@1425323667980/Diagrammatic-representation-of-peripheral-veno-venous-VV-ECMO-and-peripheral.png)

## 5.1. Vensko – venski ECMO

Prilikom primjene V – V ECMO-a venska se krv iz bolesnika odvodi preko pristupne kanile, najčešće postavljene u femoralnu venu, a zatim oksigenirana vraća u venski sustav povratnom kanilom u unutarnjoj jugularnoj veni. V – V ECMO na taj način osigurava oksigenaciju i uklanjanje ugljikova dioksida iz venske krvi, a ujedno smanjuje razinu potrebne mehaničke ventilacijske potpore i minimizira rizik od ozljede pluća uzrokovane ventilacijom. Obzirom da se oksigenirana krv ponovno vraća u venski dio cirkulacije, V – V ECMO ne osigurava hemodinamsku potporu i primjenjuje se u bolesnika bez znatnog oštećenja funkcije srca kojima je potrebna isključivo respiracijska potpora. Za razliku od V – A ECMO-a, omogućuje provedbu fiziološke hemodinamike uz minimalni rizik od sistavne tromboembolije i bez potrebe za kanilacijom arterija.<sup>11</sup>

### VENO-VENOUS ECMO



Slika 10. VV ECMO

Izvor: [https://1.bp.blogspot.com/-](https://1.bp.blogspot.com/-xHmr4CUYRl0/WETcDJPQEHI/AAAAAABPhk/de0PXXRVhvMjbnzRdkveM_ZTtfqH88R7ACEw/s1600/fig-1-VV-ECMO-Cavoatrial-con-fi-guratiowwn-of-VV-ECMO-shown-using-bifemoral-approach.png)

[xHmr4CUYRl0/WETcDJPQEHI/AAAAAABPhk/de0PXXRVhvMjbnzRdkveM\\_ZTtfqH88R7ACEw/s1600/fig-1-VV-ECMO-Cavoatrial-con-fi-guratiowwn-of-VV-ECMO-shown-using-bifemoral-approach.png](https://1.bp.blogspot.com/-xHmr4CUYRl0/WETcDJPQEHI/AAAAAABPhk/de0PXXRVhvMjbnzRdkveM_ZTtfqH88R7ACEw/s1600/fig-1-VV-ECMO-Cavoatrial-con-fi-guratiowwn-of-VV-ECMO-shown-using-bifemoral-approach.png)

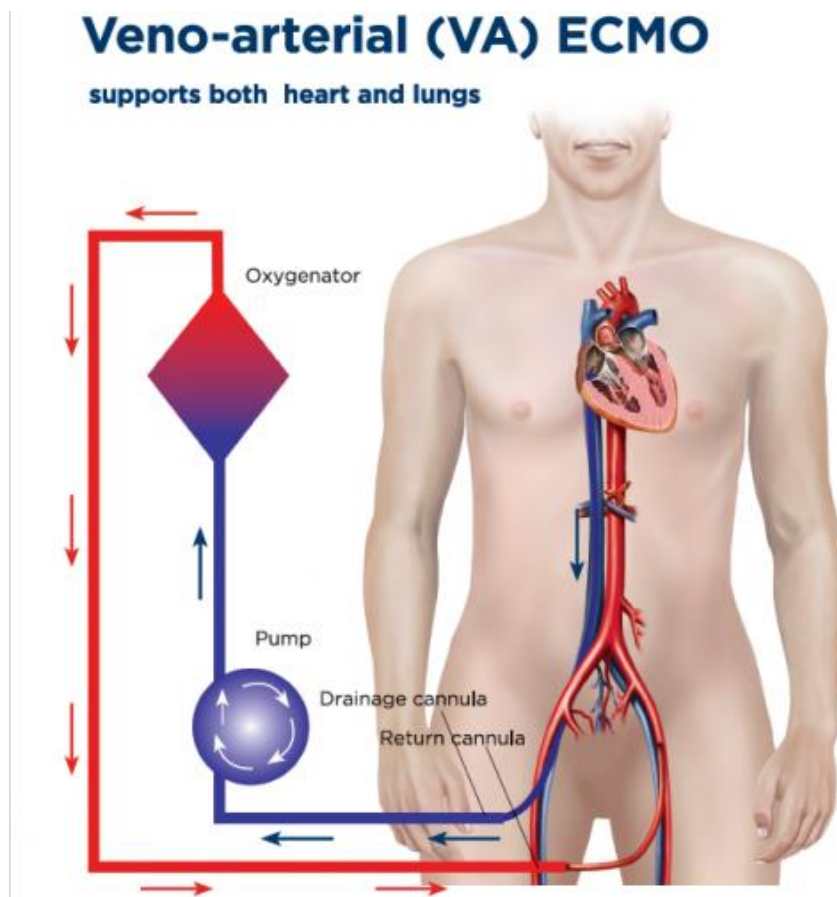
<sup>11</sup> Mohamed MAT. Maraqa T. Bacchetta MD. McShane M. The Feasibility of Venovenous ECMO at Role-2 Facilities in Austere Military Environments. Mil Med. 2018 Feb 13. doi: 10.1093/milmed/usx132. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29447407>. [pristupljeno 20.10.2017.]

