

# "Ekstra-korporalna membranska oksigencija(ECMO) u suvremenoj kardiologiji"

---

**Glavinić, Nikolina**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:862873>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**  
**DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ „KLINIČKO SESTRINSTVO“**

**NIKOLINA GLAVINIĆ**

**EKSTRAKORPORALNA MEMBRANSKA OKSIGENACIJA (ECMO) U**  
**SUVREMENOJ KARDIOLOGIJI**

**DIPLOMSKI RAD**

Dubrovnik, 13. srpnja 2020.

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**  
**DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ „KLINIČKO SESTRINSTVO“**

**NIKOLINA GLAVINIĆ**

**EKSTRAKORPORALNA MEMBRANSKA OKSIGENACIJA (ECMO) U**  
**SUVREMENOJ KARDIOLOGIJI**

**DIPLOMSKI RAD**

**KANDIDATKINJA:** Nikolina Glavinić, bacc. med. techn.  
**MENTORICA:** doc. dr. sc. Dubravka Bartolek Hamp, prim. dr. med.  
**KOMENTORICA:** dr. med. Emilija Matana Prižmić

**DUBROVNIK, 13. srpnja 2020.**

**UNIVERSITY OF DUBROVNIK  
PROFESSIONAL STUDIES DEPARTMENT  
GRADUATE PROFESSIONAL STUDY "CLINICAL NURSING"**

NIKOLINA GLAVINIĆ

**EXTRACORPORAL MEMBRANE OXYGENATION (ECMO) IN  
MODERN CARDIOLOGY**

GRADUATE WORK

**Candidate:** Nikolina Glavinić  
**Mentor:** Assistant Professor Dubravka Bartolek Hamp, MD, PhD  
**Co-mentor:** Emilija Matana Prižmić, MD

DUBROVNIK, 13. July 2020.



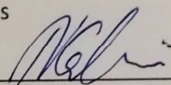
PRIMJER IZJAVE STUDENTA (u završnom / diplomskom radu)

IZJAVA

S punom odgovornošću izjavljujem da sam završni / diplomski rad izradio / la samostalno, služeći se navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora / mentorice doc. dr. sc. Dubravke Bartolek Hamp, prim. dr. med.

Ime i prezime studenta / studentice:

Potpis

  
\_\_\_\_\_

## ZAHVALA

Veliku zahavalnost dugujem svojoj mentorici, docentici Dubravki Bartolek Hamp, koja mi je ukazala veliku čast pristavši biti mojom voditeljicom tijekom stvaranja ovoga rada. Hvala Vam na pruženom znanju, ukazanom povjerenju i vremenu koje ste odvojili za mene. Hvala Vam na slobodi pri pisanju i izradi ovog rada.

Zahvaljujem se komentorici, dr. med. Emiliji Matani Prižmić, na pruženoj pomoći, susretljivosti i sugestijama koje su mi pomogle u završnom formiranju koncepcije rada.

Hvala dr. Peru Markunoviću i dr. Dinu Džamastagiću koji su mi svojim znanjem, savjetima i smjernicama pomogli i uvelike olakšali izradu ovog rada. Velika vam hvala na strpljenju i vremenu koje ste odvojili za mene kao i uvijek spremnoj suradnji i vašoj nesebičnoj požrtvovnosti.

Najveću zahvalnost izražavam svome suprugu Ivici i našim kćerima Dragici, Antoneli i Katarini. Predragi moji, hvala vam na podršci koju ste mi pružali tijekom moga školovanja, na podršci bez koje ovaj rad ne bi bio moguć. Hvala vam što ste moje teške dane olakšali svojim humorom i moje strahove smirili svojom ljubavlju!

Još jednom, velika hvala svima!

## Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. UVOD</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Razvoj ECMO uređaja</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>1.2. Oblici ECMO potpore</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>1.3. Indikacije i kontraindikacije za primjenu ECMO uređaja</b> .....         | <b>6</b>  |
| <b>1.3.1. Indikacije za primjenu V-A ECMO uređaja</b> .....                      | <b>7</b>  |
| <b>1.3.2. Indikacije za primjenu V-V ECMO uređaja</b> .....                      | <b>10</b> |
| <b>1.3.3. Kontraindikacije za primjenu ECMO aparata</b> .....                    | <b>12</b> |
| <b>1.4. Komplikacije vezane za ECMO uređaj</b> .....                             | <b>13</b> |
| <b>2. PODJELA ECMO UREĐAJA PREMA SPECIFIČNOSTI NJIHOVE PRIMJENE</b> .....        | <b>15</b> |
| <b>1.2. Podjela prema vremenu trajanja cirkulacijske potpore</b> .....           | <b>16</b> |
| <b>1.3. Podjela prema mjestu ugradnje</b> .....                                  | <b>16</b> |
| <b>1.4. Podjela prema vrsti pumpe u uređaju za mehaničku potporu</b> .....       | <b>18</b> |
| <b>1.4.1. Kontrapulsativne pumpe</b> .....                                       | <b>18</b> |
| <b>1.4.2. Centrifugalne pumpe</b> .....  | <b>21</b> |
| <b>1.4.3. Pumpe s izbačajnim volumenom</b> .....                                 | <b>21</b> |
| <b>1.4.4. Aksijalne pumpe</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>1.5. Podjela prema fiziološkom sustavu kojeg opskrbljuje uređaj</b> .....     | <b>30</b> |
| <b>3. PODRŠKA SESTRINSTVA KOD PRIMJENE ECMO-a</b> .....                          | <b>32</b> |
| <b>3.1. Sestrinska skrb za bolesnika prije priključenja na ECMO uređaj</b> ..... | <b>32</b> |
| <b>3.2. Sestrinska skrb za bolesnika priključenog na ECMO uređaj</b> .....       | <b>33</b> |
| <b>3.3. Sestrinska skrb za bolesnika nakon isključenja sa ECMO uređaja</b> ..... | <b>36</b> |
| <b>4. ISTRAŽIVANJE</b> .....   | <b>38</b> |
| <b>4.1. Cilj i hipoteza istraživanja</b> .....                                   | <b>38</b> |
| <b>4.2. Ispitanici i metode</b> .....  | <b>38</b> |
| <b>4.3. Rezultati istraživanja</b> .....   | <b>39</b> |

|   |    |
|---|----|
| 4.3.1. Demografske karakteristike ispitanika s obzirom na uzrok bolesti i pridruženi komorbiditet ..... | 39 |
| 4.3.2. Preživljenje i mortalitet ispitanika liječenih u JIL-u uz mehaničku ventilacijsku potporu .....  | 53 |
| 5. RASPRAVA .....   | 55 |
| 6. ZAKLJUČAK.....   | 58 |
| 7. PRILOZI .....  | 59 |
| 8. POPIS SLIKA I TABLICA .....  | 62 |
| 8.1. Popis slika .....  | 62 |
| 8.2. Popis tablica .....  | 64 |
| 9. LITERATURA.....  | 65 |

## SAŽETAK

**Uvod.** Izvantjelesna (ekstrakorporalna) membranska oksigenacija (ECMO) je mehanička cirkulacijsko-respiracijska transmembranska opskrba tkiva kisikom kroz određeni vremenski period tijekom kojeg srce i/ili pluća to ne mogu osigurati. Koristi se kao primarno respiracijska (veno-venski; V-V ECMO) ili cirkulacijsko-respiracijska podrška (venoarterijski; V-A ECMO). Najčešći primjeri za primjenu V-V ECMO-a je akutni respiracijski distress sindrom, a za V-A ECMO to su operacijski zahvati na srcu, no sve češće i bolesti srca i/ili pluća koje zbog svoje opsežnosti ne reagiraju na konzervativnu terapiju.

**Cilj istraživanja:** Ustanoviti učestalost potrebe za primjenom ECMA-a kod bolesnika liječenih na respiratoru kojima se zbog težine bolesti ne može omogućiti zadovoljavajuća respiracija.

**Ispitanici i metode istraživanja:** Tijekom trogodišnjeg razdoblja retrospektivnom studijom obuhvaćeni su svi bolesnici liječeni u Koronarnoj i Internističkoj jedinici intenzivnoga liječenja koji su zahtijevali potporu respiratora. Bolesnici su opisani kroz demografske karakteristike, uzrok liječenja, pridružene komplikacije i ishod liječenja. U analizi podataka kvantitativni podatci prikazani su kao srednja vrijednost, a kvalitativni kao proporcija te izraženi postotkom. Rezultati su prikazani u tablicama ili histogramima. Kvantitativni podatci uspoređivani su uz Chi-Square test, a kvalitativni uz analizu varijance (ANOVA). Razlika od statističkog značenja prihvaćena je uz vrijednost varijable p manje od 0.05 ( $p < 0.05$ ).

**Rezultati:** U trogodišnjem razdoblju obuhvaćena su 124 ispitanika (30%, 33% i 37% godišnje) ( $p=0.06$ ) koji su tijekom liječenja zahtijevali primjenu respiratora. Prosječna životna dob ispitanika bila je 68 godina (42 %). Među njima bilo je značajnije više muškaraca (59 %; žene 41%) ( $p=0,04$ ). Dužina hospitalizacije iznosila je prosječno 19 dana. Najčešći uzrok primjene respiratora kod ispitanika bila je akutna respiracijska insuficijencija (36%) (10% edem pluća, 11% zastoj srca, 13% srčana dekompenzacija), a među rjeđima bila je plućna embolija 4% (3% ARDS, 8% infarkt srca, 5% i sepsa). Najveći broj ispitanika (94%) imao je prosječno 3 pridružena komorbiditeta među kojima su dominirali arterijska hipertenzija, dijabetes i aritmija srca. Najučestalija komplikacija ispitanika bila je pneumonija vezana uz primjenu respiratora (48%). Ukupno je 57 (46%) pacijenata umrlo, 40 (32%) je otpušteno kući, a 27 (22%) premješteno je u drugu ustanovu. U skupini hipoksičnih bolesnika ( $pO_2 < 70$  mmHg) bila je najviša smrtnost (28%), ali i najveći broj izliječenih (17%). Gledajući ukupan broj ispitanika, od 56 umrlih, 46 ispitanika (37%) liječenih na respiratoru uz koji se nije

uspjela postići zadovoljavajuća respiracijska funkcija, imali su indikaciju za primjenu ECMO-a.

**Rasprava:** Kako je primjena ECMO uređaja vezana uz iznimno invazivni pristup i zahtjevnu tehničku podršku tijekom samog izvođenja, zahtijeva visoko educirano i specijalizirano medicinsko osoblje s multidisciplinarnim pristupom bolesniku. Svi navedeni uvjeti razlog su što je primjena ECMO-a još uvijek primarno vezana uz specijalizirane kliničke ustanove. Indikacija za njegovu primjenu ovisi o uzroku kardio-respiracijskog urušaja bolesnika, što uključuje zasebnu procjenu za svakog bolesnika. Tijekom primjene ECMO-a iznimno je važna uloga odgovorne i komunikativne medicinske sestre/tehničara. Nerijetko i više njih istovremeno komuniciraju i koordiniraju aktivnosti između nadzora uređaja, njege bolesnika i praćenja vitalnih parametara pa čine neizostavnu sastavnicu cjelokupnog ECMO-tima.

**Zaključak:** Pravovremena podrška mehaničke ventilacije, uz koju je bilo potrebno osigurati zadovoljavajuću respiraciju, rezultirala je visokim postotkom preživljenja ispitanika unatoč početno izraženoj hipoksiji. Iako je među umrlim ispitanicima gotovo 1/3 imala indikaciju za nastavak liječenja ECMO-om, prema smjenicama ESLO-a indikacije za primjenu ECMO-a, uvijek je potrebno integrirati individualno prema cjelovitoj ocjeni težine stanja bolesnika, prognozi osnovne bolesti te uzimajući u obzir etička načela i mogućnosti odvajanja ECMO-a.

**Ključne riječi:** Ekstrakorporalna membranska oksigenacija, V-A ECMO uređaj, V-V ECMO

## ABSTRACT

**Introduction:** Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is a mechanical circulatory-respiratory transmembrane oxygen supply of tissue over a period of time during which the heart and/or lungs cannot provide it in presence of specific circumstances. ECMO is used as primary respiratory (veno-venous; VV ECMO) or circulatory-respiratory support (veno-arterial; VA ECMO). The most common example for the application of VV ECMO is acute respiratory distress, and for VA ECMO is heart surgery. However, heart and/or lung diseases itself that due to its extensiveness cannot responding to conservative therapy, recently are increasing indication for application of ECMO.

**Aim:** To determine the indication frequency of ECMO administration in patients that could not be able to respond on conservative therapy followed by use of respirator and related to the severity of the presented disease.

**Subjects and methods:** A three-year period retrospective study included all patients treated in a coronary and internist intensive care unit who required respiratory support. Patients were described through demographic characteristics, cause of treatment, associated complications, and treatment outcome. In the data analysis, the quantitative data are presented as the mean value, the qualitative data as a proportion and expressed as a percentage. The results are presented in tables or histograms. The quantitative data were compared with the Chi-Square test and the qualitative with the analysis of variance (ANOVA). A statistical significance difference was accepted with a p value less than 0.05 ( $p < 0.05$ ).

**Results:** The three-year period included 124 subjects (30%, 33%, and 37% per year) ( $p = 0.06$ ) who required support of the respirator. The average age of the respondents was 68 years (42%). There were significantly more men (59%; women 41%) ( $p = 0.04$ ). The length of hospitalization averaged 19 days. Acute respiratory failure (36%) (10% pulmonary edema, 11% cardiac arrest, 13% cardiac decompensation) was the most common cause of respirator support administration and cardiac arrest (4%) (3% ARDS, 8% cardiac infarction) and sepsis (5%) were the most rare. The highest number of subjects (94%) had on average 3 associated comorbidities, which were dominated by arterial hypertension, diabetes, and cardiac arrhythmia. The most common complication of the subjects was pneumonia related to respiratory use (48%). A total of 57 (46%) patients died, 40 (32%) were discharged home, and 27 (22%) were transferred to another facility. In the group of hypoxic patients ( $pO_2 < 70$  mmHg), the highest mortality (28%) but also the highest number of cured patients (17%) was

observed. Looking at the total number of subjects, out of 56 deaths, 46 (37%) subjects treated with a respirator who failed to stabilize respiratory function had an indication for ECMO administration.

