

# Specifičnosti zdravstvene njege djeteta na izvantjelesnoj membranoznoj oksigenaciji

---

**Marić, Antonija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:330965>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Antonija Marić**

**Specifičnosti zdravstvene njege djeteta na  
izvantjelesnoj membranoznoj oksigenaciji**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2019.**

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

**Antonija Marić**

**Specifičnosti zdravstvene njege djeteta na  
izvantjelesnoj membranoznoj oksigenaciji**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2019.**

Ovaj diplomski rad izrađen je na Klinici za pedijatriju pod vodstvom doc.dr.sc. Daniela Dilbera i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2018/2019.

Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu:

ECMO ekstrakorporalna membranozna oksigenacija

VA veno arterijski

VV veno venski

RPM broj okretaja u minuti

MAS sindrom aspiracije mekonija

CVP centralni venski tlak

EKG elektrokardiogram

LAP tlak u lijevom atriju

PAP tlak u plućnoj arteriji

NIRS neinvazivna infracrvena spektroskopija

PIP peak inspiratory pressure; vršni inspiracijski tlak

PEEP positive end-expiratory pressure; pozitivan tlak na kraju izdisaja

HIT heparinom inducirana trombocitopenija

ACT activated clotting time; aktivno vrijeme zgrušavanja krvi

ELSO Extracorporeal Life Support Organization

PCT prokalcitonin

# SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Povijesni pregled .....	2
3. Dijelovi ECMO sustava .....	3
3.1. Krvne pumpe za izvantjelesnu membranoznu oksigenaciju .....	4
3.2. Oksigenatori .....	5
3.3. Vaskularne kanile .....	6
3.4. ECMO konzola.....	8
3.5. Izmjenjivač topline/grijač .....	9
4. Vrste ECMO potpore.....	10
4.1. Venovenoski ECMO.....	10
4.2. Venosno - arterijski ECMO.....	11
5. Kriteriji za ECMO .....	12
6. Upravljanje ECMO-m.....	13
7. Komplikacije.....	14
8. Prognoza pacijenata na ECMO-u.....	15
9. Uloga medicinske sestre u zbrinjavanju djeteta na ECMO-u.....	16
9.1. Procjena kardiovaskularnog sustava .....	17
9.1.1. Krvni tlak .....	17
9.1.2. Centralni venski tlak (CVP) .....	18
9.1.3. Pulsna oksimetrija .....	18
9.1.4. Procjena uređaja .....	18
9.1.5. Zdravstvena njega .....	19
9.2. Procjena dišnog sustava .....	20
9.2.1. Zdravstvena njega dišnog sustava.....	20
9.3. Tekućine, bubrežna funkcija i elektroliti.....	22
9.4. Prehrana .....	23
9.5. Kontrola zgrušavanja .....	23
9.6. Kontrola živčanog sustava .....	24
9.7. Kontrola infekcije .....	25
9.8. Sprječavanje oštećenja kože .....	26
9.9. Kontrola boli, analgezija i sedacija .....	28
9.10. Potpora roditeljima.....	28
10. Odvajanje od ECMO-a.....	30
11. Zaključak .....	31
12. Literatura: .....	32
13. Životopis.....	37

## Sažetak

### Specifičnosti zdravstvene njege djeteta na izvantjelesnoj membranoznoj oksigenaciji, Antonija Marić

Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO) modificirana je vrsta kardiopulmonalne prenosnice. 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 kardiotorakalnoj 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.

Tijekom proteklih nekoliko desetljeća broj centara koji provode ECMO nastavio je rasti, a ECMO unutar neonatalne i pedijatrijske populacije postao je uobičajena praksa. Kako su se ekspertize i iskustva s ECMO-om povećali, tako je i preživljavanje bivalo sve veće.

Bolesnici priključeni na izvantjelesnu membranoznu oksigenaciju su u pravilu hemodinamski nestabilni, a sama tehnologija je vrlo invazivna. U zbrinjavanju ovako zahtjevnih pacijenata vrlo je važan multidisciplinarni pristup gdje svi članovi tima moraju biti dobro educirani iz područja koje obavljaju.

U zbrinjavanju ovako zahtjevnih pacijenata medicinska sestra ima vrlo važno mjesto budući da je ona ta koja boravi uz bolesnika 24 sata dnevno. Osim medicinskog znanja vrlo je važno poznavati i tehničke karakteristike svih metoda liječenja kako bi se na vrijeme moglo reagirati i spriječiti komplikacije koje mogu biti po život opasne.

Ključne riječi: Ekstrakorporalna membranska oksigenacija (ECMO), VA-ECMO, VV ECMO, uloga medicinske sestre

## **Summary**

### **Nursing management of children on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), Antonija Marić**

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.

Over the past few decades, the number of ECMO centers continued to grow, and ECMO within the neonatal and pediatric populations has become common practice. As the expertise and experience with ECMO increased, so survival was increasing.

Patients connected to extracorporeal membrane oxygenation are generally hemodynamically unstable, and the technology itself is highly invasive. Providing such demanding patients is a very important multidisciplinary approach where all team members need to be well educated from the areas they are performing.

In nursing such demanding patients, the nurse has a very important place since she is the one who stays with the patient 24 hours a day. In addition to medical knowledge, it is very important to know the technical characteristics of all treatment methods in order to respond in a timely fashion to prevent complications that may be life-threatening.

**Key words:** Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), VA-ECMO, VV ECMO,  
nursing management



## **Zahvala**

Za početak zahvaljujem svojem mentoru, doc. dr. sc. Danielu Dilberu, dr. med. na savjetima te iznimnom razumjevanju koje mi je pružio tijekom pisanja diplomskog rada.

Zahvaljujem se Predsjedniku povjerenstva prof. dr. sc. Jurici Vukoviću, dr. med. i članu povjerenstva doc. dr. sc. Ruži Grizelj, dr. med.

Također se zahvaljujem se svojim kolegicama Odjela za pedijatrijsku intenzivnu medicinu, Klinike za pedijatriju, koje su mi bile velika podrška tijekom dvije godine studiranja.

I za kraj zahvaljujem svojoj obitelji, suprugu Vilku, sinovima Matiji i Tomi, mami Nevenki i svekrvi Zorki koji su mi pružili neizmjernu podršku i vjerovali u mene do kraja.

Ovaj rad posvećujem svojem pokojnom tati Vladi i pokojnom svekru Josi koji nisu uspjeli dočekati još jednu moju diplomu na koju bi zasigurno bili ponosni.

## 1. Uvod

Izvantjelesna membranozna oksigenacija (eng. Extracorporeal Membrane Oxygenation, 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 i otporno na konvencionalne metode liječenja (1).

Osnovni cilj izvantjelesne membranske oksigenacije je adekvatna dostava kisika i ostalih sastavnica krvi neophodnih za održavanje fiziološke ravnoteže u svim dijelovima organizma. U kliničkoj praksi uspješno se primjenjuje već nekoliko desetljeća.

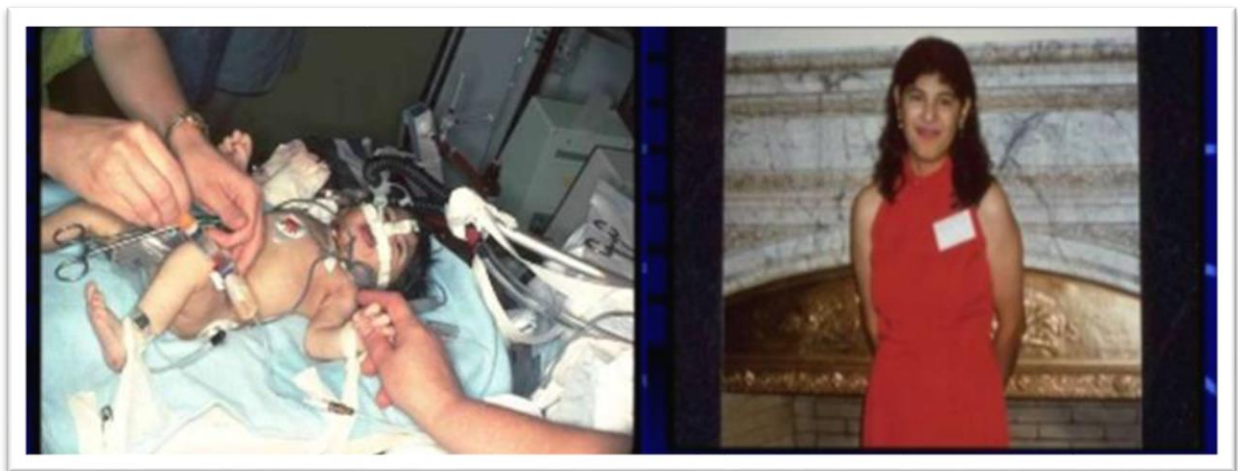
Izvantjelesna membranozna oksigenacija je postupak kojim se pomoću posebnog uređaja uklanja venska krv iz pacijenta koja prolazi kroz membranski oksigenator gdje se krv obogaćuje kisikom uz istovremeno uklanjanje ugljičnog dioksida, a zatim se oksigenirana krv vraća u cirkulaciju (2). Čini se da je razvoj i rast ECMO-a kod novorođenčadi brži od razvoja kod odrasle populacije, što je u suprotnosti s većinom medicinskih i tehnoloških intervencija (3). Tijekom proteklih nekoliko desetljeća broj centara koji provode ECMO nastavio je rasti, a ECMO unutar neonatalne i pedijatrijske populacije postao je uobičajena praksa. Kako su se ekspertize i iskustva s ECMO-om povećali, tako je i preživljavanje bivalo sve veće (4). Bolesnici priključeni na izvantjelesnu membranoznu oksigenaciju su u pravilu hemodinamski nestabilni, a sama tehnologija je vrlo invazivna. U zbrinjavanju ovako zahtjevnih pacijenata vrlo je važan multidisciplinarni pristup gdje svi članovi tima moraju biti dobro educirani iz područja koje obavljaju.

Medicinska sestra ima vrlo važno mjesto budući da je ona ta koja boravi uz bolesnika 24 sata dnevno. Osim medicinskog znanja vrlo je važno poznavati i tehničke karakteristike svih metoda liječenja kako bi se na vrijeme moglo reagirati i spriječiti komplikacije koje mogu biti po život opasne. Kontinuiranom procjenom bolesnikova općeg stanja i prikupljanjem i bilježenjem podataka, medicinska ima uvid u stanje bolesnika, te je apsolutno samostalna u provođenju zdravstvene njege u skladu sa svim pravilima struke.