VV- ECMO modalitet Kada je funkcija kardiovaskularnog sustava očuvana, VV-ECMO sustav koristi se za poboljšanje bolesnikove oštećene respiracijske funkcije. Tradicionalno, VVECMO sustav zahtijevao je kanilaciju najmanje dvije velike vene (jugularne, femoralne ili obje), ponekad više iz razloga da se poboljša drenaža i protok krvi kroz sustav, a samim time i oksigenacija krvi. Nakon uvođenja dvolumenske kanile omogućena je i učinkovita drenaža iz donje i gornje šuplje vene te vraćanje oksigenirane krvi od desne klijetke do trikuspidalne valvule (slika 3C). Pojava ove dvolumenske kanile na tržištu smanjila je pojavu recirkulacije (oksigenirana krv koja se vratila u cirkulacijski sustav organizma odmah se drenira ponovno u ECMO sustav), komplikacija poput krvarenja i omogućila bolju mobilizaciju bolesnika. Upotreba VV-ECMO sustava preporuča se za potporu respiracijske funkcije, osim u bolesnika s oštećenom kardiovaskularnom funkcijom ili šokom otpornim na konvencionalnu terapiju, iz razloga što se VA-ECMO potpora povezuje sa većim rizikom za pojavu komplikacija poput sustavnoga tromboembolijskog incidenta, ishemije ekstremiteta, loše sustavne raspodjele kisika i povećane napetosti zida lijeve klijetke. VV-ECMO potpora također dovodi do smanjenja intratorakalnog tlaka, a time i poboljšanja funkcije desne klijetke.

## 5.2. Vensko – arterijski ECMO

Tijekom primjene V – A ECMO-a oksigenirana se krv vraća u organizam preko povratne kanile postavljene u jednu od velikih arterija. Na taj način, poput standardnog kardiopulmonalnog premoštenja, V – A ECMO zaobilazi srce i pluća te preuzima ili podržava cirkulacijsku funkciju srca, a može istodobno preuzeti funkciju srca, a može istodobno preuzeti ili poduprijeti funkciju izmjene plinova u krvi. Sustavni arterijski protok rezultat je protoka u cirkulacijskom krugu i vlastita izbačaja lijeve klijetke. Može se primjenjivati pri lijevostranom i desnostranom zatajivanju srca. Postoje dva oblika V – A ECMO-a, centralni i periferni. Centralni V – A ECMO podrazumijeva postavljanje kanila u centralne strukture (desna pretklijetka i uzlazna aorta) otvorenim kirurškim pristupom, a primjenjuje se nakon kardiokirurških zahvata u slučaju otežanog odvajanja bolesnika od stroja za izvantjelesni krvotok ili pri teškim oblicima kardiorespiratornog zatajivanja, kada su potrebni visoki protoci za postizanje dostatne perfuzije tkiva. Kod perifernog V – A ECMO –a kaniliraju se velike periferne krvne žile, perkutanim pristupom ili kirurškom reoperacijom. Takav modalitet osigurava pretežno cirkulacijsku potporu i ne primjenjuje se u bolesnika s respiratornom insuficijencijom. Periferni V – A ECMO s malim kanilama koje se postavljaju perkutanom putom

( niskoprotočni vensko – arterijski ECMO) omogućuje vrlo brzi početak hemodinamske potpore u bolesnika u kardiorespiratornom arestu.<sup>12</sup>



Slika 11. Vensko-arterijski ECMO

Izvor:

[https://static1.squarespace.com/static/574122ca8259b5e36969283c/t/5a10a2f98165f561f520e6d9/1511039751615/VA\\_ECMO\\_image.png](https://static1.squarespace.com/static/574122ca8259b5e36969283c/t/5a10a2f98165f561f520e6d9/1511039751615/VA_ECMO_image.png)

Centralna ECMO potpora preferira se ukoliko se uspostavlja odmah nakon kardiopulmonalne prenosnice, iz razloga što su mjesta kanilacije za središnji ECMO vrlo slična onima koja su

<sup>12</sup> Rubino A. Costanzo D. Central Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (C-VA-ECMO) After Cardiothoracic Surgery: A Single-Center Experience. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017 Dec 6. pii: S1053-0770(17)30988-6. doi: 10.1053/j.jvca.2017.12.003. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29428358>. [pristupljeno 10.04.2017.]