**Discussion:** Overall, medical care for such patients is extremely demanding. It includes highly educated and specialized medical staff as well as multidisciplinary and individual approach for every patient. The role of the responsible and communicative nurse / technician is extremely important during the implementation of ECMO. Often, many of them communicate simultaneously and coordinate activities between device monitoring, patient care and monitoring of vital parameters, which makes them an integral part of the ECMO team, as they spend the most time with the patient.

**Conclusion:** Timely support for mechanical ventilation, which provided adequate respiration, resulted in a high percentage of subjects' livelihoods despite initially pronounced hypoxia. Although almost 1/3 of the deceased subjects had an indication for continued ECMO treatment, according to ESLO guidelines, the indications for ECMO administration should always be integrated individually according to a comprehensive assessment of the severity of the patient's condition, prognosis of the underlying disease and taking into account ethical principles. and ECMO separation capabilities.

**Keywords:** Extracorporeal membrane oxygenation, V-A ECMO device, V-V ECMO device, indications, complications.



## POPIS I OBJAŠNENJA KRATICA KORIŠTENIH U RADU

|                |   |
|----------------|---|
| <b>ECMO</b>    | Izvantjelesna membranska oksigenacija (eng. Extra Corporeal Membrane Oxygenation)               |
| <b>ELSO</b>    | Organizacija za izvantjelesno održavanje života (eng. Extracorporeal Life Support Organization) |
| <b>ECLS</b>    | Izvantjelesno održavanje života (eng. Extracorporea Life Support)                               |
| <b>VAD</b>     | Uređaj za ventrikulsku podršku (eng. Ventricular Assist Device)                                 |
| <b>LVAD</b>    | Uređaj za podršku lijeve strane srca (eng. Left Ventricular Assist Device)                      |
| <b>RVAD</b>    | Uređaj za podršku desne strane srca (eng. Right Ventricular Assist Device)                      |
| <b>BIVAD</b>   | Uređaj za obostranu podršku ventrikula (eng. Biventricular Assist Device)                       |
| <b>PIVAD</b>   | Uređaj za perkutanu podršku ventrikula (eng. Percutaneous Ventricular Assist Device)            |
| <b>HM II</b>   | Mehanički uređaj za potporu srca (eng. Heart Mate II)   |
| <b>HW</b>      | Mehanički uređaj za potporu srca (eng. Heart Ware)  |
| <b>ACS</b>     | Akutni koronarni sindrom (eng. Acute Coronary Sindrom)  |
| <b>APTV</b>    | Aktivirano parcijalno tromboplastinsko vrijeme (eng. Activated Partial Thromboplastin Time)     |
| <b>CABG</b>    | Koronarna arterijska premosnica (eng. Coronary artery bypass graft)                             |
| <b>CVVHDF</b>  | Kontinuirana veno-venska hemodijafiltracija (eng. Continuous Venovenous Hemodiafiltration)      |
| <b>CPB</b>     | Kardiopulmonalna premosnica (eng. Cardiopulmonary bypass)                                       |
| <b>HIT</b>     | Heparinom inducirana trombocitopenija (eng. Heparin-Induced-Thrombocytopenia)                   |
| <b>IABP</b>    | Intraaortalna balon pumpa (eng. Intra-Aortic Balloon Pump)                                      |
| <b>KPR/CPR</b> | Kardiopulmonalna reanimacije (eng. Cardiopulmonary Resuscitation)                               |
| <b>PCI</b>     | Perkutana koronarna intervencija (eng. Percutaneous Coronary Intervention)                      |
| <b>SZO/WHO</b> | Svjetska zdravstvena organizacija (eng. World Health Organization)                              |
| <b>UFH</b>     | Nefrakcionirani heparin (eng. Unfractionated Heparin)   |
| <b>VA</b>      | Veno-arterijski (eng. Vento-Arterial)   |
| <b>VV</b>      | Veno-venski (eng. Veno - Venous)  |

# 1. UVOD

Izvantjelesna membranska oksigenacija (ECMO; engl. *Extracorporeal membrane oxygenation*) je postupak izvantjelesne cirkulacijske ili respiracijske potpore koja osigurava podršku rada srca i pluća kod vitalno ugroženih bolesnika kroz vremenski period u kojem srca ili/i pluća iz određenog razloga (operacije srca, bolesti pluća npr. ARDS i dr.) ne mogu osigurati nužnu oksigenaciju tijela [1,2,4].

ECMO radi na principu kardiopulmonalne potpore gdje se krv izlučuje iz krvožilnog sustava, cirkulira izvan tijela pomoću mehaničke pumpe, izvantjelesno oksigenira i zatim se vraća u krvotok. Dok je izvan tijela, hemoglobin se u potpunosti zasićuje kisikom, a ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) se izdvaja. Oksigenacija se određuje brzinom protoka, a uklanjanje CO<sub>2</sub> može se kontrolirati regulacijom brzine protustrujnog protoka plina kroz oksigenator [1,3].

Tijekom posljednjih godina upotreba ECMO uređaja znatno je napredovala te postala neprocjenjiv alat u skrbi i za odrasle i za djecu s teškom srčanom i plućnom insuficijencijom [1,2]. Napretkom tehnologije i opreme ECMO je postao pouzdaniji i sofisticiraniji što se odrazilo i na rezultatima primjene uređaja [1,2]. Tijekom posljednjih godina dolazi do proširenja indikacije za primjenu ECMA, a time i do porasta broja bolesnika liječenih ECMO uređajem [1].

## 1.1. Razvoj ECMO uređaja

Izvantjelesna membranska oksigenacija tijekom posljednjih nekoliko godina znatno je napredovala. Poboljšanjem opreme i stjecanjem iskustva, ECMO uređaj postao je mnogo pouzdaniji što je doprinijelo proširenju indikacije za njegovu upotrebu. Tako ECMO s vremenom postaje neprocjenjiv alat u skrbi djece i odraslih s teškom srčanom i plućnom disfunkcijom [1,3]. Glavne prekretnice koje su doprinijele razvoju ECMO uređaja navedene su u tablici 1.

Prvi događaji koji su pridonijeli razvoju ECMO uređaja zabilježeni su 1869. kada Ludwig i Schmidt pokušavaju oksigenirati krv pomoću zračnih mjehurića. Od osnovne ideje odustali su

zbog kompliciranja procedure tijekom koje je došlo do stvaranja krvnih ugrušaka. Početkom 20. stoljeća dolazi do otkrića heparina. 1916. godine Jay Maclean otkriva kako se vađenjem fosfatida iz psećeg srčanoig mišića sprječava zgrušavanje krvi [3].

**Tablica 1: Prekretnice u povijesti potpore ECMO uređaja**

| Godina        | Događaj  |
|---------------|--|
| 1635. - 1703. | Robert Hooke konceptualizira pojam oksigenatora.   |
| 1869.         | Ludwig i Schmidt pokušavaju oksigenirati krv tresući defibrinogeniranu krv zračnim balonima.   |
| 1882.         | Von Schroder na izoliranom bubregu koristi oksigenator s mjehurićima.  |
| 1882.         | Frey i Gruber opisuju prvi dvodimenzionalni ekstrakorporalni oksigenator na kojem je izložen tanki krvni film na zraku na nagnutom cilindru kojeg rotira električni motor.     |
| 1916.         | Dolazi do otkrića heparina kada je Jay Maclean demonstrirala kako fosfatidima iz psećeg srčanog mišića sprječavamo zgrušavanje krvi.   |
| 1929.         | Brukhoneko i Tchetchuline opisuju prvu ekstrakorporalnu perfuziju psa.   |
| 1930.         | Gibbon i Kirkland nastavljaju razvijati koncept oksigenatora.  |
| 1944.         | Kolff i Berk prepoznaju kako je krv postala oksigenirana prolazeći kroz komore umjetnog bubrega.   |
| 1948.         | Bjork opisuje rotirajući disk oksigenatora.  |
| 1953.         | Gibbon primjenjuje prvu uspješnu mehaničku oksigenaciju i perfuziju na otvorenoj operaciji srca na čovjeku.  |
| 1955.         | Kirklin i kolege iz klinike Mayo nastavljaju razvijati uređaj za oksigenaciju te osiguravaju dostupne uređaje u komercijalne svrhe.  |
| 1958.         | Clowes, Hopkins i Neville koriste 25m2 propusne etilcelulozne cijevi (koje su ubrzo zamijenjene teflonskim cijevima) kako bi se formirao prvi klinički membranski oksigenator. |
| 1965.         | Raskind i kolege primjenjuju oksigenator s mjehurićima kao respiratornu podršku  |

|       |  |
|-------|--|
|       | umirućem novorođenčetu.  |
| 1969. | Darson i kolege izvješćuju o uporabi membranskog oksigenatora kao srčano-plućnu prenosnicu kod dojenčeta.  |
| 1970. | Baffes i kolege izvješćuju o uspješnoj uporabi ECMO uređaja kao podrške kod operacije srca na dojenčetu sa prirođenim srčanim greškama.  |
| 1972. | Hill izvješćuje o prvom odraslom bolesniku preživjelom nakon primjene ECMO uređaja.  |
| 1972. | Prva uspješna primjena ECMO uređaja na odraslom bolesniku s postraumatskim zatajenjem disanja.   |
| 1978. | Kolobow i Gattinoni opisuju uklanjanje CO2 kod primjene ECMO uređaja čime je omogućena smanjena ozljeda plućnog parenhima.   |
| 1979. | Objavljaju se rezultati randomizirane studije na odraslim bolesnicima oboljelih od akutnog respiratornog distres sindroma (ARDS) i bolesnika na Institutu za krv, pluća i srce gdje su dobiveni razočaravajući rezultati, s 10% preživjelih u obje skupine.  |
| 1989. | Osnivanje organizacije „Extracorporeal Life Support Organization“ (ELSO).  |
| 1991. | Dolazi do smanjenja entuzijazma kada Morris i kolege ne nalaze razlike u ishodu kod uporabe izvantjelesne potpore kod odraslih s ARDS-om u usporedbi s bolesnicima s uobičajenom terapijom.  |
| 2009. | U pandemiji gripe H1N1 dolazi do kliničkog uspjeha uporabe ECMO uređaja.   |
| 2009. | U časopisu „The Lancet“ objavljena studija CESAR rezultati u koje jasno dokazuju smanjenje stope smrtnosti bolesnika na ECMO uređaju te značajnog smanjenja šestomjesečne onesposobljenosti bolesnika s teškim respiratornim zatajenjem tretiranim u vrhunskim centrima, u usporedbi sa ustanovama bez specijalizirane bolničke skrbi. |
| 2014. | Objavlivanje „Dokumenta o organizaciji programa za ekstrakorporalnu membransku oksigenaciju za akutnu respiratornu insuficijenciju kod odraslih bolesnika“.  |

Tablica 1. Izvor: [https://assets.cambridge.org/97811076/81248/excerpt/9781107681248\\_excerpt.pdf](https://assets.cambridge.org/97811076/81248/excerpt/9781107681248_excerpt.pdf)

Prvi uspješno postavljeni ECMO uređaj zabilježen je u Rusiji 1929. godine, a priključili su ga Brukhonenko i Tchetchuline na psu. Od 1930. godine Gibbon i Kirkland rade na razvoju oksigenatora. Nakon četrnaest godina Kolff i Berk primjećuju da krv, prolazeći kroz celofanske komore umjetnog bubrega, postaje oksigenirana [1,3]. Takav koncept iskoristio je Gibbon 1953. godine te izveo prvu uspješnu operaciju na otvorenom srcu. Prvu uporabu oksigenatora s mjehurićima na novorođenčetu zabilježili su 1965. godine Raskind i kolege, dok su o prvoj uporabi membranskog oksigenatora izvijestili Darson i kolege 1969. godine, koji su istog upotrijebili kao srčano-plućnu zaobilaznicu na dojenčetu [1,3]. Prvu uspješnu uporabu ekstrakorporalne membranske oksigenacije na dojenčetu prikazali su Baffes i kolege 1977. godine, a na odraslom čovjeku prvi put uspješno se primijenila 1972. godine [3].

Početakom 90-ih oduševljenje ECMO uređajem znatno se smanjilo kada Morris i kolege ne nalaze razliku u ishodu oporavka bolesnika liječenih ECMO uređajem u odnosu na bolesnike liječene standardnom mehaničkom ventilacijom. No, usprkos nedostatku dokaza nekoliko centara diljem Sjedinjenih Država i Europe nastavljaju s pružanjem izvantjelesne potpore sa standardnom ventilacijom. Proces je ipak pokazao dobre rezultate.