## 2. Povijesni pregled

U svibnju 1953. Gibbon je koristio umjetnu oksigenaciju i perfuziju za prvu uspješnu operaciju na otvorenom srcu (5). Tijekom 1954. Lillehei je razvio tzv. „cross cirkulacijsku“ tehniku pomoću koje su učinjeni zahvati određenih kongenitalnih poremećaja srca (6). Godine 1955., u klinici Mayo, Kirklin i sur. poboljšali su Gibbonovu tehniku i uspješno napravili korekciju atrijalnog septalnog defekta (7). Godine 1965. Rashkind i suradnici bili su prvi koji su koristili „bubble“ oksigenator kao podršku u novorođenčadi koja je umirala od respiratornih zatajenja (8). Godine 1969. Dorson i njegovi kolege izvijestili su o upotrebi membranskog oksigenatora za izvantjelesnu cirkulaciju kod dojenčadi (9).

Godine 1970. Baffes i sur. su izvijestili o uspješnoj upotrebi izvantjelesne membranozne oksigenacije kao podrške kod dojenčadi s prirođenim defektima srca koji su podvrgnuti operaciji srca (10). Godine 1975. Bartlett i suradnici prvi su uspješno primjenili ECMO u novorođenčadi s teškim respiratornim zatajenjima (11), (Slika1).



Slika 1: Prvo novorođenče preživjelo na ECMO-u

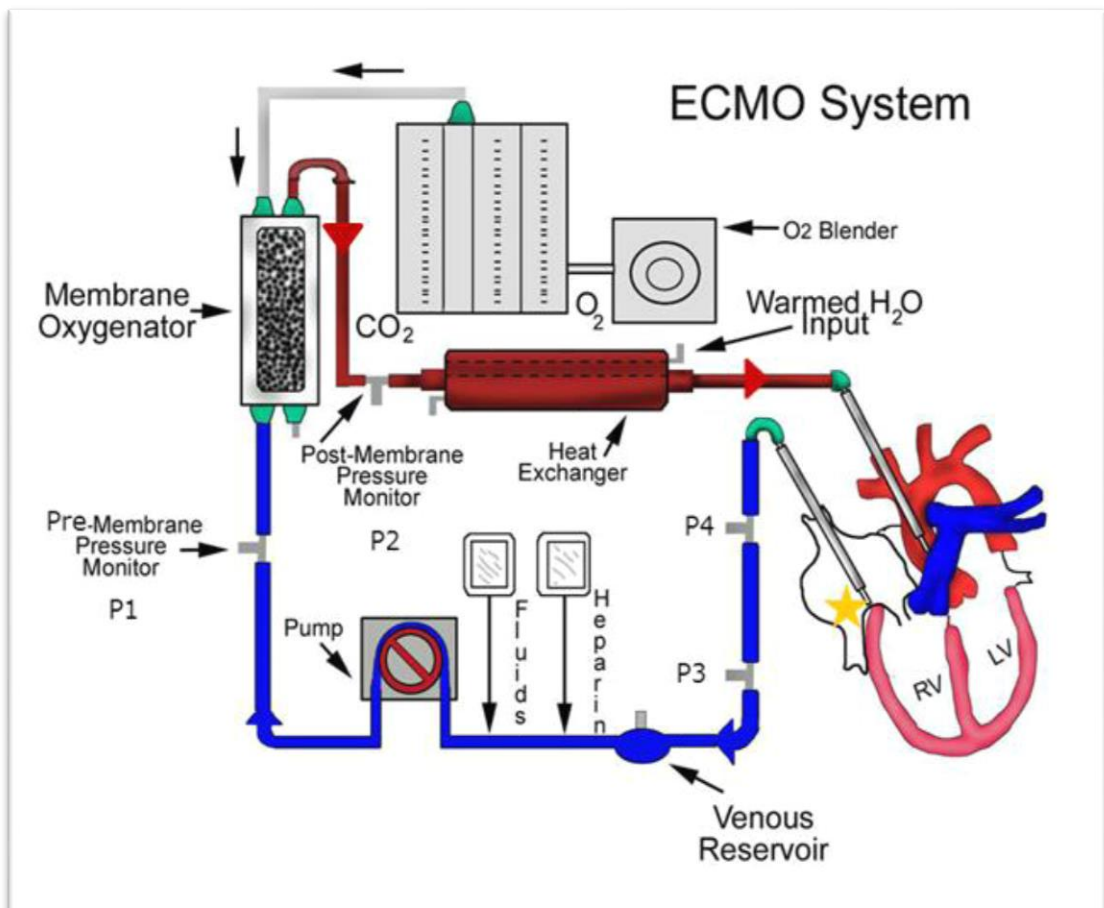
Izvor: [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

### 3. Dijelovi ECMO sustava

ECMO krug sastoji se od vaskularne pristupne kanile za drenažu venske krvi, vanjskog kruga (cijevi), pumpe za pogon kružnog toka krvi, membranskog uređaja za izmjenu plinova (oksigenerator – omogućuje oksigenaciju krvi i uklanjanje ugljikovog dioksida) i povratne kanile koja omogućuje vraćanje kružnog toka krvi natrag u bolesnikovu cirkulaciju (12).

Osnovni dijelovi ECMO sustava su (Slika2):

- Pumpa
- Oksigenator
- Kanile
- ECMO konzola
- Izmjenjivač topline/grijač



Slika 2. Dijelovi ECMO sustava

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

### 3.1. Krvne pumpe za izvantjelesnu membranoznu oksigenaciju

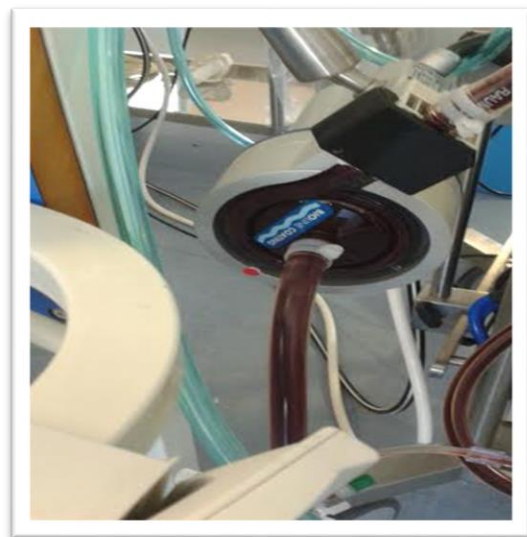
Pumpa je bitna komponenta ECMO kruga. Polu-ekskluzivne valjkaste pumpe su standard već desetljećima, ali su uglavnom zamijenjene novim centrifugalnim pumpama u kojima rotirajući rotor generira protok i tlak. Novi modeli imaju dugotrajnu trajnost glave pumpe i mogu se koristiti za produženu izvantjelesnu cirkulaciju. Za razliku od valjkastih pumpi, motor može biti lagan i malen, komponente se ne istroše, a perfuzijski tlak je ograničen okretajima u minuti (RPM), tako da je povratni tlak nizak, a pucanje kruga je vrlo rijetko. Mandler i kolege su 1995. godine predstavili pumpu Maquet Rotaflow (Maquet, Hirrlingen, Njemačka) kao novu centrifugalnu crpku. Ova pumpa je uspjela smanjiti proizvodnju topline ležaja i brtve te poboljšati hidrauličku učinkovitost (13).

Nove centrifugalne pumpe kao što su Maquet Rotaflow (Maquet) i Cobe Revolution (Cobe Cardiovascular, Inc., Arvada, CO) imaju male količine punjenja i minimiziraju stvaranje tromba, stvaranje topline i hemolizu povezanu s tradicionalnim centrifugalnim pumpama (slika 3 i slika 4). Kompletni ECMO crpni sustavi dostupni su kod brojnih komercijalnih dobavljača, uključujući: Maquet (Hirrlingen, Njemačka), Medos (Stolberg, Njemačka), Sorin (Mirandola, Modena, Italija) i Thoratec (Pleasanton, CA). Svi koriste modificiranu centrifugalnu pumpu, teoretski su sigurniji, prenosniji, a neki sadrže kompletan ECMO sustav sa svim potrebnim komponentama u integriranom, kompaktnijem proizvodu (14).



Slika 3. ECMO pumpa

Izvor: [www.resusreview.com](http://www.resusreview.com)



Slika 4. ECMO pumpa

Izvor: autor

## 3.2. Oksigenatori

ECMO sustavi imaju uređaj za izmjenu plina koji se zove oksigenator, koji dodaje O<sub>2</sub> i uklanja CO<sub>2</sub> iz krvi. Može sadržavati nekoliko različitih biomaterijala uključujući silikonsku gumu kao u klasičnim membranskim plućima koja se koriste godinama, uređaji od polipropilenskih šupljih vlakana za kratkotrajnu uporabu, noviji komprimirani površinski polimetilpenten (PMP), kao i polivinilklorid, poliuretan i nehrđajući čelik. Površina i miješanje krvnog puta određuju maksimalni kapacitet za oksigenaciju bilo kojeg uređaja za izmjenu plina. Protok oksigenatora je definiran količinom desaturirane (75%) krvi koja može biti gotovo potpuno zasićena (95%) u minuti. Kolobow plućna membrana od silikonske gume je standardni oksigenator koji se koristio za ECMO aplikacije gotovo 50 godina (15). Konstruiran je od plosnato ojačane ploče omotača od silikonske gume, omotanog oko žičane mreže u spiralnoj zavojnici. Protok krvi i plina u smjerovima protustruje unutar silikonskih pluća i izmjene plinova događa se difuzijom preko membrane. Ovaj membranski oksigenator vrlo je učinkovit u razmjeni O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>, ali je potrebno imati različite veličine za podršku pacijentima različite dobi. Za manja pluća od silikonskih membrana potreban je zaseban izmjenjivač topline. Silikonska pluća imaju visoku otpornost na protok što ograničava maksimalni protok krvi koji se inače može dobiti kroz uređaj i čini ih manje prikladnim za uporabu s centrifugalnim pumpama. Po naravi svog dizajna i velike otpornosti silikonski oksigenator je mnogo teže odzračiti, tako da je potrebno više vremena za odzračivanje i teži je za transport. Unatoč tim ograničenjima, Kolobow plućna membrana i valjakasta pumpa služili su potrebama ECMO zajednice desetljećima.