korištena tijekom operacije. VA-ECMO potpora smanjuje rad srca i smanjuje potrošnju kisika u miokardu, te osigurava prikladnu perfuziju organa oksigeniranom krvi. Promjer, duljina i lokacija kanila, kojima se uspostavlja ECMO potpora, određuju veličinu protoka krvi kroz ECMO sustav. Važni čimbenici o kojima ovisi učinkovitost same potpore jesu i bolesnikovo srčano predopterećenje (preload), naknadno opterećenje (afterload), otpor protoku krvi koji stvara sustav tubusa i karakteristike pumpe za krv. VA-ECMO sustav radi paralelno s kardiovaskularnim i respiracijskim sustavom organizma, što omogućava prolazak jednog dijela krvi kroz plućnu cirkulaciju. Iz tog razloga u bolesnika s poremećenom respiracijskom funkcijom, tj. poremećenom izmjenom plinova, dio krvi koji je nastavio svoj prolazak kroz plućnu cirkulaciju miješat će se sa dobro oksigeniranom krvi, koja se, nakon što je prošla ECMO sustav, vraća u aortu. Konačna saturacija krvi kisikom ovisiti će o kombinaciji protoka krvi u bolesnikovoj cirkulaciji i protoka krvi u ECMO sustavu, što može značiti da bi u slučaju periferne VA-ECMO potpore, vratne vene ili koronarne krvne žile, za razliku od krvnih žila donjeg dijela tijela, mogle primiti slabije oksigeniranu krv.

Tablica 1. Usporedba VA-ECMO i VV-ECMO modaliteta (RIJV-Right Internal Jugular Vein, desna unutarnja jugularna vena; SvO<sub>2</sub> – saturacija kisikom krvi u plućnoj arteriji; PaO<sub>2</sub> – parcijalni tlak kisika u krvi) Preuzeto i prilagođeno iz Searl C. P, Ahmed S. T. Core Topics in Thoracic Anesthesia. Cambridge University Press, 2009; str. 177-85

|                                   | V – A ECMO                                                             | V – V ECMO                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mjesta kanulacije                 | Jugularna vena, femoralne vene, karotida, femoralna arterija ili aorta | Jugularna vena, femoralne vene, zajedno ili zasebno u slučaju kanilacije dvolumenskom kanilom |
| Prosječni PaO <sub>2</sub>        | 60-150 mmHg                                                            | 45-80 mmHg                                                                                    |
| Indikatori adekvatne oksigenacije | Vrijednosti SvO <sub>2</sub> , koncentracija laktata                   | Pacijentov PaCO <sub>2</sub> , cerebralna ili tkivna oksimetrija                              |
| Efekt na srce                     | Smanjeni preload i povećani afterload                                  | Zanemariv                                                                                     |
| Kapacitet dopreme kisika          | Visok                                                                  | Umjeren                                                                                       |
| Potpora cirkulacijskog sustava    | Parcijalni do kompletni                                                | Nema izravne potpore, poboljšanje oksigenacije                                                |

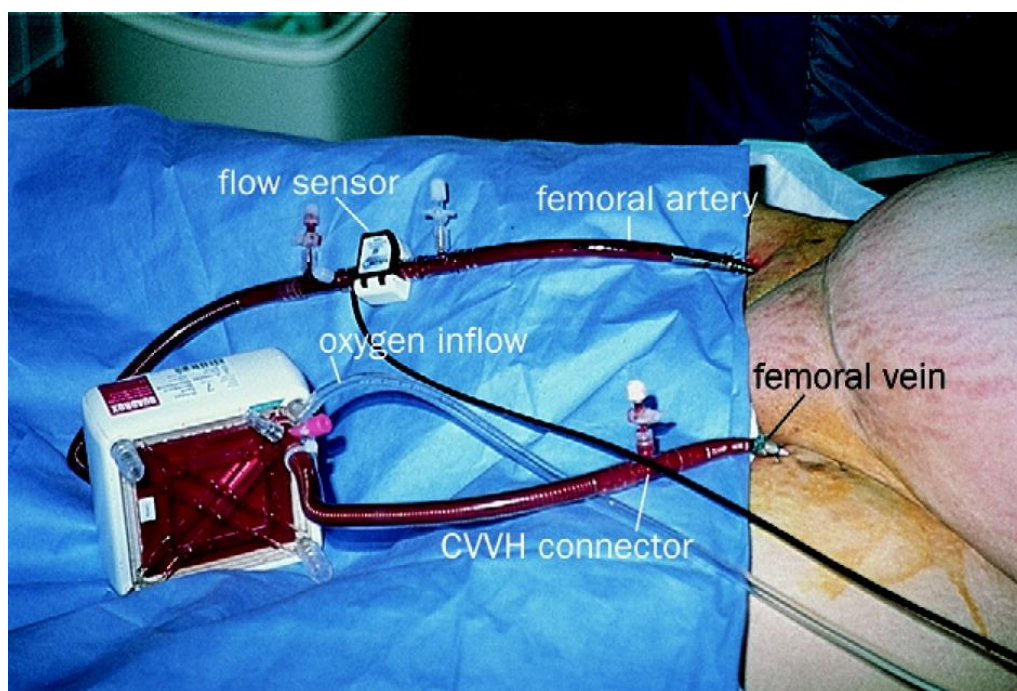
|                             |                           |                                                       |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
|                             |                           | često neizravno dovodi do poboljšanja srčane funkcije |
| Efekt na plućnu cirkulaciju | Smanjen protok            | Nepromijenjen                                         |
| Prisutnost D-L shunta       | Smanjena saturacija aorte | Povećana saturacija aorte                             |
| Recirkulacija               | Nema                      | Veliki utjecaj na dostavu kisika                      |