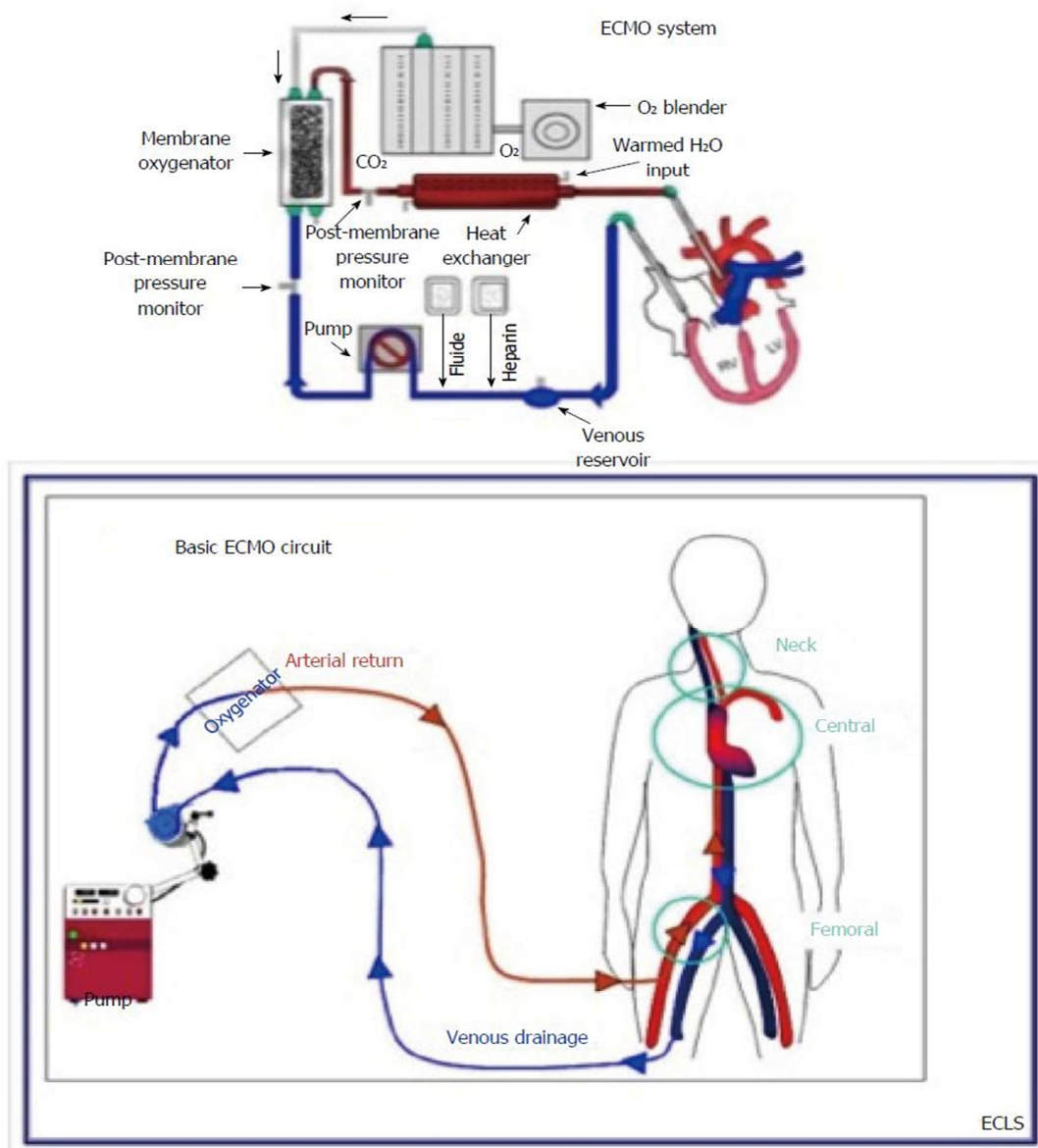
Svoj vrhunac ECMO uređaj je doživio nakon što je časopis „The Lancet“ objavio studiju CESAR koja je pokazala pozitivne rezultate u smanjenju stope smrtnosti kod bolesnika oboljelih od teške respiratorne disfunkcije, a koji su bili tretirani izvantjelesnom mehaničkom potporom. Rezultati su dobiveni usporedbom bolesnika liječenih u ECMO-m vrhunski opremljenim centrima, sofisticiranim uređajima i visokoškoloanim, multidiscipliniranim timskim stručnjacima, s bolesnicima liječenim u ustanovama bez ECMA i specijalizirane bolničke skrbi.

Od 2014. godine objavljuje se dokument o organizaciji programa za ekstrakorporalnu membransku oksigenaciju kod akutne respiratorne insuficijencije. Ovim dokumentom konkretizira se nužnost rada na edukaciji i izobrazbi medicinskog osoblja za rad s bolesnikom i uređajem.

Od tada do danas potrebe za ECMO podrškom neprestano rastu.

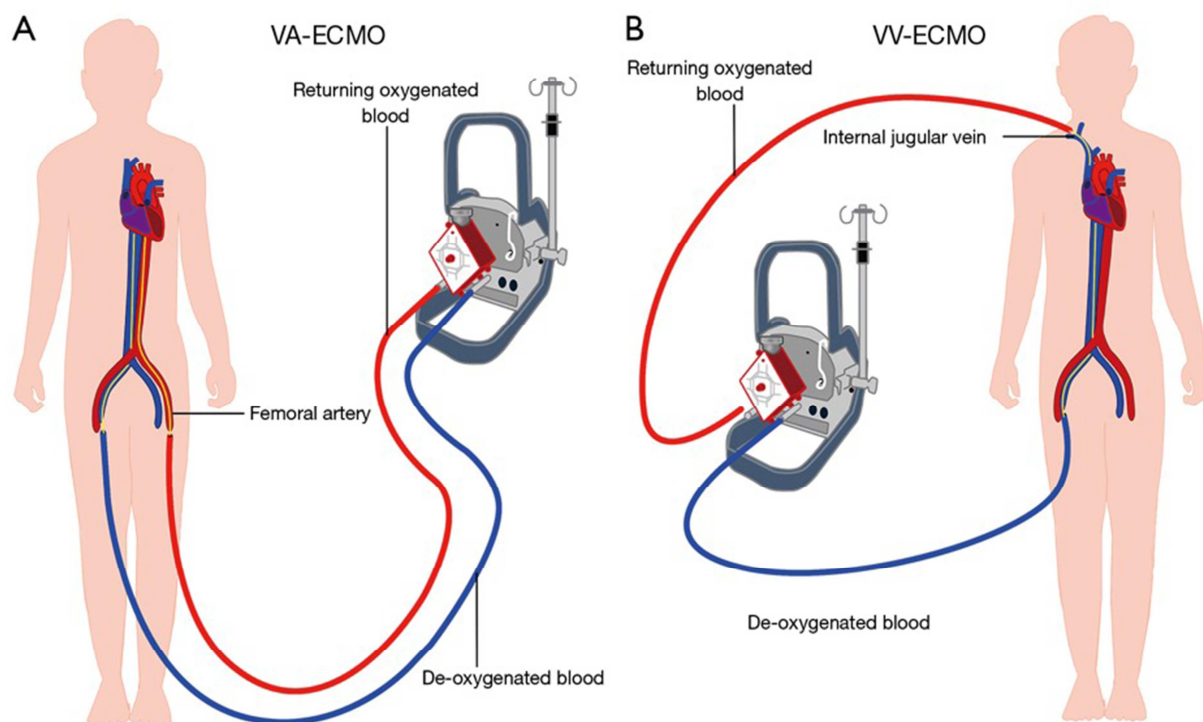
## 1.1. Oblici ECMO potpore

Za provedbu izvantjelesne oksigenacije bolesnika potrebno je imati vaskularne uvednice (tzv. kanile) raznih veličina, crpku koja omogućuje protok krvi te oksigenator. Kanile se postavljaju u krvne žile u krvotok bolesnika [1,3]. Liječnik bira veličinu kanile prema dobi, težini, visini te razlogu zbog kojega se ECMO uređaj priključuje. Preko kanile, krv se, uz pomoć pumpe, prenosi iz bolesnika u uređaj gdje se obogaćuje kisikom, a iz koje se uklanja ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) [1]. Kroz drugu kanilu krv se, oksigenirana i topla, vraća u tijelo bolesnika [Slika 1].



**slika 1:** Konfiguracija ECMO uređaja. Izvor: <https://www.wjnet.com/2218-6255/full/v5/i2/WJR-5-78-g002.htm>

ECMO uređaj koristi se kao potpora srcu, plućima ili kombinaciji dvaju organa. Prema tome dijeli se na veno-venski (V-V) ECMO kojim se nadomješta funkcija pluća i na vensko-arterijski (V-A) ECMO uređaj kojim se može nadomjestiti funkcija i srca i pluća [Slika 2].



**slika2:** A) periferni V-A pristup s dvije kanile; femoralna vena i femoralna arterija; B) periferni V-V pristup-femoralna vena za odvodnju deoksigenirane krvi, te unutarnja jugularna vena za infuziju i povrat oksigenirane krvi. Izvor: <http://cdt.amegroups.com/article/viewFile/18538/19925/120756>

## 1.2. Indikacije i kontraindikacije za primjenu ECMO uređaja

Napretkom medicine i novih sofisticiranijih uređaja, indikacije i kriteriji za priključenje ECMO uređaja postaju složeniji i opširniji. Bolesnici koji nemaju adekvatnu perfuziju perifernih organa usprkos dobroj medikamentnoj potpori, kandidati su s indikacijama za primjenu ECMO uređaja.

Hemodinamski kriteriji za ugradnju uređaja su:

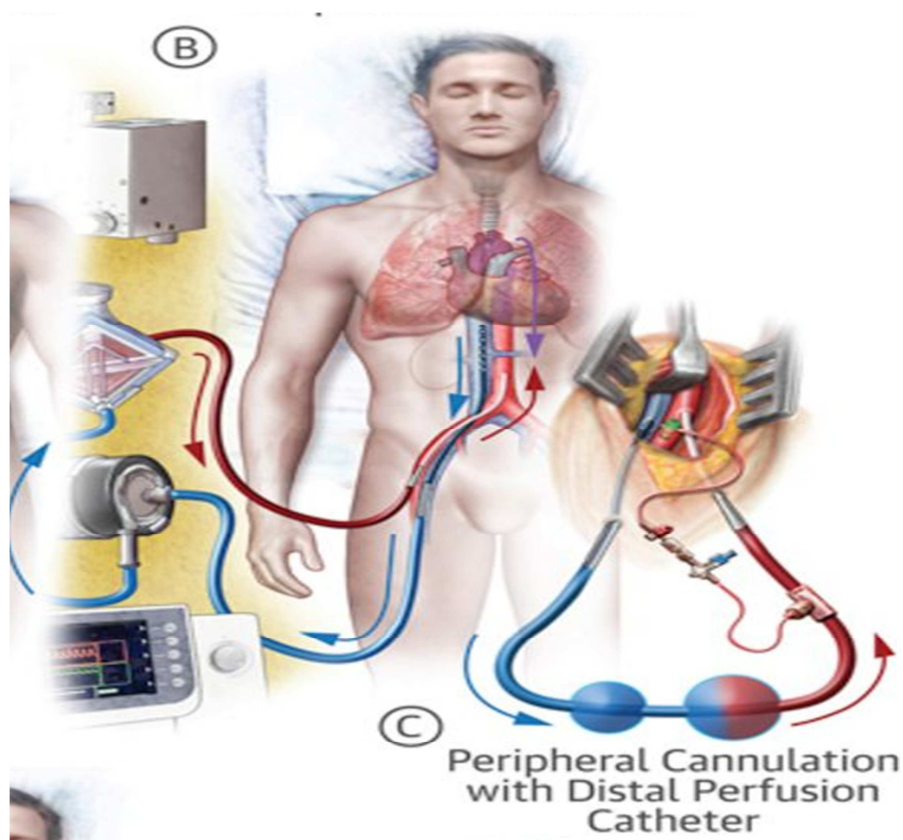
- srednji arterijski tlak < 65mmHg
- sistolički tlak < 80mmHg



- srčani indeks < 2L/min/m<sup>2</sup>
- parcijalni tlak kisika < 70 mmHg

### 1.2.1. Indikacije za primjenu V-A ECMO uređaja

V-A ECMO priključuje se pomoću kanile postavljene u jednu od velikih vena najčešće u femoralnu venu. Pomoću mehaničke pumpe crpi se deoksigenirana krv koja se u aparatu obogaćuje kisikom. Istim putem CO<sub>2</sub> uklanja se iz krvi. Pročišćena i topla krv vraća se u arterijski sustav pomoću „povratne“ kanile, postavljene u jednu od velikih arterija, najčešće femoralnu arteriju ili, rijetko, u aksilarnu arteriju [Slika 3] [1,3]. Ovakvim načinom rada postiže se izmjena plinova i dobra cirkulacijska potpora [1,6].



slika 3: Prikaz periferne kanulacije ECMO uređaja. Izvor:

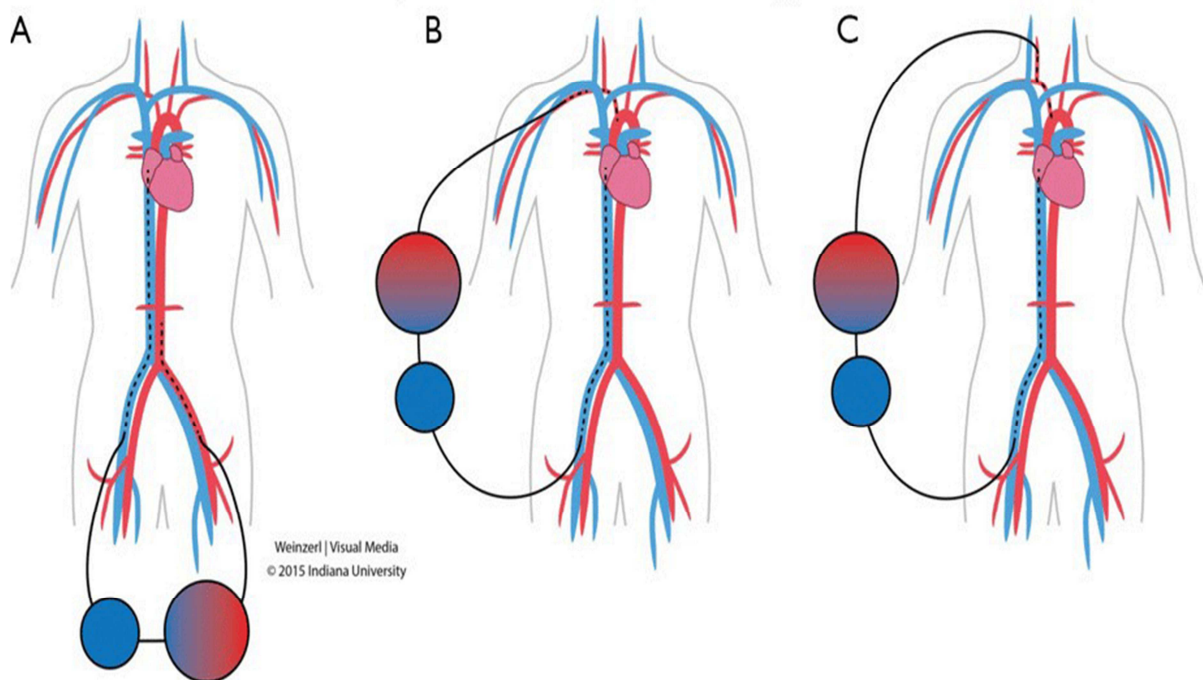
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288>

Indikacije za primjenu V-A ECMO-a najčešće su niski kardijalni indeks (manji od 2 l/min) te hipotenzija (manji od 90 mmHg) unatoč optimalnom intravaskularnom volumenu, visokim



dozama inotropnih lijekova ili neuspjehu intraortne balonske pumpe. V-A ECMO funkcioniše na način da zaobilazi srce te preuzima njegovu cirkulacijsku ulogu. Time rasterećuje srce do njegova oporavka neovisno radi li se o desnostranoj ili lijevostranoj srčanoj disfunkciji [1,3]. Krv se ekstrahira iz desnog atrija ili vene cave (za drenažu) te se potom vraća u arterijsku cirkulaciju preko femoralne, aksilarne ili karotidne arterijske kanile [Slika 4].