PMP oksigenatori s šupljim vlaknima su iznimno učinkoviti kod izmjene plina i pokazuju minimalno curenje plazme; imaju relativno nisku otpornost na protok krvi i prikladne su za uporabu s centrifugalnim krvnim pumpama (16). Konstrukcija za slaganje šupljih vlakana s plinom unutar i krvi izvan vlakana unutar oksigenatora, korištena tehnika namatanja i uzorak protoka krvi kroz uređaj su ključni čimbenici u smanjenju volumena punjenja. Stvaranjem kompaktnih oksigenatora i optimiziranjem puta protoka krvi, moguće je smanjiti površinu membrane i izmjenjivača topline, čime se smanjuje njegov potencijal za stvaranje tromba i upalna aktivacija. Niski primarni volumen omogućuje korištenje jednog uređaja za sve veličine pacijenata (17). Postoji niz PMP membranskih oksigenatora u komercijalnoj uporabi, uključujući Quadrox-iD (Maquet, Hirrlingen, Njemačka), Hilite LT (Medos, Stolberg, Njemačka), Lilliput 2 (Sorin, Mirandola Modena, Italija) i Biocube (Nipro), Osaka, Japan).

Mnogi od tih uređaja prodaju se u pedijatrijskim i odraslim veličinama; međutim, mnogi centri radije koriste jednu veličinu oksigenatora za sve pacijente. Nove generacije oksigenatora također sadrže integrirani uređaj za izmjenu topline, što omogućuje preciznu kontrolu temperature tijela bez potrebe za dodatnim komponentama (slika 5 i slika 6).



Slika 5. ECMO oksigenator  
Izvor: autor



Slika 6. ECMO oksigenator  
Izvor: [www.resusreview.com](http://www.resusreview.com)

### 3.3. Vaskularne kanile

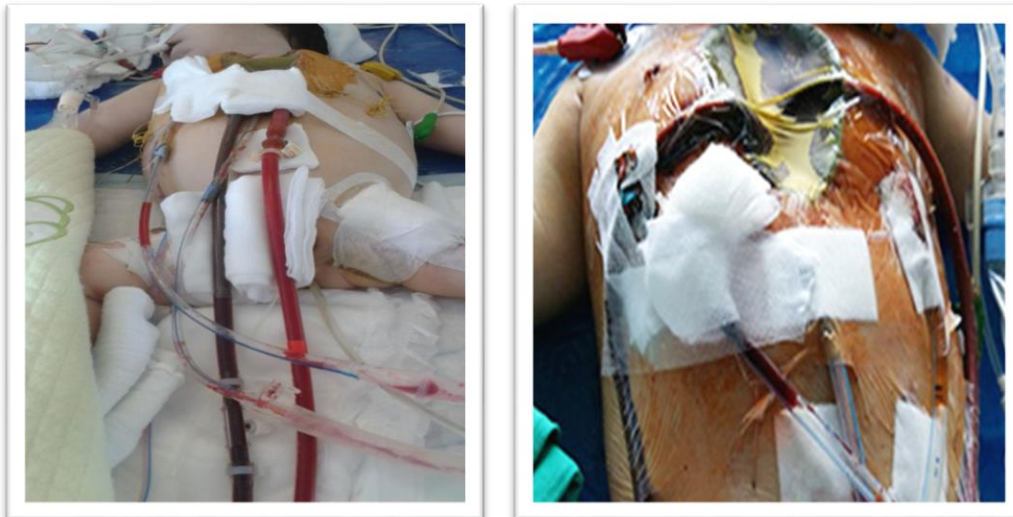
Kao i druge komponente modernog ECMO kruga, vaskularne kanile su podvrgnute značajnim promjenama u dizajnu koje su poboljšale učinkovitost protoka krvi i ukupnu učinkovitost. Trenutno je dostupno nekoliko vrsta kanila u različitim veličinama, s različitim značajkama koje se mogu koristiti za usvajanje strategije kanuliranja koja je prilagođena jedinstvenim zahtjevima pojedinih pacijenata. Kanile s jednim lumenom (slika7) koriste se za osiguranje venskog i arterijskog pristupa za pacijente koji primaju VA ECMO , a kanile sa višestrukim venskim pristupom za pacijente koji primaju VV ECMO. Većina kanila je proizvedena od biokompatibilnog poliuretana, koji može biti obložen heparinskim ili ne-

heparinskim polimerima koji mogu smanjiti aktivaciju trombocita i upalni odgovor na sučelju krvi-kanila (18). Većina kanila proizvodi se s tijelima ojačanim žicom koja su dizajnirana da spriječe okluziju lumena. Osim toga, neki sadrže i upojnu žicu duž duljine stijenke kanile, koja se može koristiti za prilagodbu kuta umetanja i položaja unutar srca kada se koristi tijekom ECMO-a otvorenog prsnog koša.. Ukupna duljina kanile i površina poprečnog presjeka, koji daju inherentnu otpornost na protok krvi, mora se uzeti u obzir tijekom selekcije kanile kako bi se postigla optimalna venska drenaža.

Prema tome, odabir kanile treba se temeljiti na procijenjenoj razini potpore (brzini protoka) koju treba osigurati.

Dvo-lumenske kanile pružaju venovensku potporu preko jednog pristupnog mjesta za žilnu venu. Krv se uklanja iz pacijenta preko jednog lumena i zatim se vraća pacijentu preko manjeg lumena. Trenutno postoje tri komercijalno dostupne dvokomponentne ECMO kanile. OriGen (Austin, TX) dvokomponentna kanila dostupna je u veličinama 12F, 15F i 18F može osigurati izmjenjivanje ekstrakororalnih plinova za pacijente do 12 kg. Pravilno pozicioniranje vrha kanile u blizini donjeg cavoatrialnog spoja nužno je za optimalnu izvedbu kanile. Ispuštanje krvi i povratni otvori su prostorno odvojeni kako bi se smanjila recirkulacija krvi unutar ECMO kruga, što smanjuje ukupnu učinkovitost izmjene plina. Značajno ograničenje OriGen kanile je to što je napravljena od poliuretana koji nije ojačan žicom i koji je nakon umetanja podvrgnut strukturnoj deformaciji. Covidien ECMO (Mansfield, MA) kanila se također proizvodi od poliuretana koji nije ojačan žicom. Dostupan je samo u 14F ukupnom promjeru, ograničavajući njegovu uporabu na neonatalne bolesnike s respiratornim zatajenjem. Avalon (Rancho Dominguez, CA) Bi-Caval dual-lumen kanila izrađena je od silikonskog poliuretanskog polimera ojačanog žicom, koji se odupire strukturnoj deformaciji. Može se umetnuti kroz unutarnju jugularnu venu otvorenim kirurškim ili perkutanim tehnikama. Jedinstvena značajka Avalon kanile je u tome što se, kada se pravilno umetne, distalni vrh stavi u donju šuplju venu, što olakšava istodobno uklanjanje krvi iz gornje i donje vene i vraćanje krvi u desnu pretklijetku. Ehokardiografsko ili fluoroskopsko snimanje je potrebno kako bi se potvrdilo pravilno postavljanje kanile. Avalon kanila je dostupna u veličinama u rasponu od 13F do 31F, što omogućuje da se koristi za potporu novorođenčadi do odraslih. Međutim, u nekim centrima zabilježena je zakašnjela perforacija atrijske stijenke kada se koriste 13F kanile, što može ograničiti uporabu Avalon kanile na stariju dojenčad, djecu i odrasle (19).





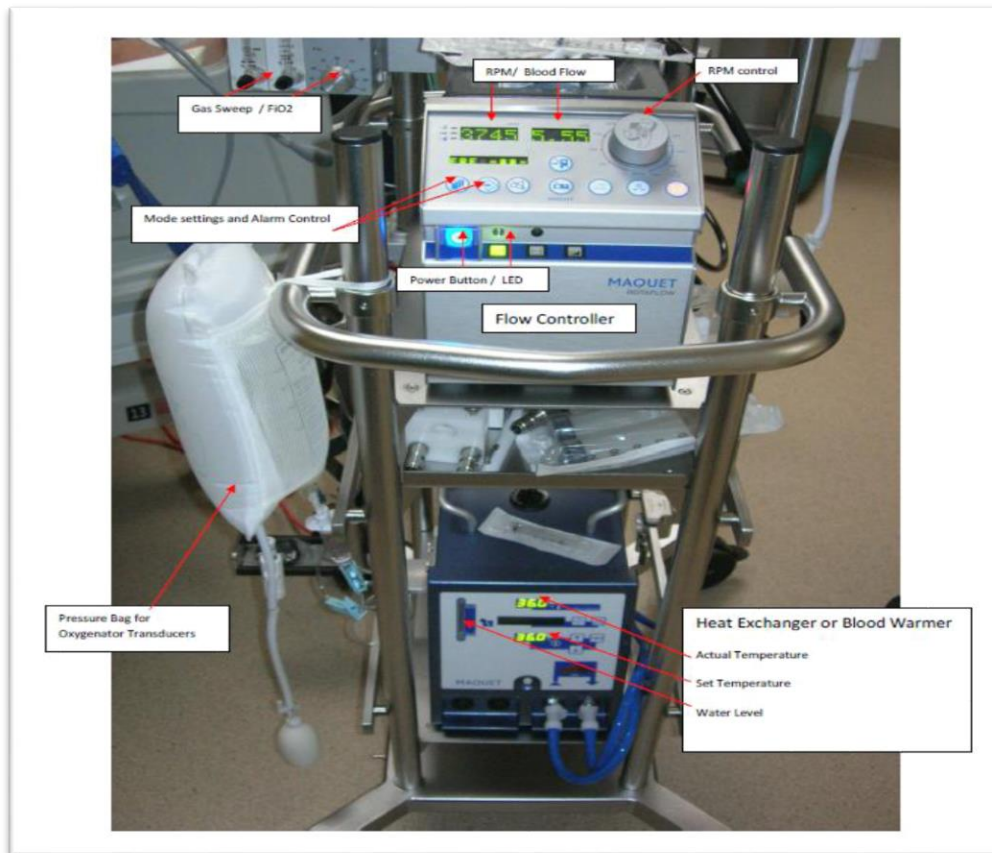
Slika7. ECMO kanile s jednim lumenom

Izvor: autor

### 3.4. ECMO konzola

ECMO konzole koriste se 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 bolesnika na ECMO-u. Uporaba detektora zraka, „bubble detector“ smatra se esencijalnim za sprječavanje zračne embolije. Detektor zraka 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 (slika 8). 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 (20).