### 5.3. ECCO2R - ekstrakorporalno uklanjanje CO<sub>2</sub>

Kratice ECCO2R predstavlja proces čija je primarna uloga preko ekstrakorporalnog sustava ukloniti CO<sub>2</sub> iz krvi, pružajući tako poremećenoj 19 respiracijskoj funkciji parcijalnu potporu. ECCO2R tako se koristi kao pomoć protektivnim ventilacijskim strategijama i za tretman teške respiratorne acidoze i hiperkapnije, otporne na liječenje strojnom ventilacijom. Kanilacijski postupak identičan je onom u VV-ECMO sustavu, a moguće komplikacije uključuju povećani rizik za pojavu tromboembolijskog incidenta, te ishemiju ekstremiteta. Interes za ovu metodu parcijalne ekstrakorporalne respiracijske potpore stabilno raste, što potvrđuje i činjenica da je 2008. godine National Institute of Health and Clinical Excellence (NICE) izdao smjernice za njezinu upotrebu.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Pettenuzzo T. Fan E. Del Sorbo L. Extracorporeal carbon dioxide removal in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. Ann Transl Med. 2018 Jan;6(2):31. doi: 10.21037/atm.2017.12.11. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29430448>. [pristupljeno 12.09.2017.]



Slika 12. ECCO2R sustav

Izvor: [http://www.thelancet.com/cms/attachment/2031357672/2048442306/gr1\\_lrg.jpg](http://www.thelancet.com/cms/attachment/2031357672/2048442306/gr1_lrg.jpg)

## 6. INDIKACIJE I KONTRAINDIKACIJE

### 6.1. Indikacije za uporabu ECMO sustava

Ovaj potporni sustav kod svih načina primjene služi općenito kao:

- Potpora krvotoka do ozdravljenja ili privremenog premošćivanja terapijskih mjera sve do ozdravljenja i odvikavanja od sustava pomoći („Bridge to recovery“)
- Premošćivanje do eksplantacije/transplantacije („Bridge to transplant“)
- Privremeno premošćivanje do daljnjih terapijskih metoda ili daljnjih odluka („Bridge to bridge“ ili „Bridge to decision“).
- Potpora krvotoka radi omogućavanja daljnjih terapijskih ili operativnih postupaka

Povećana upotreba ECMO uređaja sa sobom je donijela nove izazove poput određivanja kriterija za odabir bolesnika i donošenje konačne odluke o upotrebi ECMO-a. Najopsežnije smjernice za upotrebu ECMO sustava objavila je organizacija za ekstrakorporalnu potporu života (eng. Extracorporeal Life Support Organization - ELSO). Te smjernice obuhvaćaju indikacije, kontraindikacije i kriterije za uspostavljanje ECMO-a, a razlikuju se ovisno o dobnoj skupini, vrsti organskog zatajenja i modalitetu ekstrakorporalne membranske oksigenacije. One predstavljaju mišljenja velikog broja stručnjaka iz područja ekstrakorporalne potpore života.

Kriteriji za odabir bolesnika, razlikuju se između ECMO centara diljem svijeta. Dok se svi centri slažu oko procjene težine respiracijskoga zatajenja, razlike se pronalaze u drugim kriterijima koji liječnicima služe za donošenje odluke o stavljanju bolesnika na ECMO potporu.

Pri donošenju odluke o stavljanju bolesnika na ECMO potporu liječnički tim u obzir bi trebao uzeti izgleda za oporavak oštećene funkcije organa, vrijeme trajanja strojne ventilacije prije uspostave ECMO sustava, moguću sustavnu reakciju na ECMO sustav, prisutnost proširene maligne bolesti, stupanj disfunkcije drugih organskih sustava i prisutnost teške ozljede mozga, tj. bolesnikov neurološki status. Utjecaj na odluku liječničkog tima mogu imati i dob bolesnika i komorbiditeti koje poodmakla dob sa sobom nosi, te bolesnikova tjelesna težina, iz razloga što u pretilih bolesnika kanilacija može biti otežana i protok krvi nedostatan za prikladnu sustavnu perfuziju.

Pristup u krvožilni sustav bolesnika, odabir kanila i katetera te metoda cirkulacije krvi ovise o vrsti bolesti bolesnika, anatomskim, fiziološkim i patološkim okolnostima bolesnika i, na

kraju, o željenim ciljevima terapije. Liječnik koji provodi terapiju odlučuje i odgovara za način primjene, postupanje i za uporabu općenito. Maksimalno vrijeme primjene iznosi 14 dana, dok sam EKC iznosi 6 sati.

Glavne indikacije za upotrebu ECMO potpore jesu akutno, potencijalno smrtonosno, reverzibilno, teško zatajivanje respiracijske i/ili srčane funkcije, otporno na klasične terapijske mjere i visoka stopa smrtnosti. To bi značilo da će se uporaba ECMO-a razmatrati u bolesnika u kojih se zatajivanje razvilo brzo, bolesnika u kojih postoji mogućnost terapijskog odgovora i oporavka funkcije, te onih u kojih agresivna terapija strojnom ventilacijom nije imala željeni odgovor ili je razina potpore bila toliko velika da dovodi do rizika od razvoja strojnom ventilacijom izazvane ozljede pluća. Upotreba ekstrakorporalne membranske oksigenacije razmatrati će se i u bolesnika s predviđenom smrtnosti od 50%.