Osim kardiogenog šoka, indikacije za primjenu V-A ECMO-a je i teško srčano zatajenje nastalo uslijed akutnog koronarnog sindroma, maligne srčane aritmije, predoziranja lijekovima, teškog miokarditisa, plućne embolije, izolirane srčane traume, akutne anafilaksije. V-A ECMO često se indicira nakon kardiotoromije zbog nemogućnosti odstranjenja kardiopulmonalne prenosnice postoperacijski. Također se primjenjuje kod kronične kardiomiopatije kao most prema dugoročnoj mehaničkoj podršci srcu (VAD; *engl. Ventricular Assist Device*). V-A ECMO često se koristi i kao preproceduralna podrška za visokorizične perkutane srčane intervencije (PCI)[1].

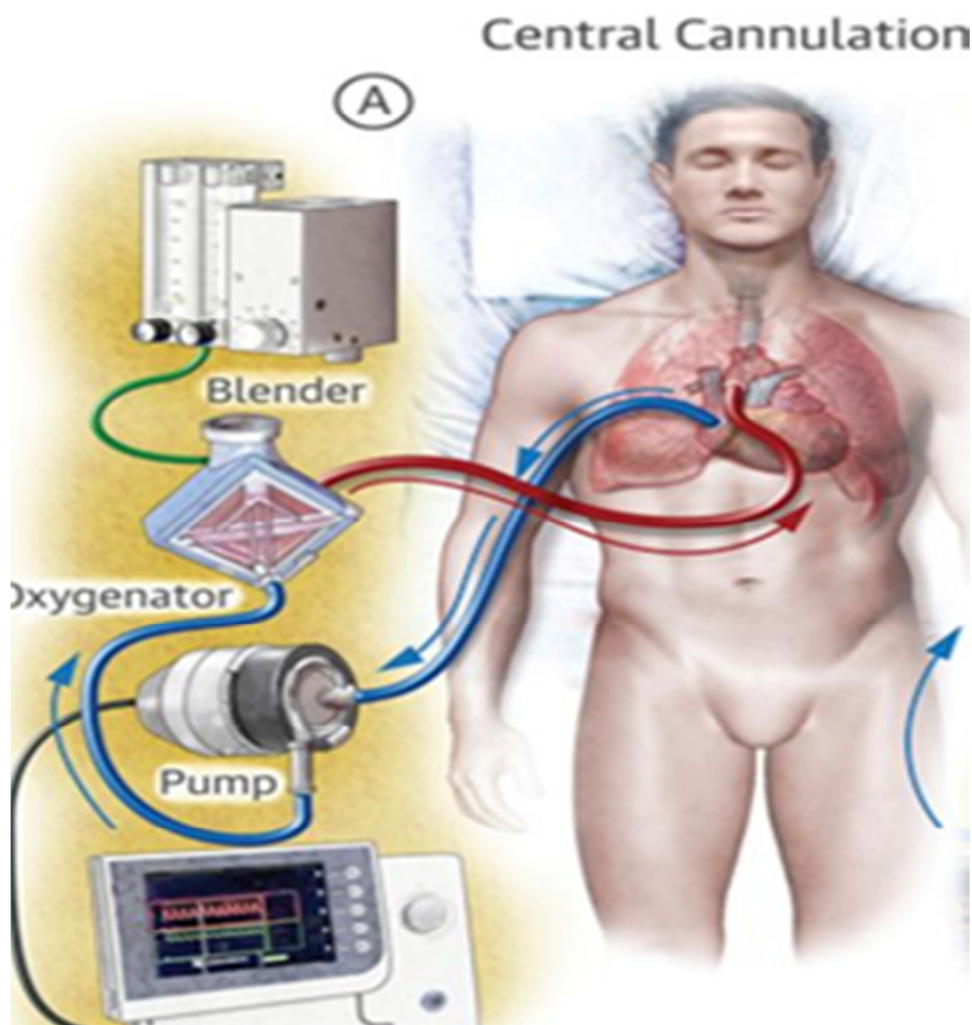


**slika 4:** Periferni V-A ECMO; kanulacijski pristup: a) femoralna vena za drenažu; b) aksilarni kanila; c) karotidna kanila koja se koristi za perfuziju. Izvor: <http://www.jlgh.org/Past-Issues/Volume-14-Issue-1/ECMO.aspx>

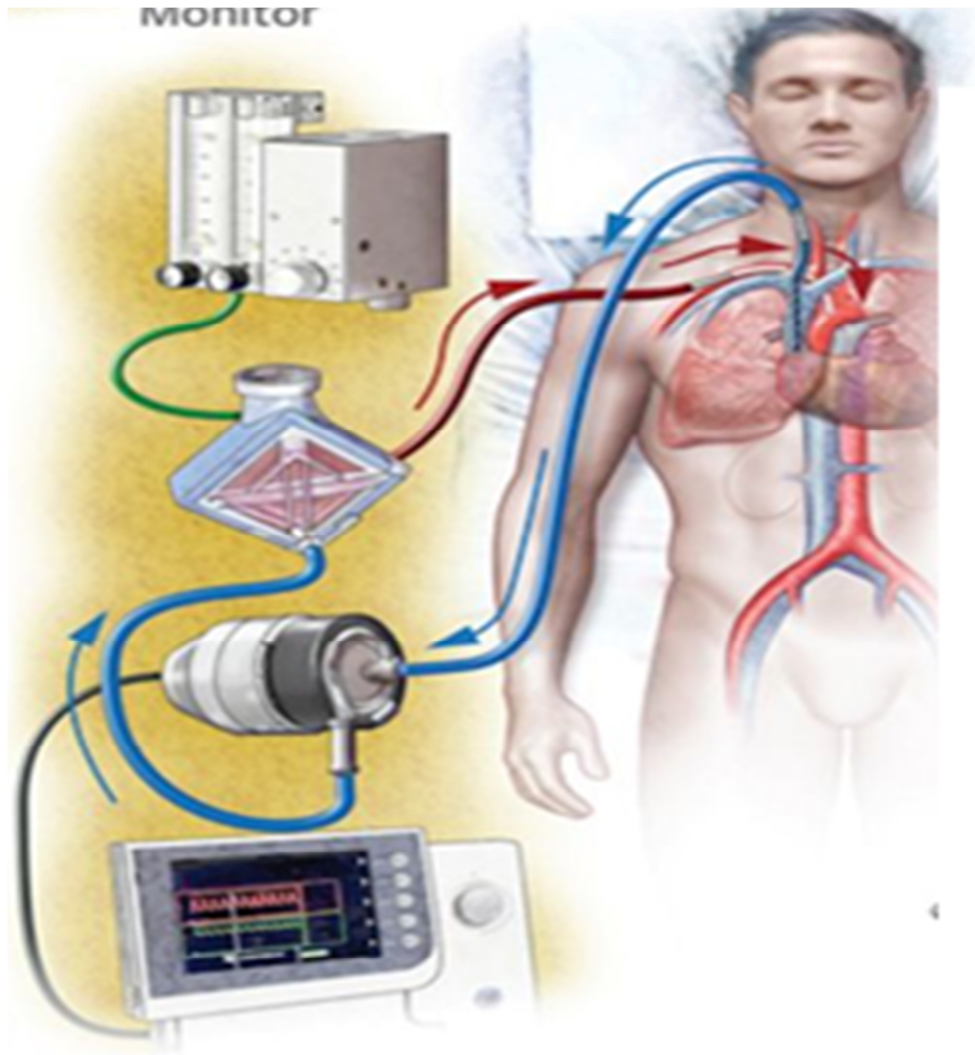
Dva su osnovna oblika V-A ECMO uređaja, a to su centralni i periferni [Slika 5,6]. Pri

centralnom pristupu kanile se postavljaju u desnu pretkljetku i uzlaznu aortu i to najčešće pri kardiokirurškim operacijama ili nakon težeg postoperacijskog odvajanja bolesnika od uređaja za izvantjelesni krvotok[1].

V-A ECMO može biti podrška pri kardiogenom šoku ili srčanom zastoju. Stopa preživljenja se prema literaturi kreće između 20-30 % uz minimalno zabilježeno oštećenje moždane funkcije [1,3].



**slika 5:** Prikaz V-A ECMO uređaja, centralana kanulacija. Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288>



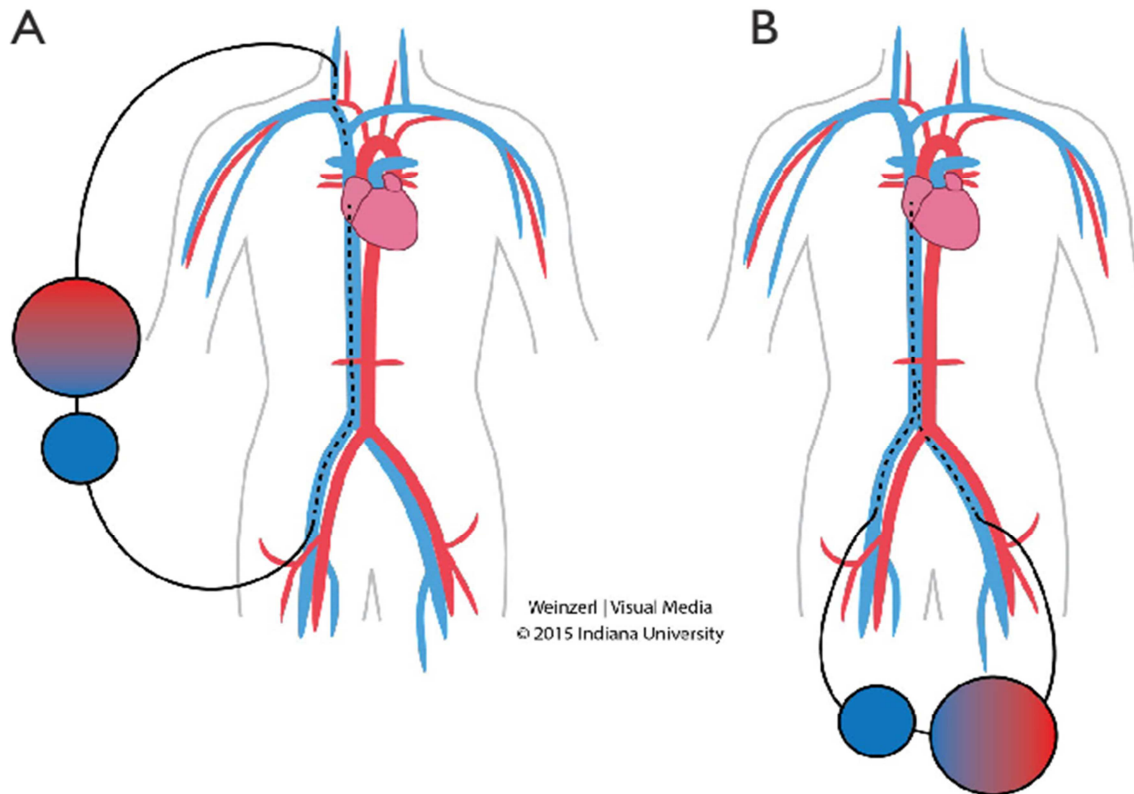
slika 6: Prikaz V-A ECMO uređaja, periferna kanulacija. Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288>

### 1.1.1. Indikacije za primjenu V-V ECMO uređaja

Najčešće mjesto postavljanja kanile za V-V ECMO jest femoralna vena preko koje se krv siromašna kisikom preko crpke i oksigenatora pročišćava od CO<sub>2</sub> te obogaćuje s O<sub>2</sub>. Krv se vraća ponovno u cirkulaciju preko povratne kanile u unutarnjoj jugularnoj veni [Slika 7].

Kao i V-A i V-V ECMO se koristi kao terapija u akutnom respiratornom zatajenju gdje ima ulogu u oksigenaciji i uklanjanju CO<sub>2</sub> iz organizma bolesnika. Najčešće indikacije za postavljanje V-V ECMO-a su: ARDS i teške upale pluća uzrokovane bakterijama ili virusima. V-V ECMO je od velike koristi kao izvantjelesna pomoć u oporavku pluća zbog opstrukcije dišnih putova, kontuzije pluća nastale tokom pada ili teške prometne nesreće te nakon

udisanja toksičnog dima. Kod novorođenčeta V-V ECMO se koristi u podršci respiracije i oksigenacije nakon komplikacija nastalih aspiracijom mekonija [1].



**slika 7:** V-V ECMO, pristup s dvije kanile; a) femoralna vena za odvodnju, te desna unutarnja jugularna vena za infuziju. b) Obje femoralne vene koriste se za drenažu i perfuziju. Izvor: <http://www.jlgh.org/Past-Issues/Volume-14-Issue-1/ECMO.aspx>

### **Razlike između V-A i V-V ECMO-a:**

#### V-A ECMO :

- omogućuje srčanu potporu sistemske cirkulacije
- zahtijeva i arterijsku i vensku kanulaciju krvnih žila
- zaobilazi pulmonalnu cirkulaciju / smanjuje pulmonalni arterijski tlak
- može se koristiti u zatajenju desnog srca
- potrebne su niže perfuzijske razine
- postiže se veći PaO<sub>2</sub>
- ECMO krug spaja se paralelno sa srcem i plućima.

### V-V ECMO:

- ne omogućuje srčanu potporu sistemske cirkulacije
- zahtjeva samo vensku kanulaciju krvnih žila
- održava plućni protok krvi
- ne može se koristiti u zatajenju desnog srca
- potrebne su više perfuzijske razine
- postiže se niži PaO<sub>2</sub>
- ECMO krug spaja se u serijskom spoju sa srcem i plućima.

#### **1.2.1. Kontraindikacije za primjenu ECMO aparata**

Prema ECLS smjernicama kontraindikacije za primjenu ECMO uređaja su relativne, a odnose se na stanja bolesnika koja su nakon primjene uređaja nespojivi s dostojantvenim životom (oštećenja CNS-a, zloćudne bolesti u terminalnoj fazi, rizik od sistemskog krvarenja, dob bolesnika) [1,3,5].