Slika 8.: ECMO konzola,

Izvor: Royal Adelaide Hospital. ECMO – Nursing Care and Responsibilities. Str. 12.

### 3.5. Izmjenjivač topline/grijač

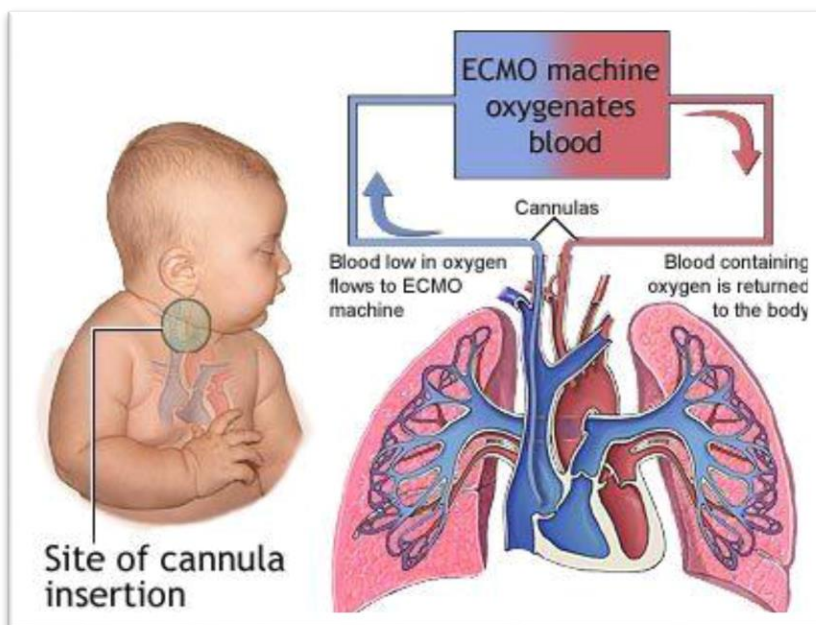
Termoregulacija se postiže grijačem ili izmjenjivačem topline koji može biti integriran u sam ECMO sustav ili dolazi kao dodatni dio što ovisi o samom proizvođaču. Njihova funkcija je da dovedu toplinu u tijelo ili je izvlače iz tijela. Vrlo često bolesnici na ECMO-u su željeno ili ne željeno u hipotermiji upravo radi toga izmjenjivač topline je neizostavan dio.

## 4. Vrste ECMO potpore

Dva su najčešća oblika ECMO potpore: veno-arterijski (VA) ECMO i veno-venski (VV) ECMO. U oba modaliteta, krv koja izlazi iz venskog sustava je oksigenirana izvan tijela. U VA ECMO-u krv se vraća u arterijski sustav, a u VV ECMO krv se vraća u venski sustav. U VV ECMO-u nadomješta se funkcija pluća, a u VA ECMO-u nadomješta se funkcija i srca i pluća.

### 4.1. Venno-venski ECMO

Kod venno-venskih (VV) ECMO-a, kanile se obično stavljaju u desnu zajedničku femoralnu venu za drenažu i desnu unutarnju jugularnu venu za infuziju (slika 9). Alternativno, kateter s dvostrukim lumenom se umeće u desnu unutarnju jugularnu venu, ispuštajući krv iz gornje i donje vene i vraćajući je u desnu pretklijetku (21).



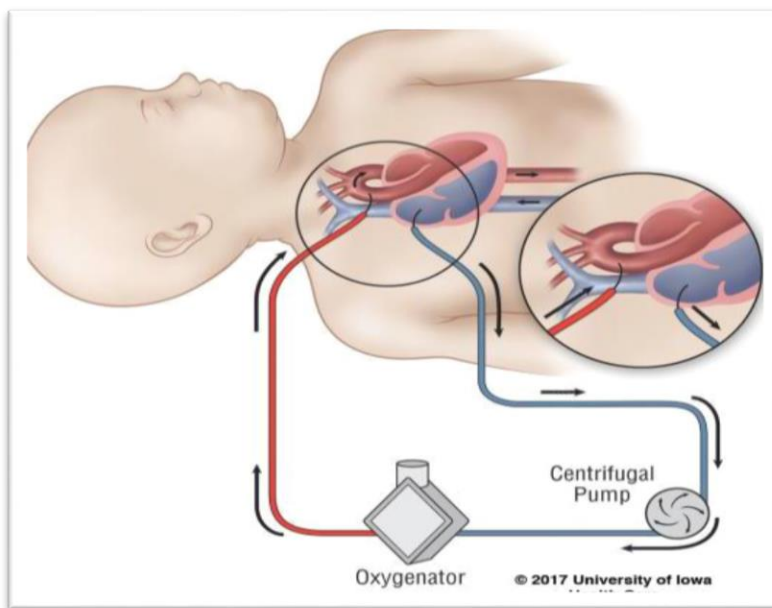
Slika 9: V-V ECMO

Izvor: [www.chd-uk.co.uk](http://www.chd-uk.co.uk)

## 4.2. Veno - arterijski ECMO

Tijekom veno - arterijskog ECMO-a, krv će zaobići srce i pluća. Krv se izvlači iz desne pretklijetke ili vene cave (za drenažu) i vraća se u arterijski sustav ili kroz periferne kanulacije preko femoralne, aksilarne ili karotidne arterije (za infuziju) ili u uzlaznu aortu ako se koristi centralna kanulacija (slika 10).

Femoralni pristup je poželjan za VA ECMO u slučaju hitnog ili kardiogenog šoka jer je unos relativno manje invazivan i brži za uspostavu ECMO-a. Vjerojatnost ishemije ipsilateralnog donjeg ekstremiteta može se smanjiti umetanjem dodatne arterijske kanile distalno u kanilu femoralne arterije (22).



Slika 10: Centralni V-A ECMO

Izvor: [www.uihc.org](http://www.uihc.org)

## 5. Kriteriji za ECMO

Kriteriji se razlikuju za neonatalne ili pedijatrijske pacijente i ovise o tome je li uzrok prvenstveno srčani ili respiratorni. Kriteriji su opći i trebaju biti individualizirani za svakog pacijenta, ocjenjujući rizike i koristi od primjene ECMO-a (23).

Kriteriji za neonatalni i pedijatrijski ECMO su prikazani u tablici 1 :

Annals of cardiothoracic surgery, Vol 8, No 1 January 2019

Table 1 Common indications for ECMO in pediatrics			
Indications	Neonate	Pediatric	
Cardiac	Congenital defect: ❖ Hypoplastic left heart syndrome; ❖ Left ventricular outflow obstruction; ❖ Right ventricular outflow obstruction; ❖ Septal defects	Congenital defect: ❖ Left ventricular outflow obstruction; ❖ Right ventricular outflow obstruction; ❖ Septal defects	
	Cardiomyopathy (bridge to recovery, transplant or long-term MCS)	Cardiomyopathy (bridge to recovery, transplant or long-term MCS)	
	Myocarditis	Myocarditis	
Respiratory	Meconium aspiration syndrome	Pneumonia (viral/bacterial/aspiration)	
	Persistent pulmonary hypertension of newborn/persistent fetal circulation	Acute respiratory distress syndrome	
	Respiratory distress syndrome		
	Congenital diaphragmatic hernia		
	Pneumonia (viral/bacterial/aspiration)		
	Sepsis		
Other indications at any age	Transplantation: ❖ Pre-transplantation as bridge to Tx; ❖ Primary graft dysfunction after heart or lung Tx		
	Elective periprocedural support: ❖ During lung transplantation or tracheal surgery		
	Cardiac arrest from any cause: ❖ Bridge to decision; ❖ Underlying treatable disease		
	Air leak syndrome		
	Failure to wean from CPB		

ECMO, extracorporeal membrane oxygenation; MCS, mechanical circulatory support; Tx, transplant; CPB, cardiopulmonary bypass.

Tablica 1.

## 6. Upravljanje ECMO-m

Početni parametri moraju biti postavljeni tako da omogućuju održavanje normalnog acido-baznog statusa što je u pravilu oko 200 ml/kg/min protoka.. Kada je glavna patologija plućna, VV-ECMO se može koristiti za pomoć pri oksigenaciji i ventilaciji. Bitno je voditi računa o pacijentu u cjelini. Potrebne su česte kontrole plinova u krvi, ECMO kruga, zgrušavanja i bubrežne funkcije, kao i ultrazvuk mozga zbog mogućih intrakranijalnih krvarenja. Pacijenti su sedirani, ali općenito nisu paralizirani, što olakšava neurološko procjenjivanje. U mjeri u kojoj se pacijent poboljšava, podrška ECMO-a se postupno smanjuje. Pacijenti su dekanulirani kada mogu tolerirati minimalnu potporu ECMO-a (10% obilaznica u VA-ECMO) s niskim do umjerenim parametrima mehaničke ventilacije. Liječenje ECMO općenito traje između pet i deset dana za neonatalne bolesnike s respiratornim bolestima, a duže u slučajevima srčanog zatajenja, prosječno 10-12 dana (24).

## 7. Komplikacije

ECMO postupak ima nekoliko rizika od komplikacija zbog upotrebe antikoagulanata i promjena u protoku krvi kao posljedice ozbiljnosti pacijentovog stanja nakon početka ECMO-a. Među najčešćim komplikacijama su.

1. infarkt ili cerebralno krvarenje (9% odnosno 5%),
2. krvarenje (kirurško mjesto 6%, plućni 4%, gastrointestinalni 2%),
3. hemoliza (13%) .
4. arterijska hipertenzija (12%)
5. konvulzije (11%),
6. srčana disfunkcija (miokardijalna 6%, aritmija 4%),
7. hiperbilirubinemija (9%),
8. sepsa (6%),
9. zatajenje bubrega (4%),

Intrakranijalno krvarenje je glavni uzrok smrti tijekom ECMO-a, a pojava konvulzija je znak loše prognoze. Dodatno, postoje komplikacije koje nastaju zbog kvarova strujnog kruga oksigenatora ili druge opreme ECMO-a (24).

## 8. Prognoza pacijenata na ECMO-u

Prema izvješćima Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) post-ECMO preživljavanje među neonatalnim pacijentima varira u skladu s osnovnom bolešću. Među svim respiratornim uzrocima, novorođenčad s sindromom aspiracije mekonija (MAS) imaju najveću stopu preživljavanja: 94% do otpuštanja iz bolnice (24).