Tipične indikacije za upotrebu VA-ECMO uređaja uključuju zastoj rada srca (korištenje ekstrakorporalne kardiopulmonalne reanimacije nakon 10 minuta adekvatnog, ali neuspješnog ALS-a ), stanja s visokim rizikom za zastoj srca, na terapiju otporan kardiogeni šok s potencijalno reverzibilnim srčanim oštećenjem te hipotenzija.

Za razliku od VA-ECMO potpore, VV-ECMO modalitet najčešće se koristi u bolesnika s teškim oštećenjem respiracijske funkcije, tj. u bolesnika s ARDS-om, teškom virusnom ili bakterijskom pneumonijom, astmatskim statusom, masivnim intrapulmonalnim krvarenjem, respiracijskom acidozom otpornom na konvencionalnu terapiju, te u bolesnika s kontuzijom tj. ozljedom pluća.

### ***Bolesti i stanja u kojima se koristi V-A ECMO***

| <b><i>Uobičajeno</i></b>                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Kardiogeni šok: akutni infarkt miokarda i komplikacije (uključujući: ruptura ventrikla, ruptura papilarnog mišića, refraktorna VT / VF) refraktorne na konvencionalnu terapiju uključujući i IABP |
| 2. Poslije operacije na srcu: nemogućnost sigurnog odvajanja od stroja za izvantjelesni krvotok uz uporabu konvencionalne potpore                                                                    |
| 3. Predoziranje lijekovima uz dupoku depresiju srčane funkcije                                                                                                                                       |
| 4. Miokarditis                                                                                                                                                                                       |
| 5. Rano odbacivanje transplantata: poslije transplantacije srca / srca i pluća                                                                                                                       |

| <b><i>Ostalo</i></b>                         |
|----------------------------------------------|
| 1. Plućna embolija                           |
| 2. Ozljeda srca ili velikih krvnih žila      |
| 3. Masivna hemoptiza / plućno krvarenje      |
| 4. Ozljeda pluća                             |
| 5. Akutna anafilaksija                       |
| 6. Peri-partalna kardiomiopatija             |
| 7. Sepsa s teškom depresijom srčane funkcije |
| 8. Most prema transplantaciji                |

## 6.2. Kontraindikacije za uporabu ECMO sustava

Većina kontraindikacija za korištenje ECMO sustava je relativna i promjenjiva, a temelji se na odmjerenju potencijalnih rizika koje ekstrakorporalna membranska oksigenacija sa sobom nosi. Tijekom godina, sve većom upotrebom ECMO sustava i daljnjim razvojem tehnologije i znanosti, stanja koja su u prošlosti bila smatrana kontraindikacijama, danas se razmatraju kao moguće indikacije za uspostavu ECMO sustava.

Prednosti izvantjelesne cirkulacije treba odmjeriti uvažavajući rizike sustavne antikoagulacijske terapije. Kod bolesnika s jakim krvarenjima ili ozbiljnim smetnjama zgrušavanja, izvantjelesna potpora krvotoka može biti kontraindicirana. Treba uzeti u obzir i razrjeđivanje krvi uslijed tekućine koja se nalazi u sustavu („Priming“). Pri odabiru tekućine i lijekova za priming, naravno, treba uzeti u obzir i eventualne alergijske reakcije bolesnika.<sup>14</sup>

| <b>Apsolutne kontraindikacije za sve oblike ECMO-a</b>                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Dob > 65 godina                                                                                                                                                |
| • Ireverzibilna srčana bolest                                                                                                                                    |
| • Ireverzibilna respiratorna bolest                                                                                                                              |
| • Ireverzibilna neurološka bolest                                                                                                                                |
| • Kronična teška plućna hipertenzija                                                                                                                             |
| • Aktivni malignom, bolest transplantata protiv domaćina (graft vs. host) ili značajna imunosupresija                                                            |
| o Poslije transplantacije koštane srži, bubrega, jetre ili srca/pluća nakon 30 dana                                                                              |
| • Težina > 140 kg                                                                                                                                                |
| • Uznapredovala bolest jetre                                                                                                                                     |
| • AIDS uz:                                                                                                                                                       |
| o prisustvo sekundarnog malignoma, postojeću smanjena funkcija jetre ili bubrega (Kreatinin > 250 µmol/l) ili potrebu za „salvage“ anti-retrovirusnom terapijom. |
| • Srčani arest nepoznatog vremena nastupa ili CPR > 60min prije početka ECMO-a (to                                                                               |

---

<sup>14</sup> Wu MY. Chou PL. Wu TI. Lin PJ. Predictors of hospital mortality in adult trauma patients receiving extracorporeal membrane oxygenation for advanced life support: a retrospective cohort study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2018 Feb 8;26(1):14. doi: 10.1186/s13049-018-0481-6. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29422067>. [pristupljeno 10.06.2017.]