#### Apsolutne kontraindikacije su:

- bolesnik čije se srce ne može oporaviti nakon primjene uređaja te nije kandidat za transplantaciju ili terapiju VAD-om
- bolesnik u terminalnoj fazi zloćudne bolesti
- teške ozljede mozga
- produžena kardiopulmonalna reanimacija u kojoj se nije dobila adekvatna perfuzija tkiva
- aortna disekcija koja je uznapredovala
- bolesnici s teškom, kroničnom disfunkcijom organa kao što su emfizem, ciroza, zatajenje bubrega [1,3,5].

Kod V-A ECMO uređaja apsolutna kontraindikacija je periferna vaskularna bolest, dok je primjena V-V ECMO uređaja kontraindiciran u kardiogenom šoku ili teškoj plućnoj hipertenziji (tlak u plućnoj arteriji >50 mmHg) [1,3,5].

#### Relativne kontraindikacije su:

- stanja koja su kontraindicirana za primjenu antikoagulacijske terapije

- visoka dob
- pretilost [1,3,7].

### **1.3. Komplikacije vezane za ECMO uređaj**

ECMO uređaj je sofisticirani invazivni uređaj koji u krvožilnom sustavu može narušiti mnogobrojne fiziološke funkcije i organske sustave [1]. Komplikacije vezane uz samu primjenu nisu rijetke te time i sama stopa smrtnost može biti veća. Komplikacije mogu biti povezane uz osnovnu etiologiju bolesti kao i antikoagulantnu terapiju koja se primjenjuje uz uređaj [1,3]. Do sada je praksa pokazala da se više komplikacija događa na V-A ECMO uređaju nego kod V-V ECMO-a [1]. Najčešće zabilježene komplikacije su krvarenja koja mogu biti vanjska i unutarnja. Najopasnije krvarenje od kojeg većina bolesnika ima teške posljedice jest cerebralno krvarenje. U cijevima uređaja mogu također nastati trombi i mjehurići zraka koji su iznimno opasni zbog mogućnosti nastanka tromboze ili embolije kod bolesnika. Među česte komplikacije možemo svrstati i infekcije najčešće nastale na mjestu ulaska kanile [1,5,6]. U tablici 2 nabrojene su komplikacije vezane za sam uređaj te komplikacije vezane uz bolesnika. Kada se kod bolesnika pojavi heparinom inducirana trombocitopenija (HIT) ili kada se očekuje dugotrajna upotreba ECMO-a, koriste se bivalirudin ili argatroban (antikoagulanti koji direktno djeluju na trombocite). Njihova posebnost je kratak poluživot (oko 52 minute), brzi početak djelovanja te eliminacija putem jetre čime ne opterećuju funkciju bubrega.

**Tablica 2:** komplikacije kod ECMO uređaja i kod bolesnika

| ECMO uređaj/<br>cirkulacijski krug | Bolesnik   |
|------------------------------------|--|
| Krvni ugrušci                      | Krvarenja (trombocitopenija, nedostatak faktora zgrušavanja)                 |
| Zračni mjehurići                   | HIT ( <i>eng. Heparin-induced thrombocytopenia</i> )                         |
|                                    | Hipotenzija, aritmije  |
|                                    | Disekcije arterije, distalna ishemija  |
|                                    | Oligurija  |
|                                    | Akutna tubularna nekroza   |
|                                    | Hiperbilirubinemija, žučni kamenci   |
|                                    | Sepsa  |
|                                    | Metaboličke komplikacije - elektrolitski disbalans, hipo- ili hiperglikemija |
|                                    | Perforacije krvne žile s krvarenjem  |
|                                    | Pseudoaneurizme na mjestu implantacije kanile                                |

## **2. PODJELA ECMO UREĐAJA PREMA SPECIFIČNOSTI NJIHOVE PRIMJENE**

Primjenu ECMO uređaja možemo podijeliti na četiri različita načina: prema vremenu trajanja cirkulacijske potpore, mjestu ugradnje, vrsti pumpe za mehaničku potporu i fiziološkom sustavu kojeg uređaj opskrbljuje .

### *1) Prema vremenu trajanja cirkulacijske potpore*

- a) Kratkoročna ECMO potpora
- b) Dugoročna ECMO potpora

### *2) Prema mjestu ugradnje*

- a) Ugradivi/intrakorporalni ECMO uređaj

LVAD

RVAD

BiVAD

- b) Vanjski/ekstrakorporalni ECMO uređaj

### *3) Prema vrsti pumpe uređaja za mehaničku potporu*

- 1) Kontrapulsativne pumpe
- 2) Centrifugalne pumpe
- 3) Pumpe sa izbačajem volumena
  - a) PiVAD
  - b) BiVAD
- 4) Aksijalne pumpe

### *4) Prema fiziološkom sustavu kojeg opskrbljuje uređaj*

- a) Potpora cirkulaciji
- b) Potpora cirkulacijskom i respiracijsko sustavu ECMO/ECLS



#### 1.4. Podjela prema vremenu trajanja cirkulacijske potpore

Kada govorimo o vremenskom razdoblju, ECMO potporu možemo koristiti kao kratkoročnu, ali i dugoročnu potporu organizmu

##### a) Kratkoročna ECMO potpora

Kod bolesnika može biti primijenjena od nekoliko dana pa do nekoliko tjedana. Primjenjuje se kod bolesnika kod kojih postoji reverzibilno oštećenje srca ili pluća, tj. kod bolesnika kod kojih se očekuje oporavak od bolesti [1,3]. Drugim riječima, ovakva ECMO podrška naziva se i „most do oporavka“ ili „most do odluke“.

##### b) Dugoročna ECMO potpora

Bolesnici kojima je određena dugoročna ECMO potpora oni su bolesnici kojima je potrebna transplatacija srca ili pluća, a ECMO uređaj koriste kao „most do transplantacije“.

Također, koristi se i kao „odredišna terapija“ kod bolesnika kojima je ECMO uređaj potreban kao trajna životna skrb [1,3].

#### 1.5. Podjela prema mjestu ugradnje

Prema mjestu ugradnje imamo dvije vrste ECMO potpore, a to su:

##### a) Ugradivi/intrakorporalni ECMO uređaj [Slika 8].

##### b) Vanjski/ekstrakorporalni ECMO uređaj [Slika 9].

##### a) Ugradivi/intrakorporalni ECMO uređaj

Kao ugradivi uređaj za potporu srca koristi se ventrikularni pomoćni uređaj ili VAD (eng. *Ventricular assist device*) - uređaj koji se koristi kao podrška klijetki.

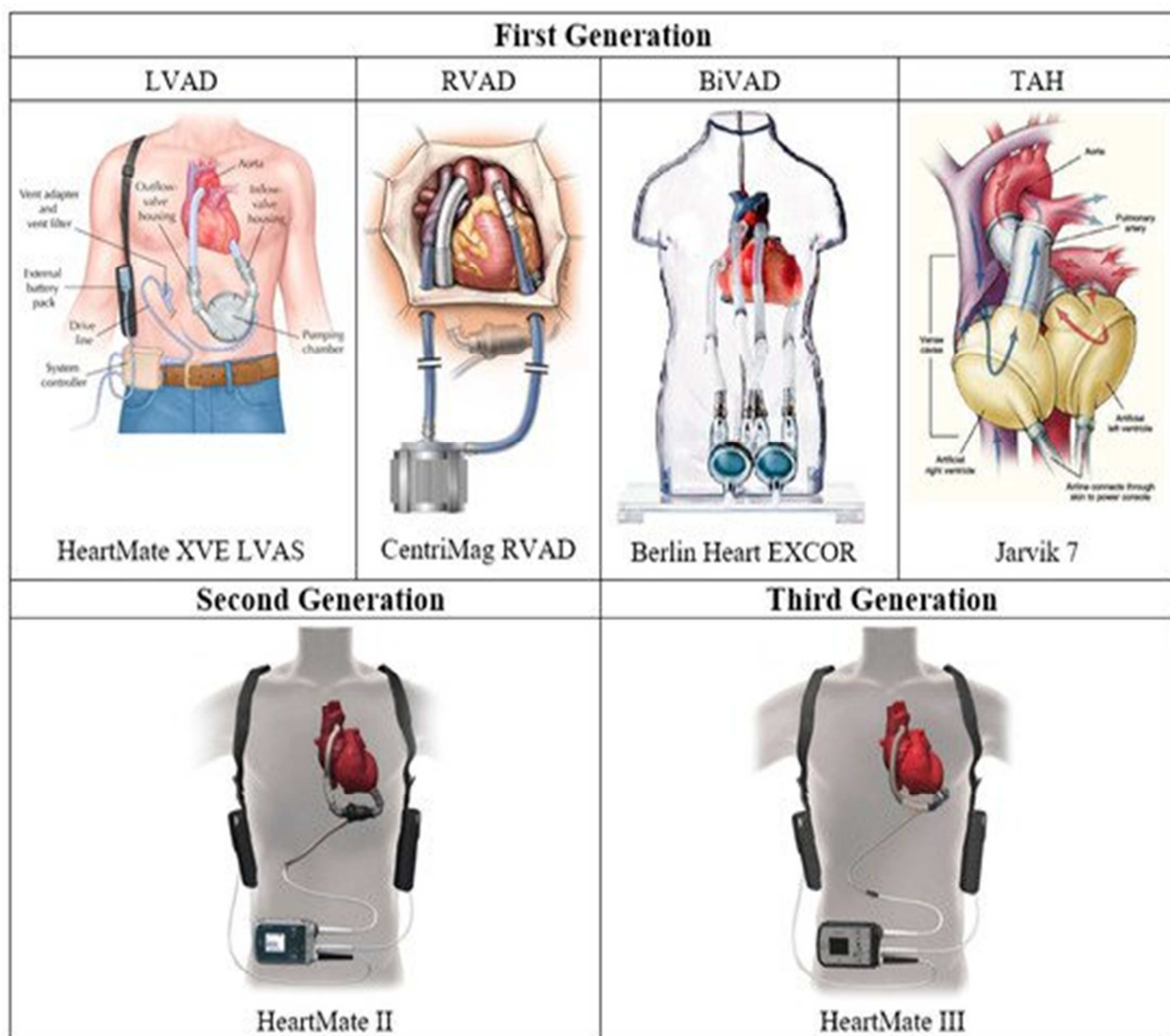
VAD je drugim riječima mehanički uređaj za cirkulaciju. To je ugradivi uređaj koji pomaže

srcu ispumpati krv iz ventrikula prema ostalim dijelovima tijela [10,11]. Od velike je koristi kod bolesnika sa srčanom insuficijencijom. Također može se implantirati i kao most do transplantacije srca ili kao privremena terapija koja će služiti kao pomoć ventrikulu sve dok se srce ne oporavi te bude sposobno samostalno izbacivati krv prema ostalim dijelovima tijela.

VAD se može implantirati i kao trajna, dugoročna terapija kod bolesnika koji imaju ireverzibilnu srčanu insuficijenciju i koji nisu kandidati za transplantaciju srca [10,11].

VAD može biti:

- podrška lijevoj klijetki (eng. *Left ventricular device*)
- podrška desnoj klijetki (eng. *Right ventricular device*)
- podrška lijevoj i desnoj klijetki (eng. *Biventricular assist device- BiVAD*)



**slika 8:** Left ventricular assist device- LVAD (uređaj za pomoć lijevoj klijetki), prva, druga i treća generacija uređaja. Izvor: <https://doi.org/10.3390/bioengineering6010018>.

b) Vanjski/ekstrakorporalni ECMO uređaj [Slika 9]



slika 9: Ekstrakorporalni ECMO uređaj. Izvor: <https://doi.org/10.1177/0267659118767502>

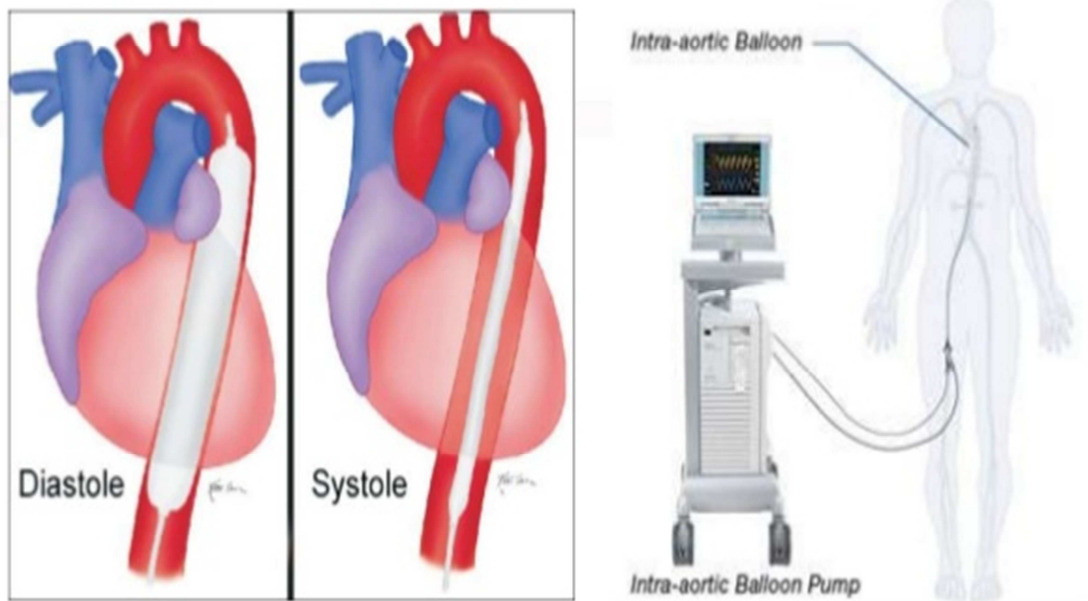
## 1.6. Podjela prema vrsti pumpe u uređaju za mehaničku potporu

Prema vrsti pumpe za mehaničku potporu dijelimo na:

- kontrapulsativne pumpe
- centrifugalne pumpe
- pumpe sa izbačajnim volumenom
- aksijalne pumpe.

### 1.6.1. Kontrapulsativne pumpe

U ovu svrhu koristi se intraaortna balon pumpa (eng. *Intraaortic ballon pump; IABP*). Kontrapulsativnost je sinkronizirana s arterijskim tlakom koja nastaje kod inflacije balona u silaznom dijelu aorte za vrijeme dijastole [Slika 10]. Redukcijom srčanog opterećenja (afterload) i poboljšanjem miokarda kisikom kroz povećanje dijastoličkog krvnog tlaka i koronarne perfuzije dobivamo smanjenje srčanog rada [1,3,9].