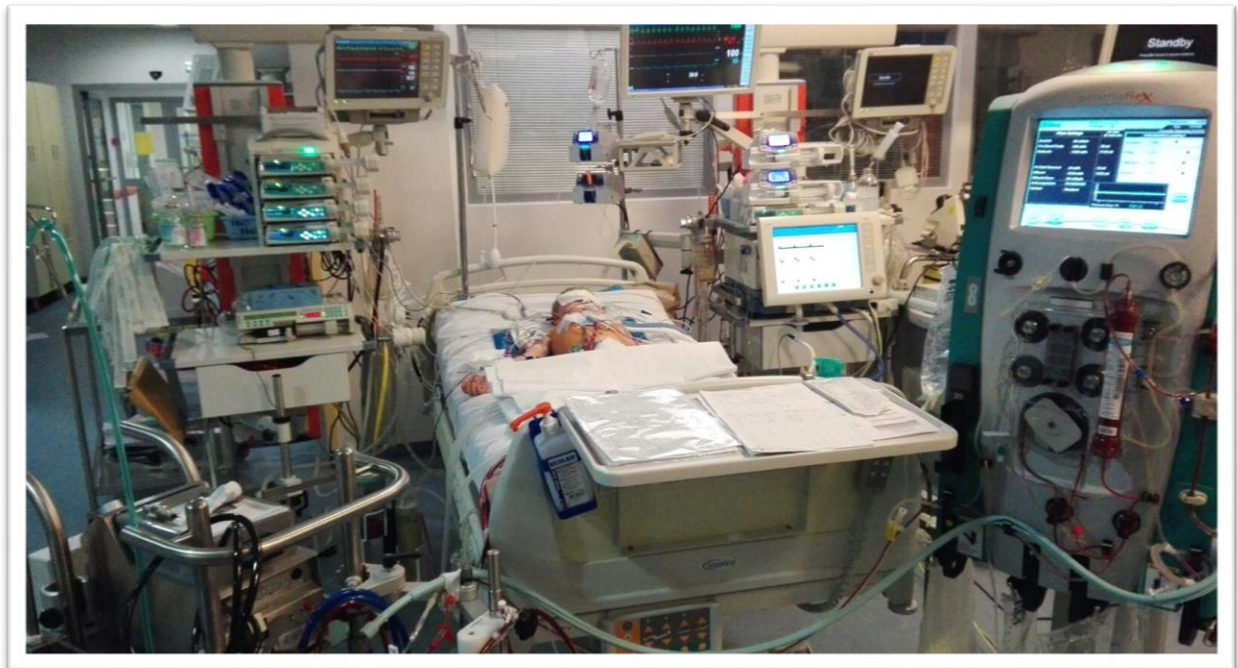
Nasuprot tome, bolesnici liječeni ECMO-om zbog srčanih uzroka imaju nižu stopu preživljavanja, blizu 45%. Stopa preživljavanja pacijenata liječenih ECMO-om zbog kardiomiopatije i miokarditisa iznosi 61% odnosno 51%. Stopa preživljavanja pacijenata koji su postreanimacijski bili na ECMO-u iznosi oko 40%. Pedijatrijski pacijenti koji primaju ECMO zbog srčanih uzroka imaju nešto višu stopu preživljavanja nego neonatalni pacijenti (55% preživljavanje do bolničkog otkaza), ističući stopu preživljavanja do bolničkog otpusta od 72% i 61% za miokarditis i kardiomiopatiju (24,25).

Preživljavanje nakon ECMO-a je niže kod pedijatrijskih pacijenata nego kod neonatalnih pacijenata, iako postoji bolja prognoza u skupini s respiratornom insuficijencijom, posebice bolesnika s aspiracijskom pneumonijom, virusnom upalom pluća i akutnim postoperativnim ili posttraumatskim respiratornim distress sindromom (26,27).



## 9. Uloga medicinske sestre u zbrinjavanju djeteta na ECMO-u

Praćenje i skrb o djeci na ECMO-u je poseban izazov kako za medicinske sestre tako i za ostale članove multidisciplinarnog tima. Evolucija tehnologije i sve veći broj bolesnika liječenih ovom metodom doveli su do potrebe za širenjem baze znanja i vještina. Poznavanje tehničkih karakteristika uređaja postalo je neophodno, ali to znanje nesmije biti usmjereno samo prema funkcionalnim aspektima uređaja već se mora poznavati utjecaj ove metode liječenja na fiziologiju bolesnika (28,29). Briga o tim pacijentima ovisi o osnovnoj bolesti, ali nije ograničena na nju već i na srodne bolesti, trenutno kliničko stanje, dob bolesnika, razinu kliničke stabilnosti i tipu potrebne potpore (30). Kontinuiranom procjenom bolesnikova općeg stanja i prikupljanjem i bilježenjem podataka, medicinska sestra-tehničar ima uvid u stanje bolesnika, te je apsolutno samostalna u provođenju zdravstvene njege u skladu sa svim pravilima struke (slika 11).



Slika 11. Pacijent na ECMO-u

Izvor: autor

## 9.1. Procjena kardiovaskularnog sustava

### 9.1.1. Krvni tlak

Praćenje krvnog tlaka može biti izazov za pacijente koji su na ECMO-u. Primjena arterijskih linija je standard kod ovih pacijenata. Ukoliko postoji barem umjereni pulsirajući protok s razumnom ventrikulskom funkcijom arterijska krivulja će biti relativno normalna. U slučaju kada nema ventrikulske funkcije ili je ona slaba arterijska linija biti će ravna, ali ćemo ipak moći očitati srednji arterijski tlak (slika 12). Promjene vrijednosti krvnog tlaka u vidu hipotenzije mogu nam biti pokazatelji gubitka krvi ili smanjenog protoka kroz pumpu dok hipertenzija može biti povezana s preopterećenjem volumenom ili nekim drugim uzrocima. Određivanje adekvatne potpore tlaku postiže se procjenom hemodinamskog statusa, vitalnih znakova, kapilarnog punjenja, topline i boje ekstremiteta, mokrenja i neurološkog statusa (31,32,33).



Slika 12 : Monitoring srednjeg art. tlaka

Izvor: autor

### **9.1.2. Centralni venski tlak (CVP)**

CVP je najjednostavniji način procjene statusa intravaskularnog volumena. Nizak CVP u kombinaciji s smanjenim protokom znak je za nadoknadu volumena. Visok CVP u kombinaciji sa smanjenim protokom može biti znak tamponade perikarda, insuficijencije desnog srca ili smanjenog plućnog protoka. Visok CVP sa normalnim protokom ukazuje na hipervolemiju i treba ga liječiti diureticima ili hemofiltracijom.

### **9.1.3. Pulsna oksimetrija**

Pulsna oksimetrija je općenito nepouzdana zbog odsutnosti pulsog protoka kod pacijenata na punom protoku ECMO-a.

### **9.1.4. Procjena uređaja**

Poznavanje funkcionalnosti komponenata uređaja i tehnike rješavanja problema dio su svakodnevne brige o tim pacijentima. Principi koji se koriste za procjenu uređaja su isti kao oni koji se koriste za procjenu pacijentovog srčanog i / ili plućnog sustava. Alati koji se koriste su vizualni, taktilni i slušni. Na primjer, vizualne i taktilne provjere mogu nam otkriti probleme u vidu neadekvatnog punjenja ili opstrukcije kruga. Vizualni pregled uređaja i njegovih komponenti može pružiti vrijedne informacije vezane uz volumni status, gubitak krvi ili stvaranje ugrušaka. Slušne i taktilne provjere mogu otkriti vibracije ili stvaranje ugruška u glavi pumpe (34). Vizualna provjera potrebnih komponenti za hitne slučajeve također je važan dio redovitih procjena. Rješavanje problema s uređajem uključuje ispitivanje svih vanjskih dijelova, uključujući crpke, kanile, sklopove, vodove, izvore energije i otkrivanje bilo kakvih promjena u funkciji. Promjene u protoku pumpe mogu biti posljedica komplikacija povezanih s promjenom dinamike protoka / tlaka, disfunkcijom miokarda, tamponadom nedovoljnim intravaskularnim volumenom, vaskularnim oštećenjem ili kvarom komponenti sustava (35–38).

### 9.1.5. Zdravstvena njega

Pacijenti na ECMO-u zahtijevaju inotropnu potporu u obliku intravenskih infuzija (slika 13). Medicinske sestre moraju biti upoznate s dostupnim intravenoznim pristupima koje pacijent ima i moraju osigurati da svi intravenski kateteri, infuzijske pumpe rade ispravno. Ispravno doziranje inotropnih lijekova treba biti prioritet u svakom trenutku.



Slika13: Primjena inotropne potpore

Izvor: autor

Procjena pacijenta mora biti kontinuirana kako bi se utvrdilo da li pacijent adekvatno reagira na inotropne lijekove. Kontinuirano praćenje rada srca i česta procjena elektrokardiograma (EKG), ritma, tonova srca, vrijeme kapilarnog punjenja, perifernih pulseva, boje, znakovi edema. Nužno je praćenje srednjeg arterijskog krvnog tlaka budući da pri punom protoku niti nemamo arterijske krivulje. Također je nužno procjenjivati povrat pulsacije kod smanjenja parametara i povećanja kontraktilnosti miokarda, tlak u lijevom atriju (LAP) i tlak u plućnoj arteriji (PAP). Upotreba infracrvene spektroskopije (NIRS-a ) je

nužna kako bi na vrijeme mogli prevenirati eventualne negativne postoperativne učinke na perfuziju i oksigenaciju mozga (39) (slike 14 i 15).