|                                           |
|-------------------------------------------|
| uključuje vrijeme potrebno za kanulaciju) |
|-------------------------------------------|

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| <b>Relativne kontraindikacije za sve oblike ECMO-a</b> |
| • Trauma s višestrukim mjestima krvarenja              |
| • Višestruko zatajenje organa (MOF)                    |

|                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------|
| <b>Apsolutne kontraindikacije za VV ECMO kod zatajenja respiracije</b> |
| • Teška plućna hipertenzija (mPAP > 50mmHg)                            |
| • Teško desnostrano ili lijevostrano zatajenje srca (EF < 25%)         |
| • Srčani arrest                                                        |

|                                              |
|----------------------------------------------|
| <b>Apsolutne kontraindikacije za VA ECMO</b> |
| • Disekcija aorte                            |
| • Teška aortalna regurgitacija               |

## 7. KOMPLIKACIJE ECMO POTPORE

ECMO je invazivan, tehnički vrlo složen postupak koji narušava cjelovitost krvožilnih stijenki i upleće se u brojne fiziološke procese. Bolesnici u kojih je indiciran, već zbog osnovne bolesti imaju predviđenu veliku stopu smrtnosti. Stoga su komplikacije vezane za ECMO česte i znatno povećavaju pobol i smrtnost. Prema dosadašnjim studijama, V-V ECMO ima manje komplikacija u usporedbi s V – A ECMO-om. Djeca u odnosu prema odraslim bolesnicima imaju manji ukupni broj komplikacija, no veću učestalost neuroloških komplikacija. Komplikacije liječenja ECMO-om dijele se u dvije glavne kategorije, a to su komplikacije vezane za cirkulacijski krug (mehaničke) te komplikacije vezane za bolesnika (medicinske).

### 7.1. Komplikacije vezane za cirkulacijski krug

Mehaničke komplikacije vezane za sam ECMO sustav uključuju trombozu, zračnu embolizaciju, disfunkciju pojedinih dijelova cirkulacijskog kruga i prenizak ili potpuni prekid protoka krvi. Prisutnost malih ugrušaka (1-5mm) unutar sustava česta je pojava i najčešće ne zahtijeva intervenciju nego kontinuirano praćenje. Ako je riječ o većim ugrušcima, potrebno je zamijeniti pojedine ili sve sastavnice cirkulacijskog kruga jer mogu uzrokovati poremećaj rada crpke ili oksigenatora, sustavnu tromboemboliju ili razvoj diseminirane intravaskularne koagulopatije. Prodor zraka u cirkulacijski krug rijetka je, ali životno ugrožavajuća komplikacija koja zahtijeva trenutačno klemanje kanila i zaustavljanje protoka.

### 7.2. Komplikacije vezane uz bolesnika

Najčešća komplikacija vezana za bolesnika jest krvarenje koje se pojavljuje u 10-30% slučajeva. Čimbenici koji uz sustavnu heparinizaciju pridonose povećanom riziku od krvarenja jesu trombocitopenija, poremećaj funkcije trombocita i relativni nedostatak faktora zgrušavanja, kao posljedica kontakta krvi s umjetnim materijalom unutar cirkulacijskog kruga. Liječenje klinički značajnih krvarenja temelji se na smanjivanju ciljanih vrijednosti aktiviranog vremena zgrušavanja ili na privremenom ukidanju heparina te, ako je potrebno, transfuzijom krvi, nadoknadom trombocita i faktora zgrušavanja.

Osim krvarenja, infekcije su sljedeća najvažnija skupina komplikacija. Rizik od infekcije povećava se trajanjem potpore ECMO-om zbog prisutnosti intravaskularnih kanila, a teško stanje bolesnik, kojemu je najčešće potrebna dugotrajna potpora, dodatno povećava ovaj rizik.

Učestalost neuroloških komplikacija varira između 4 i 37%, ovisno o bolesnikovoj dobi. Prema podacima ELSO registra, najčešće su u novorođenčadi, u obliku intrakranijalnog krvarenja, epileptičnih napadaja i ishemijskog moždanog udara. U odrasloj dobi češća je pojava ishemijskog moždanog udara, epileptični napadaji te intrakranijalno krvarenje. Neurološke komplikacije u svim dobnim skupinama povećavaju stopu bolničke smrtnosti.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> 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. doi: 10.1007/s12471-018-1073-9. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29349674>. [pristupljeno 20.04.2017.]