**slika 10:** Pozicioniranje balona za vrijeme sistole i dijastole u descendentnom (silaznom) dijelu aorte. Izvor: <https://www.slideshare.net/AphisitAunbusdumberdor/cad-ihd-vhd-edition-131059>

IABP se sastoji od tankog fleksibilnog katetera na čijemu je kraju pričvršćen balon [Slika 11].



**slika 11:** Intraaortni balon kateter. Izvor: [https://www.smartmedicalbuyer.com/Product/Intra-Aortic-Balloon-Pump-Catheter-\(IABP\)](https://www.smartmedicalbuyer.com/Product/Intra-Aortic-Balloon-Pump-Catheter-(IABP))

Indikacije za postavljanje intraaortne balon pumpe su:

**1. Kardiogeni šok** koji može biti uzrokovan:

❖ primarnim stanjima:

- opsežni infarkt miokarda
- dekompenzacija srca
- patološka neregulirana srčana aritmija
- dekompenzirane vulvularne bolesti srca
- nasljedne ili stečene kardiomiopatije
- ruptuirana aneurizma srca
- pneumoperikard, hematoperikard
- upale srčanih ovojnica - endokarditis, miokarditis, perikarditis
- ozljeda srca

❖ sekundarna stanja

- kardiogeni šok nastao kao posljedica sepse ili toksemije ili masivne plućne embolije.

**2. ARDS** koji može biti uzrokovan:

❖ primarnim stanjima - vezan za akutnu bolest ili ozljedu pluća

❖ sekundarnim stanjima - posljedica sepse ili intoksikacije.

Kontraindikacije za postavljanje intraaortne balon pumpe mogu biti apsolutne i relativne [3,5,11].

Apsolutne kontraindikacije:

- insuficijencija aortne valvule
- aneurizma aorte.

Relativne kontraindikacije:

- ateroskleroza
- terminalna faza bolesti
- poremećaj zgrušavanja krvi.

### **1.6.2. Centrifugalne pumpe**

Centrifugalne pumpe se koriste za desnu, lijevu i biventrikulsku cirkulacijsku podršku, kao i intraoperativno za izvantjelesnu cirkulaciju. Uglavnom se koriste kao kratkoročna cirkulacijska podrška. Centrifugalne pumpe su dostupne, jednostavne za primjenu, relativno jeftine u usporedbi s ostalim sličnim uređajima te zahtijevaju sustavnu antikoagulacijsku terapiju. Najčešće pumpe ove vrste su:

- Bio- Medicus (Medtronic Bio- Medicus, Eden Prairie, Minn)
- St. Judes Lifestream centrifugalna pumpa (St. Jude Medical, St. Paul, Minn)
- Sarns centrifugalna pumpa (3-M Health Care, Ann Arbor, Mich)
- Jostra Rotaflow (Maquet)

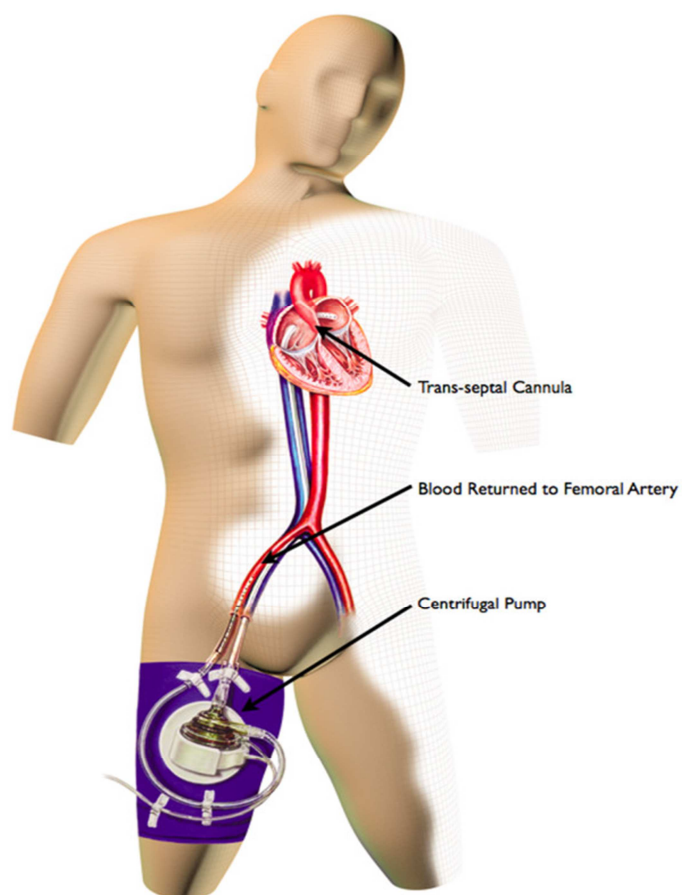
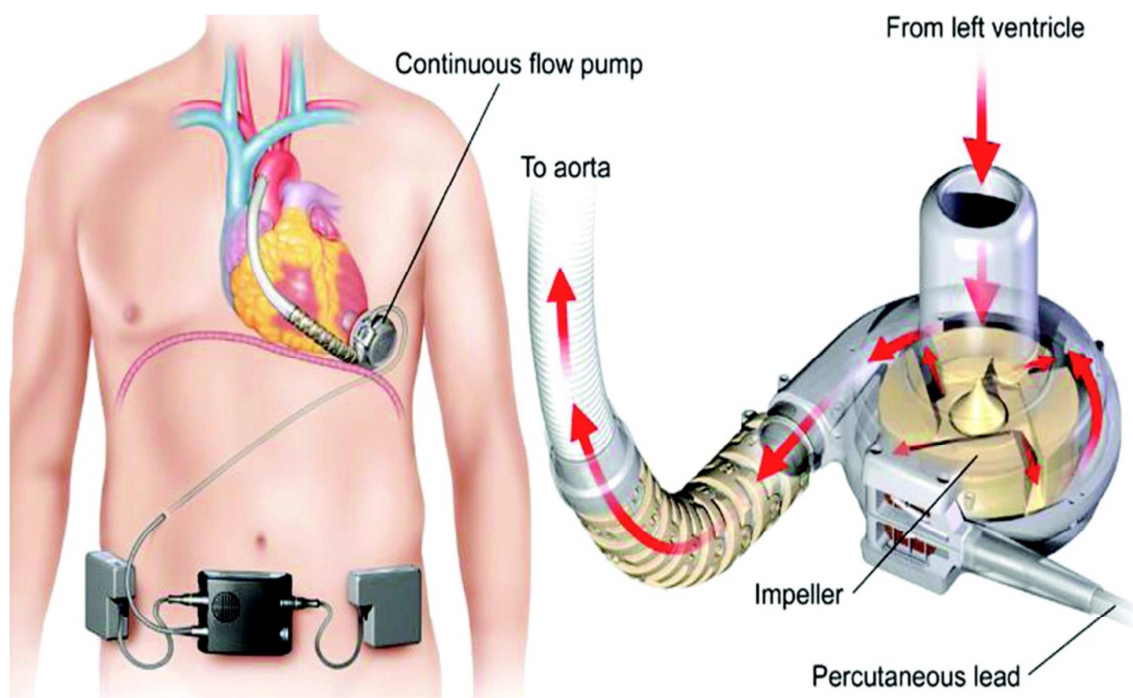
### **1.6.3. Pumpe s izbačajnim volumenom**

U ovu kategoriju uređaja svrstavamo PiVAD (*eng. Percutaneous ventricular assist device*) tj. perkutano implantirani uređaj za podršku lijevoj klijetki [Slika 12]. PiVAD funkcionira tako da pumpa krv iz lijevog atrija prema ascendentnoj (uzlaznoj) aorti te prema ostalim dijelovima tijela brzinom od 2,5 L/min [11].

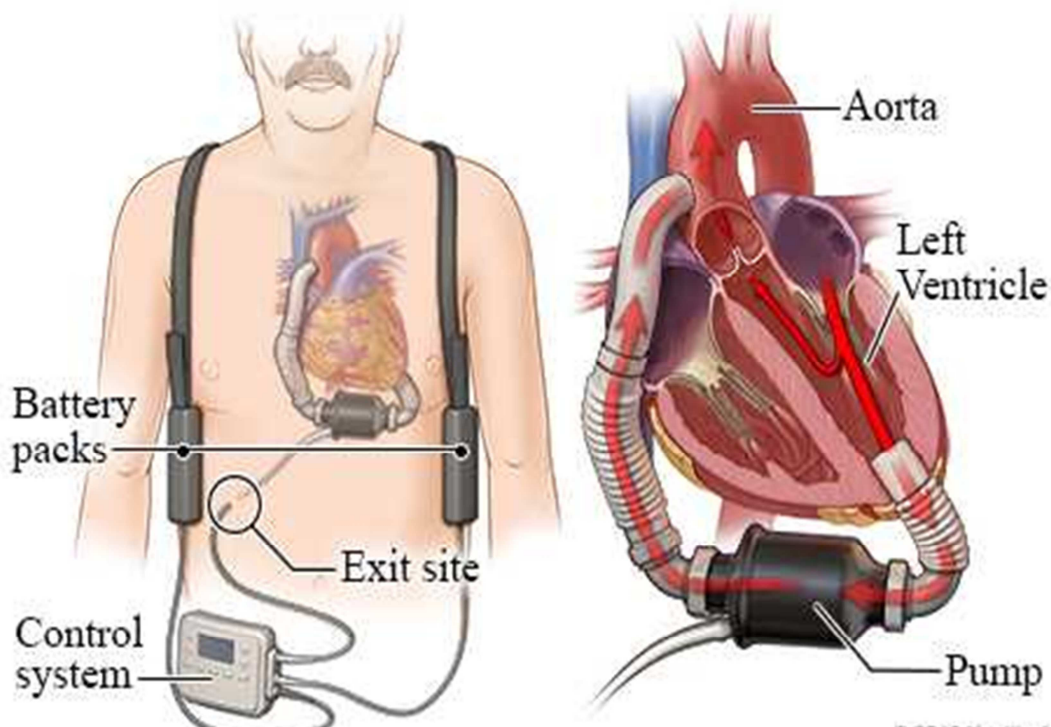
Uređaj se pokazao korisnim i sigurnim kod bolesnika sa srčanim zatajenjem, kod bolesnika u kardiogenom šoku te kod visokorizičnih bolesnika koji su podvrgnuti perkutanoj koronarnoj intervenciji [11].

Drugi uređaj u ovoj kategoriji je BiVAD (*eng. Biventricular assist device*) tj. mehanički uređaj koji služi kao podrška za lijevi i desni ventrikul [Slika 13].





**slika 12:** A) HeartMate II. Uređaj za perkutanu podršku lijevom ventrikulu, B) femoralna implantacija TandemHeart uređaja za perkutanu podršku lijevom ventrikulu. Izvor: <https://ajkdblog.org/2018/01/30/left-ventricular-assist-devices-and-kidney-function-an-overview-for-nephrologists>



slika 13: BiVAD. Izvor: <https://www.marketreportgazette.com/2019/08/ventricular-assist-device-market-to-grow-by-2024-major-players-profiling-medtronic-abbott-laboratories>

#### 1.6.4. Aksijalne pumpe

Ove male robusne pumpe koriste se kao podrška lijevom ili desnom ventrikulu, izrađene od biokompatibilnog materijala. Uređaj sadrži rotirajući propeler sa spiralnom lopaticom koja se okreće oko središnje osovine. Vrtnjom lopatice uređaj osigurava da se krv crpi iz dotočne kanile prema izlaznoj kanili.

Protok krvi u ovom uređaju je nepulsirajući, tihe su i koriste manje energije od ostalih pumpi. Aksijalne pumpe koriste se kao „privremena“ podrška srcu, ali njihovo vrijeme trajanja proteglo se sve do točke u kojoj se počinju gledati kao destinacijska terapija.

Razvoj totalnog umjetnog srca (*TAH*; eng. *Total artificial heart*) u ranim 60-im, a koji još uvijek traje i napreduje, potaknut je malim brojem donora i općenito nedostatkom organa kompatibilnih za pojedinca. U aksijalne pumpe svrstavamo sljedeće uređaje: HeartMate II., HeartWare i Impella, TandemHeart.



### **A) HeartMate II. (HM II.)**

HM II. je uređaj koji se koristi kao destinacijska terapija ili kao „most“ do transplatacije. Istraživanja su pokazala da je bolesnicima olakšao simptome srčanog popuštanja, povećao stopu preživljenja, ali i osigurao bolju kvalitetu života bolesnika [15].

#### Indikacije:

- ireverzibilno oštećenje lijeve klijetke
- bolesnici kod kojih je klasificirana NYHA III., NYHA IV. stupanj zatajenja lijevog ventrikula, a koji nisu kandidati za transplantaciju.

#### Kontraindikacije:

- bolesnici koji nisu podobni za antikoagulantnu terapiju.

#### Komplikacije:

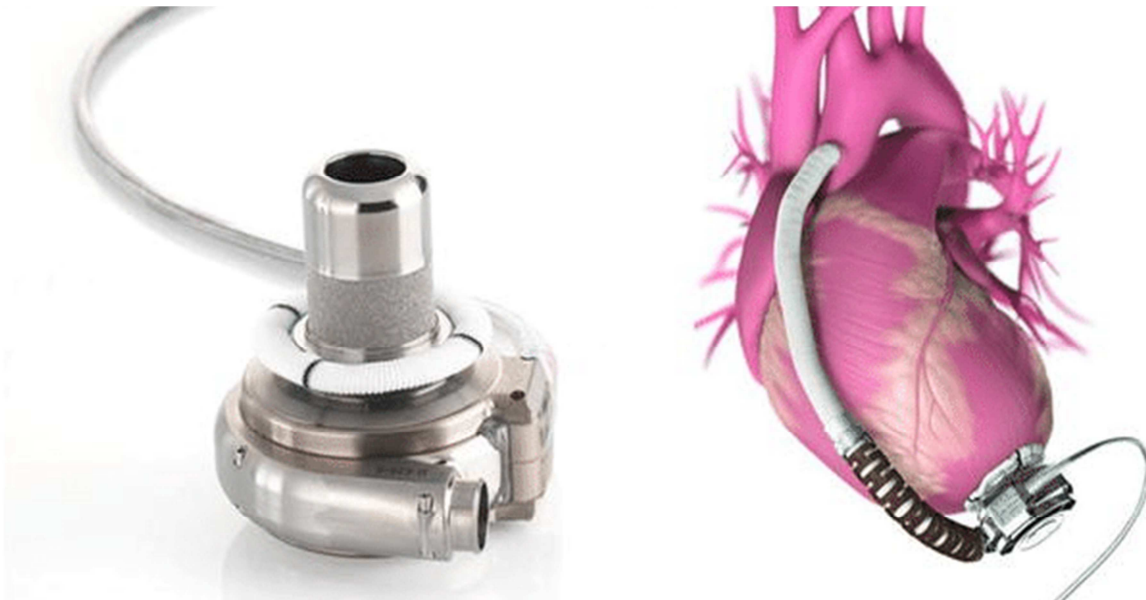
- smrt
- krvarenje
- maligna aritmija
- respiratorni zastoj
- zatajenje desnog srca
- neispravnost uređaja
- infekcija pogonskog sustava, sepsa
- zatajenje bubrega
- neurološka disfunkcija
- tromboembolijski incidenti uređaja i periferije
- hemoliza
- infarct.