Slika 14: Monitor za mjerenje NIRS-a  
Izvor: autor



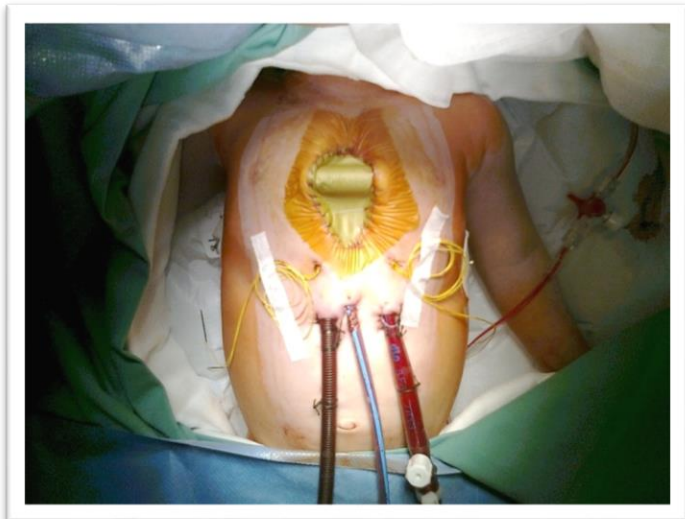
Slika 15: NIRS elektroda  
Izvor: autor

## 9.2. Pocjena dišnog sustava

Najčešći pristup u zbrinjavanju respiratornog statusa je „odmor“ pluća, otvoreni sternum i dobra respiratorna njega. Pacijent je tijekom ECMO-a intubiran i ventiliran ali na minimalnim parametrima na respiratoru. Parametri respiratora su individualno prilagođeni, ali obično uključuju PIP manje od 35 cm H<sub>2</sub>O, PEEP 8-12 cm H<sub>2</sub>O i FiO<sub>2</sub> od 0.20 – 0.40, frekvencija disanja 5 -10 udisaja /min sa tidal volumenom od 8 ml/kg. Pacijenti obično nisu relaksirani i omogućeno im je spontano disanje kako bi se održao tonus respiratornih mišića (40).

### 9.2.1. Zdravstvena njega dišnog sustava

Zdravstvena njega dišnog sustava je individualno prilagođena ovisno o osnovnoj bolesti djeteta i trenutnom stanju. Pacijenti uglavnom imaju otvoreni sternum i endotrahealno su intubirani (slika 16).



Slika 16: Otvoreni sternum

Izvor: autor

Procjena disanja sadrži procjenu volumena udaha, frekvencije disanja i odizanje prsnog koša. Vrlo je važno redovito praćenje plinova u arterijskoj krvi, praćenje postavki parametara na respiratoru, rendgenska snimka pluća. Medicinska sestra odgovorna je za sigurnost dišnog puta redovitim fiksiranjem endotrachealnog tubusa. Prohodnost dišnog puta održava se redovitim aspiracijama tubusa koje su individualno prilagođene i provode se u aseptičnim uvjetima. Preporuka je korištenje zatvorene tehnike aspiracije (slika 17).



Slika 17: Zatvorena aspiracija

Izvor: autor

### 9.3. Tekućine, bubrežna funkcija i elektroliti

Djeca koja su tijekom operacije bila na aparatu za izvantjelesni krvotok vrlo često razviju sindrom kapilarne propusnosti koji dovodi do generaliziranih edema. To se dešava zbog sistemske endotoksemije uzrokovane upotrebom izvantjelesnog krvotoka koji dovodi do upalnog odgovora organizma aktivacijom citokina (41).

Treba kontinuirano pratiti i dokumentirati (lista bilance tekućine) ulaz i izlaz tekućine. Mjerenja unosa uključuje razrjeđenja lijekova, propiranja, administracija volumena, krvnih pripravaka i unosa hrane. Mjerenja izlaza uključuje izlaz putem urina, stolice, gubitke po drenovima, povraćanje. Mokrenje mjerimo svaki sat pomoću satne diureze koja je spojena na urinarni kateter. Minimalna količina urina je 1 ml/kg/h. Pacijenti sa smanjenim srčanim izbačajem vrlo često imaju i smanjenu bubrežnu funkciju koja rezultira smanjenim mokrenjem i nakupljanjem edema. Cilj je da 24- satni odnos ulaza i izlaza tekućine bude jednak ili blago negativan. Bitnu ulogu ima primjena različitih diuretika i uporeba različitih metoda akutnog nadomještaja bubrežne funkcije (slika18).

Vrijednosti koncentracija elektrolita natrija, kalija, kalcija i magnezija provjeravaju se laboratorijski svaka 4 sata. Njihove vrijednosti moraju biti unutar granica normale kako bi se održala normalna srčana funkcija. U slučaju da su vrijednosti elektrolita ispod ili iznad granica normale, laboratorij ponavljamo nakon korekcije istih.



Slika 18: Satna diureza

Izvor: autor

## 9.4. Prehrana

U liječenju neonatoloških i pedijatrijskih pacijenata na ECMO-u prehrana ima vrlo važnu ulogu. Glavni problem je kako optimizirati prehranu. Budući da tijekom prvih dana trajanja ECMO potpore nije moguće hranjenje djeteta putem nazogastrične sonde, primjenjuju se infuzijske otopine lipida i aminokiseline obogaćene vitaminima i mineralima prema energetske potrebama djeteta. Iako je totalna parenteralna prehrana još uvijek metoda izbora ona često nije potrebna kada su pacijenti stabilni. Smjernice Američkog društva za parenteralnu i enteralnu prehranu te smjernice za neonatalni ECMO kažu da je potrebno započeti sa enteralnom prehranom čim je pacijent stabilan zbog sprječavanja translokacije bakterija iz gastrointestinalnog sustava i održavanje istog u funkciji (42).

Ukoliko pacijent ne podnosi želučano hranjenje potrebno mu je postaviti gastrojejunalnu sondu. Sve više pacijenata je tijekom ECMO-a ekstubirano te se njima može početi davati hrana oralno.

Medicinska sestra mora svakodnevno provjeravati položaj nazogastrične ili jejunalne sonde. Prema protokolu mijenjati sondu. Toleriranje hranjenja procijeniti praćenjem količine učestalosti i izgleda stolice, evidentiranjem povraćanog sadržaja, mjerenjem opsega abdomena, redovitim kontrolom laboratorijskih nalaza.

## 9.5. Kontrola zgrušavanja

Budući da kontakt krvi sa stranom površinom ECMO kruga dovodi do brzog stvaranja trombina javlja se potreba za sistemskom antikoagulacijom. Zbog svoje široke primjene heparin je dominantni antikoagulant koji se koristi tijekom ECMO-a. Heparin ubrzava djelovanje antitrombina i inhibira formirani trombin te faktor Xa. Heparin se može primijeniti intravenozno, ima trenutni početak djelovanja i ako je potrebno njegovo djelovanje može se inhibirati primjenom protamina (43). Heparin je potrebno koristiti prilikom uvođenja ECMO-a u dozi 50-100 jedinica/kg kao bolus doza. Ta se doza može titrirati ovisno o stanju koagulacijskog sustava i prijašnjim krvarenjima. Nakon toga slijedi kontinuirana infuzija heparina u rasponu od 10-20 jedinica/kg/h. Kako bi doza heparina bila prilagođena potrebno je pratiti razinu heparina (zlatni standard), razinu antitrombina u krvi te mjeriti aktivirano vrijeme zgrušavanja (activated clotting time: 180-200 sec) (44).



U nekim slučajevima heparin može dovesti do heparinom inducirane trombocitopenije (HIT), što predstavlja ozbiljni problem i zahtijeva primjenu alternativne antikoagulacijske terapije. ACT je pretraga koja se provodi uz krevet djeteta i najbrža je metoda određivanja komponenta koagulacije. Ovisno o izmjerenoj vrijednosti, uključuje se kontinuirana primjena heparina putem perfuzora direktno u ECMO sustav, a brzina se mijenja ovisno o vrijednosti ACT-a. Medicinska sestra će iz arterijskog katetera aspirirati 1 ml krvi i uzorak staviti u epruvete predviđene za ACT aparat koji će zatim očitati vrijednost, a liječnik će odlučiti koja je brzina heparina potrebna za sprječavanje zgrušavanja krvi u sustavu. Potreban je poseban oprez pri izračunavanju brzine heparina budući postoji mogućnost krvarenja u glavu.



Slika 19: ACT aparat

Izvor: autor

## 9.6. Kontrola živčanog sustava

Vrlo je važno pratiti stanje živčanog sustava budući su komplikacije vezane za živčani sustav, kao što su hipoksija, acidoza i krvarenje, uglavnom ireverzibilne. Preporuča se izbjegavanje paralitičnih sredstava i provođenje redovitih neuroloških pregleda. Ako je moguće, ultrazvuk glave je potrebno učiniti prije početka uspostave ECMO sustava. Ponovna procjena se provodi svakodnevno, a osobito nakon bilo kojeg većeg događaja (45).

Prema najnovijem izvještaju ELSO registra cerebralno krvarenje je vjerojatno najveća komplikacija ECMO-a. Intrakranijalno krvarenje se javlja u oko 10% pacijenata (6% u respiratornom i 5% srčanom ECMO-u) s višim postotkom krvarenja u novorođenčadi.

Mnogi pedijatrijski pacijenti su kanulirani u vratu (kao što je unutarnja jugularna i karotidna vena), čime se može povećati rizik od komplikacija središnjeg živčanog sustava. Cerebralna embolija općenito nastaje iz ugruška ECMO kruga, koji lako može proći u luk aorte i potom

putovati do cerebralne vaskulature. Napadaji, bilo klinički ili subklinički su najčešća komplikacija, osobito u neonatalnoj populaciji (46).

Skrb svih pacijenata na ECMO-u mora uključivati sveobuhvatnu neurološku procjenu, koja uključuje procjenu veličine zjenica i odgovora na svjetlo, odgovor na bol, ili bilo koji drugi dokaz o emboličnom ili hemoragičnom moždanom udaru. Redovita procjena stanja svijesti korištenjem Glasgow koma skale (GCS), kontrola veličine i punjenosti fontanele. Potrebno je izbjegavati hipotermiju/ hipertermiju. Tijekom hipotermije mogu se pojaviti različite komplikacije kao što su drhtanje (koje ubrzava metabolizam i pojačava proizvodnju topline), aritmije, poremećaji elektrolita (hipofosfatemija, hipokalijemija, hipomagnezemija i hipokalcijemija), smanjena inzulinska osjetljivost i sekrecija inzulina, hiperglikemija, oslabljen imunološki sustav i pojačan stupanj infekcija (47). Iznimno je važno da medicinska sestra posjeduje znanje i vještine kako bi na vrijeme prepoznala eventualnu pojavu komplikacija i sukladno tome, na vrijeme reagirala.

## **9.7. Kontrola infekcije**

Jedan od najtežih problema s kojim se suočavaju pacijenti na ECMO-u je pojava infekcija. Zbog velikog broja raznih intravaskularnih katetera, invazivnih postupaka i oslabljenog imunološkog sustava ovi pacijenti su iznimno osjetljivi na nastanak infekcija. Sepsu se vrlo teško može identificirati budući da je tjelesna temperatura održavana aktivnim izmjenjivačem topline, tipični markeri infekcije kao što je C-reaktivni protein i prokalcitonin (PCT) su nepouzdana.