## 8. ULOGA MEDICINSKE SESTRE U SKRBI ZA BOLESNIKE NA ECMO POTPORI

Bolesnici na ekstrakorporalnoj membranskoj oksigenaciji zahtijevaju visoko educirano medicinsko osoblje te kontinuirani nadzor. Medicinske sestre koje skrbe za bolesnike na ECMO potpori moraju biti upoznate s cjelokupnim sustavom, načinima rada, mogućim komplikacijama te rješavanjem istih. Tehničko znanje samog uređaja i njegovog funkcioniranja omogućuje rano uočavanje nepovojnih promjena s ciljem sprječavanja komplikacija koje mogu ugroziti život bolesnika. Medicinske sestre postupaju po utvrđenim smjernicama i protokolima za provođenje postupaka u zdravstvenoj skrbi bolesnika na ECMO potporu te trebaju biti upoznate s protokolima antikoagulantne terapije. Poznavanje kontinuiteta stanja bolesnika, pravovremeno izvješćivanje liječnika o nepovoljnim promjenama zdravstvenog stanja te komunikacija unutar zdravstvenog tima osnova su uspješne zdravstvene skrbi za bolesnike na ECMO potpori.<sup>16</sup>

Medicinska sestra boravi uz bolesnika 24 sata u jedinicama intenzivnog liječenja te provodi sljedeće zadaće:

- ✓ Primjena antiseptičn mjera
- ✓ Nadzor i evidencija vitalnih parametara
- ✓ Postupanje po utvrđenim protokolima za provođenje zdravstvene skrbi bolesnika na ECMO sustavu
- ✓ Provođenje i evidentiranje ordinirane terapije
- ✓ Pravovremeno prepoznavanje i izvješćavanje liječnika u slučaju nastupa komplikacija
- ✓ Provođenje postupka bronhoaspiracije
- ✓ Previjanje ulaznih mjesta intravaskularnih katetera i drenova aseptičnim načinom rada
- ✓ Previjanja kanila kod bolesnika na ECMO uređaju
- ✓ kontinuirana provjera ECMO cirkulacijskog kruga
- ✓ uzimanje nadzornih kultura prema protokolu

---

<sup>16</sup> Ling L. Chan KM. Weaning adult patients with cardiogenic shock on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation by pump-controlled retrograde trial off. *Perfusion*. 2018 Feb 1;267659118755888. doi: 10.1177/0267659118755888. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29409389>. [pristupljeno 10.04.2017.]

- ✓ provođenje mjera za sprečavanje komplikacija dugotrajnog ležanja
- ✓ asistencija liječniku pri dijagnostičko terapijskim postupcima
- ✓ vođenje sestrinske dokumentacije

## 9. ZAKLJUČAK

Izvantjelesna membranska oksigenacija (ECMO) je vrsta liječenja za održavanje životno ugroženih bolesnika na životu, a kojoj je cilj potpomoći rad srca i pluća. U bolesnika s teškim zatajenjem plućne funkcije ECMO omogućuje izmjenu plinova. U bolesnika s teškim zatajenjem srca ili zastojem srčanog rada, ECMO postupak koji se još naziva i izvantjelesno srčano-plućno oživljavanje (engl. extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) omogućuje izmjenu plinova i održavanje krvotoka u tijelu. ECMO uređajem mogu se liječiti dvije velike skupine bolesnika. Prvo su kardiološki bolesnici, koji čekaju transplantaciju srca, pacijenti sa zastojem srca, slabošću srčane funkcije, pacijenti u intervencijskoj kardiologiji. Druga su skupina plućni bolesnici, odnosno pacijenti s akutnim respiratornim distresom ili oni koji čekaju transplantaciju pluća. ECMO je tehnički složen postupak koji se obavlja na kritično bolesnim pacijentima te ima visok potencijal za nastanak komplikacije. ECMO uređaji do danas su se značajno razvili, ali je riječ o vrlo složenoj, agresivnoj i zahtjevnoj metodi koja zahtjeva određenu razinu medicinskog znanja . Komplikacije mogu nastati od kliničkih pogreška ili neiskustva, patologije pacijenta ili tehničkih problema vezanih uz sklop komponenti. Za zdravstvenu njegu pacijenata na ECMO aparatu potrebno je posebno znanje i iskustvo medicinskih sestara te cjelokupnog osoblja koje skrbi za takve bolesnike, u protivnom, bez toga njega bolesnika nije kvalitetna i uspješna koliko bi trebala biti. Iz tih razloga, danas se educiraju medicinske sestre i drugo osoblje koji su unaprijed predviđeni za njegu pacijenta na ovakvom aparatu.