HM II. je primjenjiv za bolničku i izvanbolničku upotrebu. Također je siguran za transport bolničkim kolima, avionom i helikopterom [15].

## ***B) HeartWare (HW)***

HW je mehanička pumpa koja se koristi kao podrška lijevom srcu. Koristi se kao kratkotrajna destinacijska terapija ili kao „most“ do transplantacije srca. Također se radi na tome da se HW odobri na korištenje kao trajna terapija za bolesnike sa zatajenjem srca, a koji ne ispunjavaju uvjete za transplantaciju [16].

Pumpa je malena i lagana pa se implantira neposredno uz srce. S vanjskim uređajem spojena je kabelom kroz kožu [Slika14]. Uređaj se sastoji od kontrolne kutije i dvije dodatne baterije koje se nose oko struka ili preko ramena [16].



**slika 14:** Implantirani HeartWare s dotokom izravno iz lijevog ventrikula s izljevom u ascendentnu aortu. Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/HeartWare-HVAD-device-with-ventricular-sewing-cuff-b-Implanted-HeartWare-HVAD-with\\_fig4\\_272014292](https://www.researchgate.net/figure/HeartWare-HVAD-device-with-ventricular-sewing-cuff-b-Implanted-HeartWare-HVAD-with_fig4_272014292)

### Indikacije:

- hemodinamska podrška bolesnicima sa uznapredovalim srčanim zatajenjem lijeve klijetke.

### Kontraindikacije:

- bolesnici koji nisu podobni za antikoagulantnu terapiju.

### Komplikacije:

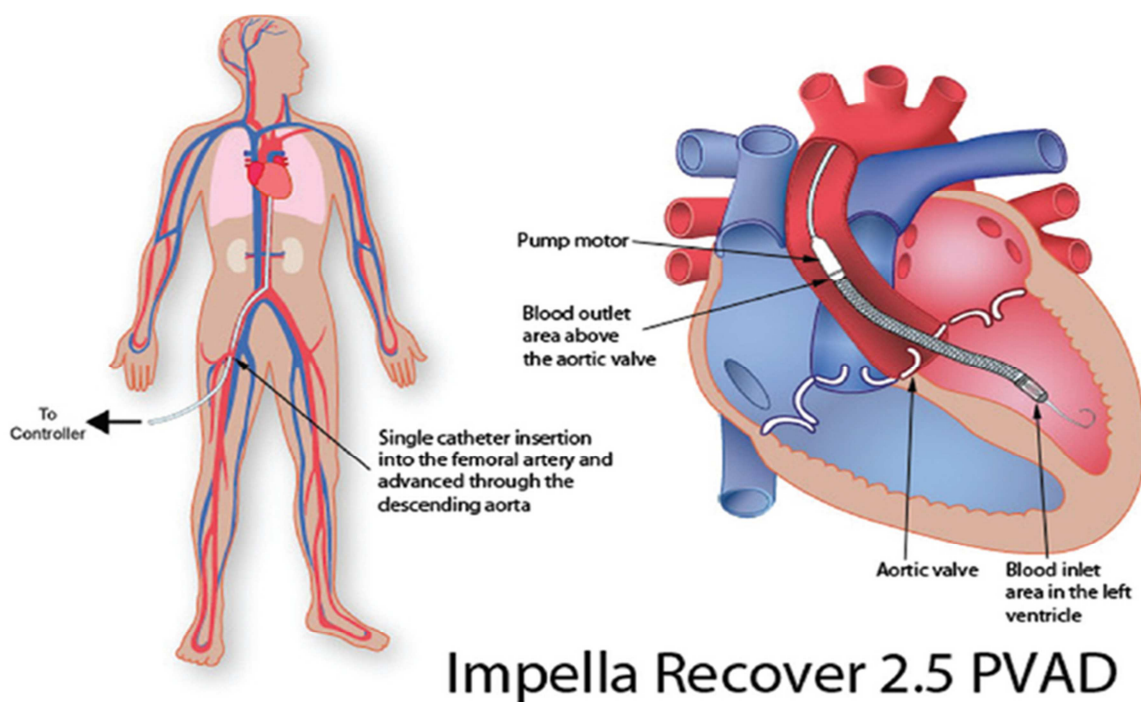
- smrt
- moždani udar
- neurološka disfunkcija
- kvar uređaja
- tromboembolijski incidenti
- zatajenje desnog srca
- krvarenja
- infekcija, sepsa.

### ***C) Impella***

Impella je uređaj koji se koristi kao podrška lijevom i desnom srcu. Pomoću implantirane pumpe crpi se krv iz lijeve klijetke i izbacuje pomoću katetera u ascendentnu aortu.

Implantira se kateterizacijom femoralne arterije u uzlaznu aortu, kroz valvulu, u lijevi ventrikul [Slika 15] [17,18].

Može se koristiti kao kratkotrajna podrška srcu kod visokorizičnih perkutanih koronarnih intervencija u hemodinamski nestabilnih bolesnika. Najčešće se koristi do 6 sati, a kao privremena podrška srcu može se koristiti u periodu od 4 do 14 dana kod bolesnika u kardiogenom šoku [Slika 165]. Također se može upotrebljavati u vremenskom periodu do 48 sati kod akutnog infarkta miokarda, kod otvorene operacije srca s kardiomiopatijom te kod miokarditisa [17,18]. Zadaća mu je smanjiti rad ventrikula i osigurati cirkulacijsku podršku potrebnu za oporavak srca [17,18].



## Impella Recover 2.5 PVAD

**slika 15:** konfiguracija inflow/outflow kanila za Impella-u Recover PiVAD. Izvor: <http://www.mefos.unios.hr/index.php/hr/dokumenti/pravilnici-i-dokumenti/23-dokumenti/523-dokumenti-na-razini-fakulteta> kanila za Impella Recover PiVAD

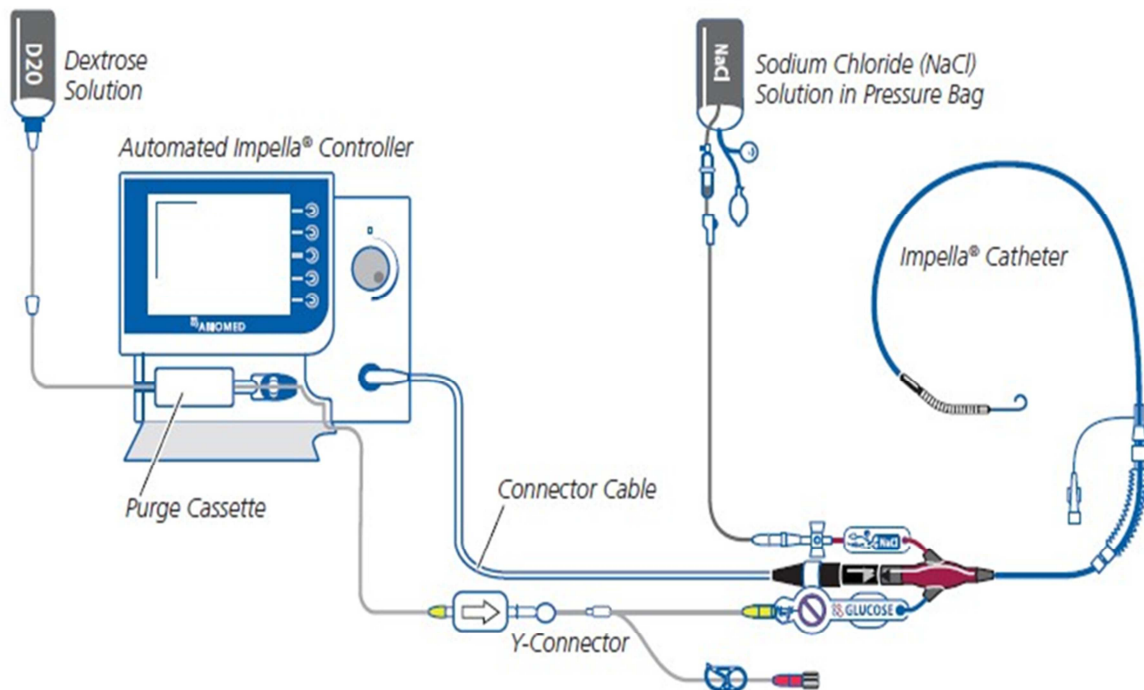
### Kontraindikacije primjene kod kardiogenog šoka:

- muralni tromb u lijevom ventrikulu
- prisutnost mehaničke aortne valvule
- stenozna aortne valvule ( $0,6 \text{ cm}^2$  i manje)
- teška periferna arterijska bolest
- značajno zatajenje desnog srca
- ruptura lijevog ventrikula
- tamponada srca.

### Komplikacije:

- akutno bubrežno zatajenje
- ozljeda aortne valvule
- krvarenje
- cerebralna vaskularna bolest / moždani udar
- hemoliza

- infarkt miokarda
- trombocitopenija
- oštećenja krvožilnog sustava.



**slika 16:** Konfiguracija Impella uređaja. Izvor: [https://www.visualizepicture.com/c/impella-education\\_EBBqOPMQtBMOK3PoQOoi6QwCJKM7Ebaz7QfSuzN4Gr%7C4/](https://www.visualizepicture.com/c/impella-education_EBBqOPMQtBMOK3PoQOoi6QwCJKM7Ebaz7QfSuzN4Gr%7C4/)

#### ***D) TandemHeart***

Novi je visokosofisticirani uređaj za podršku srca koji osigurava visoki stupanj cirkulacijske potpore. Sastoji se od snažne pumpe koja osigurava perfuziju ostalih dijelova tijela. Koristi se transseptalna kanilacija lijevog atrija koja služi za crpljenje krvi i rasterećenju lijevog ventrikula, krv se vraća u aortu [Slika17] [19,20].

Osigurava stalnu opskrbu oksigenirane krvi organima dok istiskuje krv u aortu kako bi se smanjio rad lijeve klijetke [Slika 18] [19,20].

Indikacije:

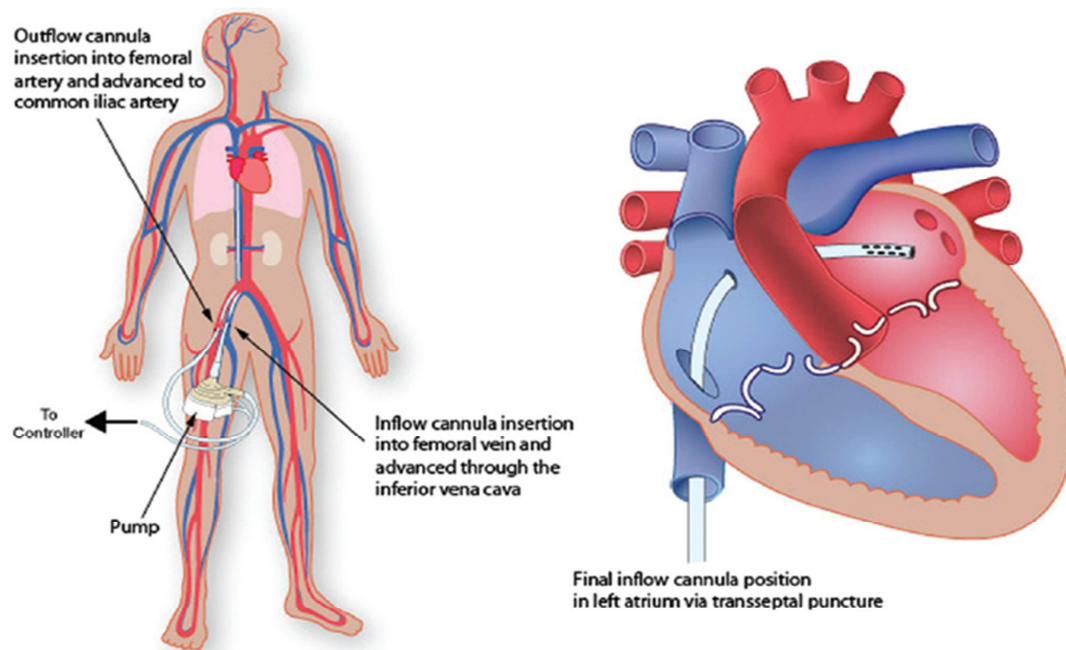
- akutni infarkt miokarda s pratećim kardiogenim šokom.

Kontraindikacije:

- ventrikularni septalni defekt
- teška periferna vaskularna bolest
- nemogućnost antikoagulantne terapije.

Komplikacije:

- distalna ishemija udova
- krvarenje
- infekcija
- tamponada zbog perforacije u trenutku transseptalne punkcije
- tromboembolija
- zračna embolija u vrijeme umetanja velikih kanila.



## TandemHeart PVAD

**slika 17:** konfiguracija inflow/outflow kanila za TandemHeart. Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Percutaneous-circulatory-support-in-cardiogenic-to-Kar-Basra/405be9885590eb5565b6a9df551b687ffe2cc959/figure/3>



slika 18: TandemHeart uređaj. Izvor: <https://www.dicardiology.com/content/research-team-receives-%E2%82%AC65-million-euro-shock-heart-attack-study>

### 1.7. Podjela prema fiziološkom sustavu kojeg opskrbljuje uređaj

Kada govorimo o podjeli prema fiziološkom sustavu kojeg uređaj opskrbljuje, tada mislimo na:

a) potporu cirkulaciji - svi VAD uređaji

b) potporu cirkulacijskom i respiracijskom sustavu ECMO.