Medicinska sestra ima veliku ulogu u sprječavanju infekcije. Prije svakog kontakta s djetetom potrebno je mehanički oprati ruke i dezinficirati ih nekim od alkoholnih sredstava ovisno o odjelnom protokolu. Obavezna je upotreba zaštitnih rukavica kada se očekuje kontakt s izlučevinama, a prije svake primjene terapije putem centralne vene i aspiracije krvi za laboratorijske pretrage iz centralnog arterijskog katetera, potrebno je konektore dezinficirati 70%-tnim alkoholom (slika 20). Isto tako, medicinska sestra je odgovorna za izgled ulaznih mjesta svih centralnih i perifernih linija, izgled operativne rane i okoline

djeteta. Previjanje centralnih venskih i arterijskih linija provodi se svakih 48 sati, a po potrebi i češće ukoliko je prekrivka vlažna ili ne prijanja dobro uz kožu. Ukoliko se ulazna mjesta prekriju sa transparentnom pokrivkom, previja se svakih 7 dana, osim u slučaju vlage i onečišćenja ulaznog mjesta. Jedna od važnih uloga medicinske sestre je i edukacija ostalog zdravstvenog osoblja i roditelja o pravilnoj higijeni ruku budući se infekcija najčešće prenosi kontaminiranim rukama. Na svakom bolničkom odjelu su na vidljivom mjestu postavljeni plakati o higijeni ruku, a koje se moraju pridržavati cjelokupno zdravstveno osoblje i roditelji, naročito u jedinicama intenzivnog liječenja.

Prilikom svakog pristupa centralnim venskim i arterijskim linijama konektori se dezinficiraju 70%-tnim alkoholom. Prisutnost infekcije prati se mikrobiološkim analiziranjem kulture iz ECMO kruga barem jednom dnevno, te analizom ostalih kultura u koje se ubrajaju hemokultura iz centralnog venskog katetera, centralnog arterijskog katetera, aspirat endotrahealnog tubusa, urinokultura te brisevi prepona i pazuha (48).



Slika 20: Sprječavanje infekcije

Izvor: autor

## 9.8. Sprječavanje oštećenja kože

Za kritično bolesnu djecu oštećenje kože razvija se kao posljedica djelovanja raznih unutarnjih i vanjskih čimbenika. Djeca na ekstrakorporalnoj membranskoj oksigenaciji su zbog težine bolesti, ograničenih mogućnosti promjene položaja i slabijeg nutritivnog statusa

podložni nastanku oštećenja kože, posebno na leđima, okcipitalnom dijelu glave i predilekcijskim mjestima (lopatica, gležnjevi, laktovi).

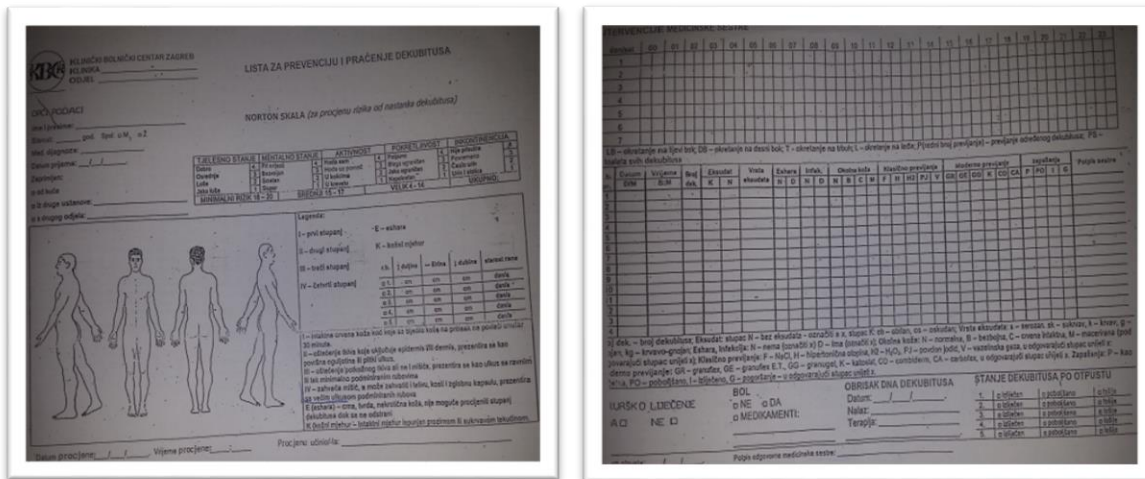
Njega kože uključuje praćenje sistemske perfuzije, unosa tekućine, izlučivanje mokraće, kontrolu temperature, praćenje nutritivnog statusa, respiratorne funkcije i mjesta vaskularnih pristupa. Upotreba raznih pomagala pomaže u sprječavanju oštećenja kože (Slika 21). Zbog nemogućnosti promjene položaja, medicinska sestra će dijete smjestiti na antidekubitalnu podlogu koja će svojim geliranim sastavom smanjiti rizik od nastanka oštećenja kože na način da će ublažiti pritisak tkiva na podlogu (59).



Slika 21: Antidekubitalna podloga

Izvor: autor

Medicinska sestra će na predilekcijska mjesta postaviti dodatne zaštitne podloge i koliko je god moguće, odignuti ekstremitete od podloge. Koža djeteta se održava čistom i njeguje dječjim kremama. Svaka pojava crvenila se karakterizira kao prvi stupanj dekubitusa i potrebno je djelovati kako bi se spriječila progresija na druge stupnjeve, a sve je potrebno evidentirati na listu za praćenje dekubitusa (Slika22). Stanje kože procjenjuje se na početku liječenja i provodi se svakodnevno.



Slika 22: Antidekubitalna lista

Izvor: autor

## 9.9. Kontrola boli, analgezija i sedacija

Kontrola boli je vrlo važna za skrb o djeci na ECMO-u. Pacijent je obično na kontinuiranoj infuziji benzodijazepina. Najčešće se primjenjuje Midazolam zbog svojih dobrih svojstava- brzog početka i kratkotrajnog djelovanja. Osim toga za sedaciju se također mogu koristiti i opiodi (Morfij i Fentanyl). Ponekad je potrebno koristiti i miorelaksanse u bolusu ili kontinuiranoj infuziji (50).

Uloga medicinske sestre je u svakodnevnom procjenjivanju boli koristeći odgovarajuće skale za procjenu boli te primjeni odgovarajućih lijekova za sprječavanje boli. Ukoliko je pacijent relaksiran vrlo je važna njega očiju korištenjem odgovarajućih lubrikanata kako bi se spriječilo oštećenje rožnice.

Najnoviji trendovi ipak idu u smjeru smanjenja sedacije kako bi se omogućilo spontano disanje, aktivno sudjelovanje u njezi te interakcija sa roditeljima.

## 9.10. Potpora roditeljima

Tijekom akutne faze djetetove bolesti vrlo je velik emocionalni stres, strah i tjeskoba koju roditelji prolaze.. Ti osjećaji mogu dovesti do depresije koja može ugroziti fizičko zdravlje samih roditelja.

Izuzetno je važna psihička potpora roditeljima kako bi se što lakše nosili sa nastalom situacijom. Također je važno uspostaviti dobar odnos i dobru komunikaciju između roditelja i zdravstvenih djelatnika.

Osim stručne pomoći od strane psihologa roditeljima, vrlo je važna uloga medicinskih sestara budući da su one najviše u kontaktu sa pacijentima i njihovim roditeljima. Roditeljima je potrebno objasniti šta se sve od medicinske opreme i monitoringa nalazi kod djeteta, objasniti im koje će se sve medicinski postupci odvijati kod njihovog djeteta te ih poticati na postavljanje pitanja ukoliko imaju kakvih nejasnoća. Medicinska sestra će uspostaviti kontakt sa ostalim stručnim osobama ( psiholozima, socijalnim radnicima, svećenicima..) koji bi mogli biti od pomoći roditeljima (51,52).

## 10. Odvajanje od ECMO-a

Postupak odvajanja od izvantjelesne membranozne oksigenacije počinje kada se uspostavi zadovoljavajuća funkcija srca i/ili pluća što se procijenjuje poboljšanim parametrima srčanog rada (vrijednosti arterijskog tlaka, srčana frekvencija), povlačenjem znakova upale, poboljšanjem radiografskih nalaza pluća, poboljšanjem ultrazvučnih parametara srčane funkcije i oporavkom izmjene plinova u plućima (53) (Slika 23).



Slika 23: Odvajanje od ECMO-a

Izvor: autor

## 11. Zaključak

Izvantjelesna membranozna oksigenacija je postupak izvantjelesne cirkulacijske ili respiracijske potpore tijekom kojeg se s pomoću posebnog uređaja venska krv odvodi iz organizma, oksigenira i zatim vraća u organizam. Cilj joj je zadovoljavajuća opskrba tkiva kisikom i odstranjivanje ugljikova dioksida u bolesnika s teškim oblicima zatajivanja rada srca ili pluća, kada su konvencionalne metode liječenja neuspješne. Dijeli se na veno venski, koji se koristi u respiratornom zatajenju kada je očuvana srčana funkcija, i veno arterijski koji se koristi kod kardiopulmonalnog zatajenja. Postupak se provodi na način da se u velike krvne žile postave kanile; jedna služi za odvođenje krvi iz organizma koja zatim prolazi kroz ECMO krug do krvne pumpe koja je u ulozi srca i oksigenatora koji je u ulozi pluća, a zatim se kroz drugu kanilu vraća u organizam.

U zbrinjavanju ovako zahtjevnih pacijenata vrlo je važan multidisciplinarni pristup gdje svi članovi tima moraju biti dobro educirani iz područja koje obavljaju. Za uspješno liječenje vrlo je važna komunikacija unutar članova tima. U multidisciplinarnom timu značajnu ulogu imaju medicinske sestre koje osim medicinskog znanja moraju poznavati i tehničke karakteristike svih metoda liječenja kako bi na vrijeme mogle reagirati i spriječiti komplikacije koje za pacijenta mogu biti po život opasne.