## 10. POPIS LITERATURE

- 1) Carević.A. Primjena ekstrakorporalne membranske oksigenacije (ECMO) u intenzivnog liječenja. Zagreb. Sveučilište u Rijeci. Medicinski fakultet. 2015. Dostupno na <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:122359>. [pristupljeno 15.05.2017.]
- 2) Schaheen LW, D'Cunha J. Extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation: No longer a four-letter word. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018 Feb 1. pii: S0022-5223(18)30251-4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.01.029. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29455956>. [pristupljeno 10.05.2017.]
- 3) Fukuhara S, Takeda K, Kurlansky PA. Extracorporeal membrane oxygenation as a direct bridge to heart transplantation in adults. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017 Dec 21. pii: S0022-5223(17)33002-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.10.152. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29361299>. [pristupljeno 01.12.2017.]
- 4) Brodie D, Vincent JL, Brochard LJ, Combes A. Research in Extracorporeal Life Support: A Call to Action. *Chest*. 2018 Jan 31. pii: S0012-3692(18)30093-X. doi: 10.1016/j.chest.2017.12.024. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29355550>. [pristupljeno 10.04.2017.]
- 5) Stanec.M. Predikroti kliničkog ishoda nakon potpore izvantjelesnom membranskom oksigenacijom. Zagreb. Sveučilište u Zagrebu. Medicinski fakultet. 2014. Dostupno na <https://repozitorij.mef.unizg.hr/islandora/object/mef%3A309/datastream/PDF/view>. [pristupljeno 19.07.2017.]
- 6) Haft J, Bartlett R (2013) Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in adults. Official reprint from Up To Date. Dostupno na: <http://www.uptodate.com/contents/extracorporeal-membrane-oxygenation-ecmo-inadults?topicKey=PULM> . [pristupljeno 10.04.2017.]
- 7) Von Segesser LK. Cardiopulmonary support and extracorporeal membrane oxygenation for cardiac assist. *Ann Thorac Surg* 1999;68:672– 677.
- 8) Tevaearai HT, Mueller XM, Jegger D, Ruchat P, Von Segesser LK. Venous drainage with a single peripheral bicaval cannula for less invasive atrial septal defect repair. *Ann Thorac Surg* 2001;72:1772–1773.
- 9) Schmid C, Phillipp A, (2011) Guidelines for Extracorporeal Circulation. Springer Medizin. Regensburg. Germany

- 10) Nasim F. Poterucha JT. Daniels LM. Park JG. Practical Implementation of Failure Mode and Effects Analysis for Extracorporeal Membrane Oxygenation Activation.
- 11) Am J Med Qual. 2018 Jan 1;1062860618754703. doi: 10.1177/1062860618754703. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29366330>. [pristupljeno 15.12.2017.]
- 12) Mohamed MAT. Maraqa T. Bacchetta MD. McShane M. The Feasibility of Venovenous ECMO at Role-2 Facilities in Austere Military Environments. Mil Med. 2018 Feb 13. doi: 10.1093/milmed/usx132. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29447407>. [pristupljeno 20.10.2017.]
- 13) Rubino A. Costanzo D. Central Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (C-VA-ECMO) After Cardiothoracic Surgery: A Single-Center Experience. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2017 Dec 6. pii: S1053-0770(17)30988-6. doi: 10.1053/j.jvca.2017.12.003. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29428358>. [pristupljeno 10.04.2017.]
- 14) Pettenuzzo T. Fan E. Del Sorbo L. Extracorporeal carbon dioxide removal in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. Ann Transl Med. 2018 Jan;6(2):31. doi: 10.21037/atm.2017.12.11. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29430448>. [pristupljeno 12.09.2017.]
- 15) Wu MY. Chou PL. Wu TI. Lin PJ. Predictors of hospital mortality in adult trauma patients receiving extracorporeal membrane oxygenation for advanced life support: a retrospective cohort study. Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2018 Feb 8;26(1):14. doi: 10.1186/s13049-018-0481-6. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29422067>. [pristupljeno 10.06.2017.]
- 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. doi: 10.1007/s12471-018-1073-9. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29349674>. [pristupljeno 20.04.2017.]
- 17) Ling L. Chan KM. Weaning adult patients with cardiogenic shock on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation by pump-controlled retrograde trial off. Perfusion. 2018 Feb 1;267659118755888. doi: 10.1177/0267659118755888. Dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29409389>. [pristupljeno 10.04.2017.]

## ŽIVOTOPIS

Ime mi je Marija Velkovski, rođena sam 02.05.1991. godine u Rijeci. Živim u prigradskom naselju, Kukuljanovo gdje sam osnovala svoju malu obitelj . Školovanje sam započela u osnovnoj školi Bakar 1998 god, koje sam završila s odličnim uspjehom. Nakon toga 2006-te upisujem srednju medicinsku školu u Rijeci, smjer medicinska sestra/tehničar. Tokom srednjoškolskog obrazovanja aktivno sam sudjelovala u raznim školskim aktivnostima te prolazila sa vrlodobrim i odličnim uspjehom. Maturirala sam 2010. godine sa odličnim uspjehom. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja i obavljenog pripravničkog staža za medicinsku sestru u KBC-u Rijeka stekla sam uvjerenje za samostalni rad kao medicinska sestra te nastavila školovanje na medicinskom fakultetu u Rijeci te odličnim uspjehom diplomirala u srpnju 2014.godine i postala stručna prvostupnica sestrinstva sa položenim državnim ispitom. Uz cijelo vrijeme studiranja radila sam kao asistentica u ordinaciji dentalne medicine i tim također stekla nova iskustva. U siječnju 2015. postala sam zaposlenica KBC-a Rijeka na odjelu kardiokirurgije te sam nakon 10 mjeseci rada prešla u operacijsku salu gdje sam obavljala poslove instrumentara u kardiokirurškoj operacijskoj sali sve do siječnja 2018. kada sam dobila priliku i novi posao nastavnika zdravstvene njege u Medicinskoj školi u Rijeci. Školovanje na Medicinskom fakultetu u Zagrebu, smjer diplomski sveučilišni studij sestrinstva započela sam u rujnu 2015. godine.