## 12. Literatura:

1. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR, Huxtable RF, Haiduc NJ, Fong SW. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1976;22:80–93.
2. J.D. Fortenberry, R. Lorusso The history and development of extracorporeal support T.V. Brogan, L. Lequier, R. Lorusso, G. MacLaren, G. Peek (Eds.), *Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book*, ELSO, Ann Arbor, Michigan. 2017;1-15.
3. D.A. Murphy, et al., Extracorporeal membrane oxygenation-hemostatic complications *Transfus. Med. Rev.* 2015;29(2):90-101.
4. P.P. O'Rourke, et al., Extracorporeal membrane oxygenation and conventional medical therapy in neonates with persistent pulmonary hypertension of the newborn: a prospective randomized study *Pediatrics*. 1989;84(6):957-963.
5. Gibbon JH Jr. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*. 1954;37(3):171-85.
6. Lillehei CW. A personalized history of extracorporeal circulation. *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1982;28:5-16.
7. Kirklin JW, Donald DE, Harshbarger HG, et al. Studies in extracorporeal circulation. I. Applicability of Gibbon-type pump-oxygenator to human intracardiac surgery: 40 cases. *Ann Surg*. 1956;144(1):2-8.
8. Rashkind WJ, Freeman A, Klein D, Toft RW. Evaluation of a disposable plastic, low volume, pumpless oxygenator as a lung substitute. *J Pediatr*. 1965;66:94-102.
9. Dorson W Jr, Baker E, Cohen ML, et al. A perfusion system for infants. *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1969;15:155-60.
10. Baffes TG, Fridman JL, Bicoff JP, Whitehill JL. Extracorporeal circulation for support of palliative cardiac surgery in infants. *Ann Thorac Surg*. 1970;10(4):354-63.
11. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR, Huxtable RF, Haiduc NJ, Fong SW. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1976;22:80-93.
12. Pellegrino, Hockings, Davies. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiovascular failure. *Current opinion*. 2014;20(5):484-92.

13. Mendler N, Podecht F, Feil G, Hiltmann P, Sebening F. Seal-less centrifugal blood pump with magnetically suspended rotor: rot-a-flot. *Artificial Organs*. 1995;19(7):620–4.
14. Lawson DS, Ing R, Cheifetz IM, et al. Hemolytic characteristics of three commercially available centrifugal blood pumps. *Ped Crit Care Med*. 2005;6:573–577.
15. Kolobow T, Bowman RL. Construction and evaluation of an alveolar membrane heart lung. *Trans Am Soc Artif Intern Organs*. 1963;9:238–245.
16. Horton S, Thuys C, Bennett M, Augustin S, Rosenberg M, Brizard C. Experience with the JostraRotaflow and QuadroxD oxygenator for ECMO. *Perfusion*. 2004;19:17–23.
17. Peek GJ, Killer HM, Reeves R, Sosnowski AW, Firmin RK. Early experience with a polymethyl pentene oxygenator for adult extracorporeal life support. *ASAIO J*. 2002;48(5):480–2.
18. Mangoush O, Purkayastha S, Haj-Yahia S, et al. Heparin-bonded circuits versus nonheparin-bonded circuits: an evaluation of their effect on clinical outcomes. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;31:1058–69.
19. Rais-Bahrami K, Walton DM, Sell JE, Rivera O, Mikesell GT, Short BL. Improved oxygenation with reduced recirculation during venovenous ECMO: comparison of two catheters. *Perfusion*. 2002;17:415–9.
20. Tevæarai 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.
21. Wang, Dongfang; Zhou, Xiaoqin; Liu, Xiaojun; Sidor, Bill; Lynch, James; Zwischenberger, Joseph B. „ Wang- Zwische Double lumen Cannula- Toward a percutaneous and ambulatory paracorporeal artificial lung“. *ASAIO Journal*. 2008;54(6):606-11.
22. Madershahian N, Nagib R, Wippermann J, et al. A simple technique of distal limb perfusion during prolonged femoro-femoral cannulation. *J Card Surg*. 2006;21:168-9.
23. Bohn D. Acute hypoxic respiratory failure in children. In: Annich GM, Lynch W, MacLaren G, Wilson JM, Bartlett RH, editors. *ECMO: extracorporeal cardiopulmonary support in critical care*. 4th ed. Ann Arbor, Michigan: Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). 2012;41-72.

24. ELSO Data Registry. ECMO Registry of the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO). Ann Arbor: University of Michigan; 2016. Available from: <http://www.elseo.org>
25. Paden ML, Rycus PT, Thiagarajan RR. Update and outcomes in extracorporeal life support. *Semin Perinatol.* 2014;38:65-70.
26. Zabrocki LA, Brogan TV, Statler KD, Poss WB, Rollins MD, Bratton SL. Extracorporeal membrane oxygenation for pediatric respiratory failure: survival and predictors of mortality. *Crit Care Med.* 2011;39:364-70.
27. Smalley N, MacLaren G, Best D, Paul E, Butt W. Outcomes in children with refractory pneumonia supported with extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med.* 2012;38:1001-7.
28. Van Meurs KP (Ed): ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. Third Edition. Ann Arbor, MI, Extracorporeal Life Support Organization, 2005.
29. Annich G, Lynch W, MacLaren G, et al: ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. Fourth Edition. Ann Arbor, MI, Extracorporeal Life Support Organization, 2012.
30. Conrad SA, Dalton HJ: Extracorporeal life support. In: Roger's Textbook of Pediatric Intensive Care. Fourth Edition. Nichols DG (Ed.). Philadelphia, PA, Lippincott Williams & Wilkins, 2008;544–563.
31. O'Shea G: Ventricular assist devices: What intensive care unit nurses need to know about postoperative management. *AACN Adv Crit Care* 2012;23:69–83.
32. Litton KA: Demystifying ventricular assist devices. *Crit Care Nurs Q* 2011;34:200–207.
33. Christensen DM: Physiology of continuous-flow pumps. *AACN Adv Crit Care* 2012; 23:46–54.
34. Pike NA, Klee LA, Zemetra BA: Mechanical support of cardiopulmonary function: Extracorporeal membran oxygenation, ventricular assist devices, and the intraaortic balloon pump. In: *Nursing of the Critically Ill Child.* Hazinski MF (Ed.). St. Louis, MO, Elsevier Mosby, 2013;155–184.
35. O'Shea G: Ventricular assist devices: What intensive care unit nurses need to know about postoperative management. *AACN Adv Crit Care* 2012;23:69–83.

36. Litton KA: Demystifying ventricular assist devices. *Crit Care Nurs Q* 2011;34:200–207.
37. Christensen DM: Physiology of continuous-flow pumps. *AACN Adv Crit Care* 2012; 23:46–54.
38. Christensen DM: Extreme heart makeover: Understanding mechanical circulatory support. *nursing*. 2008;38:48–53.
39. Aronson LA, Spaeth JP. Frontiers in pediatric anesthesia: cardiac anesthesia. *INT Anesthesiol*. 2006;44(1):33-49.
40. Keszler M, Subramanian S, Smith VA, et al: Pulmonary management during extracorporeal membrane oxygenation, *Crit Care Med*. 1989;17:495-500.
41. Cooper DS, Nichter MA. Advances in cardiac intensive care. *Curr Opin Pediatr*. 2006; 18(5):503-511.
42. Jaksic T, Hull MA, Modi BP, et al, American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (A.S.P.E.N.) Board of directors. Clinical guidelines: nutrition support of neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2010;34(3):247-53.
43. Hirsh J, Raschke R. Heparin and Low-Molecular-Weight Heparin: The Seventh ACCP Conference on Antithrombotic and Thrombolytic Therapy. *Chest* 2004;126:188S-203S.
44. Billie Lou Short, Lisa Williams, *ECMO Specialist Training Manual*, third edition, 2010;1-271.
45. Vidmar I, Primožić J, Kalan G, Grosek Š. Extracorporeal membranous oxygenation (ECMO) in neonates and children – experiences of a multidisciplinary paediatric intensive care unit. *Signae Vitae*; 2008;3(1):17-21.
46. Tian F, Jenks C, Potter D, et al. Regional cerebral abnormalities measured by frequency domain near-infrared spectroscopy in pediatric patients during extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J* 2016.
47. Maričić T, Bedeničić D. Inducirana hipotermija – prikaz slučaja. *Cardiologia Croatica*. 2014;9(9-10):474.
48. O'Grady N P, Alexander M, Burns L A, Dellinger P, Garland J, Heard S O (et al). Guidelines for the Prevention of Intravascular Catheter-Related Infections. *CDC*; 2011.

49. Schindler CA, Mikhailov TA, Kuhn EM, et al: Protecting fragile skin: Nursing interventions to decrease development of pressure ulcers in pediatric intensive care. *Am J Crit Care*. 2011; 20:26–34.
50. Anderson BJ, Palmer G. Recent developments in the pharmacological management of pain in children. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2006;19(3):285-292.
51. Pike NA, Klee LA, Zemetra BA: Mechanical support of cardiopulmonary function: Extracorporeal membrane oxygenation, ventricular assist devices, and the intraaortic balloon pump. In: *Nursing of the Critically Ill Child*. Hazinski MF (Ed.). St. Louis, MO, Elsevier Mosby, 2013;155–184.
52. Christensen DM: Extreme heart makeover: Understanding mechanical circulatory support. *Nursing*. 2008; 38:48–53.
53. ELSO Guidelines for Cardiopulmonary Extracorporeal Life Support Extracorporeal Life Support Organization, Version 1.4 Ann Arbor, MI, USA. 2017.

### **13. Životopis**

Zovem se Antonija Marić. Rođena sam 14.11.1974. godine u Zagrebu. Školu za medicinske sestre Mlinarska završavam 1994. godine. 1995. godine počinjem raditi na Klinici za pedijatriju KBC-a Zagreb. Na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu sam diplomirala 2007. godine. Tijekom rada sudjelovala sam na brojnim kongresima, seminarima i tečajevima u zemlji i inozemstvu. 1995. godine provela sam dva mjeseca na stručnoj edukaciji u SAD-u u LeBonhour Medical Centar, Memphis. Također sam uspješno završila tečaj naprednog održavanja života djece (EPLS) pri Hrvatskom reanimatološkom društvu gdje sam trenutno u statusu instruktora. Aktivni sam mentor na Katedri za zdravstvenu njegu Zdravstvenog Veleučilišta u Zagrebu te sam također i mentor u ERASMUS programu razmjene studenata. Trenutno obnašam funkciju Glavne sestre klinike za pedijatriju, KBC-a Zagreb. Sveučilišni diplomski studij sestrinstva na Medicinskom fakultetu u Zagrebu upisala sam u šk.god. 2017/18.