ECMO se primjenjuje kod životno najugroženijih bolesnika kojima je potrebna poštuda i zamjena funkcije i srca i pluća da bi mogao nastupiti oporavak istih. Najčešće se koristi dvokanalna konfiguracija, odnosno kanulacija s dvije kanile koje mogu biti veno-venske ili

veno-arterijske. VV uređaj drenira krv iz desnog atrija, oksigenira ju te vraća u desni atrij. Pogodna je kod bolesnika s ARDS-om. Za razliku od VV konfiguracije, VA konfiguracija ECMA drenira krv iz desnog atrija te ju vraća u bolesnikov arterijski sustav preko femoralne arterije prema aorti. Napredak tehnologije omogućio je ugradnju treće kanile. Stoga se u posljednje vrijeme često javlja potreba za trostrukom kanilacijom tj. veno-veno arterijska ili veno-arterijsko-venska konfiguracija koja se nadalje može upotpuniti s kanilom priključenom na plućnu arteriju ili venu. Trostruka kanilacija je novi i složeniji oblik mehaničke potpore. Stoga se i koristi u iskusnim centrima i kod pažljivo odabranih bolesnika.



### **3.PODRŠKA SESTRINSTVA KOD PRIMJENE ECMO-a**

Pod podrškom ili menagementom (eng. menagemet) sestrinstva koje je vezano za ovu temu, podrazumijevamo značenje i ulogu sestrinstva u jedinicama intenzivnoga liječenja kod primjene ECMO-a. Odgovornost i dužnosti medicinskih sestara iznimno su velike. U radu s ovim visokosofisticiranim uređajem, medicinskim sestrama porasla je odgovornost ne samo u zahtjevnoj njezi bolesnika, već i u brizi i održavanju ECMO cirkulacijskog kruga [21].

Svakidašnje rendgenske i ostale kontrole zahtijevaju prisutnost i medicinske sestre i perfuzioniste kako bi se osigurao neprekidni protok cirkulacijskog kruga.

Bolesnik na ECMO uređaju ne smije ostati bez nadzora, a vrijeme za odmor mora se kvalitetno osigurati. Svako ometanje cirkulacijskog kruga mora se pravodobno primijetiti te pravovaljano i pravodobno reagirati jer će u suprotnom nastupiti pogoršanje stanja bolesnika koje na kraju dovodi do neželjenog ishoda [21].

Svakodnevna briga o brzini protoka pumpe kao i ostale poteškoće koje medicinska sestra zapazi, mora iznijeti perfuzionisti. Dakle, govorimo o odlično educiranoj, uvježbanoj i ponajprije komunikativnoj medicinskoj sestri koja je vrlo bitan član visokoeduciranog i multidisciplinarnog tima [22,23].

Svaki detalj medicinska sestra mora kompjuterski evidentirati.

Primjena ECMO-a predstavlja jedinstven izazov u svladavanju svakidašnjih problema s raspoloživim i pristupačnim resursima ustanove.

#### **3.1. Sestrinska skrb za bolesnika prije priključenja na ECMO uređaj**

Bolesnicima kojima je potreban ECMO uređaj zbog bilo koje etiologije, zahtjeva veliki angažman, intenzivnu njegu i skrb te suradnju cijelog multidisciplinarnog tima sastavljenog od liječnika, medicinske sestre, perfuzioniste, fizioterapeuta i mnogih drugih stručnjaka.

Medicinske sestre su neophodne za pružanje takve zdravstvene skrbi i igraju sastavnu ulogu u skrbi za bolesnika.

Kod priključenja bolesnika na ECMO uređaj, tj. na samom početku procedure, medicinska sestra ima veliku odgovornost. Medicinska sestra nadgleda rad i sudjeluje u pričvršćivanju i

osiguravanju od ispadanja postavljene kanile koje se postavljaju uz kontrolu ultrazvuka i potvrđuje rendgenskim snimkom. Dobrom fiksacijom kanile osiguravamo čvrstoću i stabilnost koja je bitna tijekom manipulacije i pretraga koje je potrebno svakodnevno obavljati.

Slabo pričvršeni šavovi i pogrešno postavljene kanile uzrokuju ozbiljne probleme kao što su neadekvatni protoci i ispadanje kanile.

Iako je često postavljena treća kanila za perfuziju donjih ekstremiteta, medicinska sestra mora provjeravati udove, pratiti boju, palpirati puls i navrijeme uočiti hipotermiju i cijanozu donjih ekstremiteta.

Čest problem kod implantacije kanile je perforacija krvne žile koja ne mora odmah biti primijećena. Znak perforacije žile je krvarenje na mjestu uboda, kao i maleni hematomi. Dobro educirana medicinska sestra može istog ublažiti i kontrolirati manualnim pritiskom te kontrolirati protok i distalnu pulzaciju. Najozbiljnija komplikacija perforacije krvne žile jest retroperitonealni hematoma te je potrebno nadzirati područje trbuha i ingvinalnu regiju, alarmirati i pravodobno reagirati na ekhimozu, hipotenziju i pad krvne slike [22,23].

### **3.2. Sestrinska skrb za bolesnika priključenog na ECMO uređaj**

Osim sestrinske njege koja mora biti na visokoj razini, medicinska sestra mora dobro pratiti hemodinamsko stanje bolesnika, znati prepoznati i alarmirati ostatak tima na svaku poteškoću pri radu. Među ostalim zadacima medicinska sestra mora:

1. kontinuirano nadzirati pacijenta i ECMO
2. pratiti podatke/upozorenja za hipovolemiju u obliku fluktuirajućih protoka i „trešnje“ ECMO cijevi.
  - Hipovolemija (relativna ili apsolutna) može rezultirati poremećenim protokom krvi kroz cirkulacijski krug.
  - Usisavanje ulazne kanile na stijenci žile može se pojaviti zbog hipovolemije koja potencijalno može uzrokovati traumu endotela krvne žile, kao i hemolizu.
  - Protok krvi kroz ECMO krug ključan je za održavanje izmjene plinova, kao i za održavanje hemodinamske stabilnosti.

### 3. Tlak prije i poslije membrane

- Normalne vrijednosti:
  - ✓ predmembranski tlak: manji od 300 mmHg
  - ✓ postmembranski tlak: manji od 50 mmHg (tlak veći od 150 mmHg - razmišljati o promjeni cirkulacijskog kruga).

### 4. Dotok kisika u oksigenator:

- osigurati da su cijevi za kisik korektno učvršćene
- provjeriti protok na izlazu za kisik.

### 5. Paziti na temperaturu pacijenta

Grijač se mora postaviti na 37°C. Ako bolesnika treba pothladiti ili ugrijati, obavijestiti perfuzionista.

- Mjerenje temperature treba započeti i kontinuirano pratiti tijekom ECMO terapije termostatom u krvi kateterom.
- Za održavanje homeostaze mora se održavati normalna tjelesna temperatura, osim ako nije klinički poželjna blaga hipertermija.
- Kontinuirano praćenje omogućuje rano otkrivanje i samim tim upravljanje temperaturnim promjenama.

### 6. Ulazna i izlazna kanila

- Obratiti pažnju na čuvanje kanila, čistiti i dezinficirati kanile, zaštititi ih sterilnim oblogama.
- Sigurni oblozi/komprese potrebni su za održavanje čistoće mjesta kanile, a također za pomoć u stabilizaciji kanile.

### 7. Promatranja cirkulacije donjih udova:

- temperatura udova
- boja udova
- periferna pulzacija
- kapilarno punjenje
- zbog velike povratne kanile može se ugroziti distalna arterijska perfuzija (A-V ECMO), dok venske kanile mogu dovesti do stvaranja tromboze.

## 8. Hematurija

- Hematurija je često prisutna kada postoji hemoliza pa ju je potrebno prijaviti i istražiti na odgovarajući način.

9. Treba promatrati način ventilacije: način rada, FiO<sub>2</sub>, volumen plina, brzinu disanja, PEEP, potporu tlaka, vrijeme udisaja i tlak.

## 10. Bolesnika treba njegovati na leđima:

- Glava bolesnika mora biti podignuta za 30 %.
- Koristi se antidekubitalni madrac (zbog smanjene pokretljivosti i perfuzije ovakvi bolesnici imaju visok rizik oštećenja kože i potkožnog tkiva, tj rizik nastanku dekubitusa).
- Kada se bolesnik treba premjestiti ili transportirati, moramo osigurati dovoljno educiranog osoblja koji će paziti na kanile, cijevi i protok cirkulacije.
- Neurološka procjena i kontrola zjenica moraju se kontrolirati zbog mogućnosti intrakranijalnog krvarenja.

Uz sve navedeno, za bolesnika na ECMO uređaju potrebno je provoditi svaki dan biokemijske kontrole krvi (urea, kreatinin, elektroliti, magnezij, PO<sub>4</sub>), koagulogram (APTT, INR, d-dimeri, fibrinogen) te rendgenska snimanja. APTT se kontrolira svakih 6 sati, osim ako vodeći liječnik ne kaže drukčije. Hemoglobin iz plazme kontrolira se tek kada je klinički indicirano. Normalne vrijednosti kreću se iznad 0,1 g/L, sve iznad toga se treba konzultirati sa perfuzionistom. Hemokulture se uzimaju 3 puta tjedno ako nije naglašeno drukčije, a krv se dobiva iz cirkulacijskog kruga [22,23,24].

Infekcije su prateća pojava i još jedna prijetnja bolesniku priključenom na ECMO- uređaj. Primjena steroida i velikih doza krvnih pripravaka može odgoditi prezentaciju simptoma infekcije, stoga je i smrtnost takvih bolesnika veća od onih bez prisustva infekcije. Također upotreba visokih doza vazopresora dovodu do smanjenja perfuzije donjih ekstremiteta što rezultira nastankom dekubitusa. Isti su plodno tlo za nastanak infekcije i daljnji razvoj sepse. Stoga, dobro educirana medicinska sestra može uvelike pridonijeti i spriječiti nastanak infekcije i to dobro obavljenom njegom i očuvanjem integriteta kože bolesnika.

Najnovije studije pokazale su da, bez obzira na broj kanila i mjesto kanulacije, kao i na vrstu ECMO podrške (VV,VA), potrebno je što ranije krenuti s pasivnom fizikalnom terapijom, tj. mobilizirati bolesnika [22,23]. Prije početka primjene fizikalne terapije potrebno je prilagoditi brzinu cirkulacijskog kruga i količinu oksigenacije.

Društvo za intenzivnu skrb razvilo je pravilo ABCDEF koje se pokazalo vrlo dobrim u liječenju bolesnika na ECMO uređaju, a čija je svakodnevna primjena u praksi rezultirala smanjenom stopom smrtnosti. Ovo pravilo može se primijeniti i na ostalim bolesnicima liječenim u bolnicama/klinikama, a uključuje:

**Assess, prevent, and manage pain; procijeniti, spriječiti i upravljati bolovima**

**Both spontaneous awakening and breathing trials; ispitivati spontane udahe i buđenja**

**Choice of analgesia and Sedation; izbor analgezije i sedacije**

**Delirium assess, prevent, and manage; procjena, sprječavanje i liječenje delirija**

**Early mobility and exercise; rana mobilnost i vježbanje**

**Family engagement/empowerment; angažman i uključivanje obitelji.**

Tijekom ECMO podrške bolesniku se treba osigurati maksimalnu udobnost, izbjeći produžavanje patnje i osigurati kontinuiranu skrb kako za bolesnika tako za njegovu obitelj, tj. skrbnike [23,26].

Ocjene boli po "CPOT" ljestvici (eng. **Critical pain observation tool**) i ljestvica za sedaciju bolesnika s pomoću RASS ljestvice (eng. **Richmond agitation sedation score**) trebaju se provjeravati i evidentirati svako dva sata (koristiti ljestvicu koja se koristi u toj zdravstvenoj ustanovi) [22,23].

### **3.3. Sestrinska skrb za bolesnika nakon isključenja sa ECMO uređaja**

Multidisciplinarni tim procjenjuje i odlučuje o vremenu kada bolesnika odvojiti od ECMO uređaja. Prema smjernicama najprije se izrađuje plan uklanjanja kanila. Bolesnik mora ispuniti sljedeće kriterije:

- afebrilnost
- euvolemija (normalna razina ekstracelularne tekućine)
- poboljšanje srčano-plućne funkcije, što uključuje:
  - - ✓ jasno poboljšanje rendgenske snimke srca/pluća
    - ✓ ECMO potpora < 30% od ukupne funkcije srce/pluća
    - ✓ adekvatne vrijednosti srednjeg arterijskog tlaka, srčanog indeksa, pulsno­g tlaka (> 30 mmHg)
    - ✓ optimalna inotropna terapija (za snagu srčane kontrakcije) - dopamin, dobutamine.

## 4. ISTRAŽIVANJE

Retrospektivnom studijom analizirani su bolesnici tijekom trogodišnjeg vremenskog intervala (2016.-2018. godine) koji su liječeni u Koronarnoj i Intenzivnoj jedinici Službe za interne bolesti Opće bolnice Dubrovnik. Svi bolesnici obuhvaćeni studijom tijekom liječenja bili su na mehaničkoj ventilacijskoj potpori tj. respiratoru. Uzrok primjene respiratora uključivao je primarni (bolest pluća) i sekundarni uzrok respiracijske insuficijencije. Među ispitanicima pratila se moguća potreba indikacije za primjenu ECMO-a, a s obzirom na težinu bolesti, nastale popratne komplikacije i stupanj učinkovitosti respiracijske mehaničke potpore.

### 4.1. Cilj i hipoteza istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrđivanje učestalosti potrebe za primjenom ECMA-a među bolesnicima na mehaničkoj potpori ventilacije koja zbog težine bolesti nije mogla omogućiti zadovoljavajuću respiraciju bolesnika. Hipoteza istraživanja trebala je potvrditi pretpostavku da je među bolesnicima koji su liječeni na respiratoru bez poboljšanja respiracijske funkcije postojao značajnije veći broj potencijalnih indikacija za primjenu ECMA-a od očekivanih.

### 4.2. Ispitanici i metode

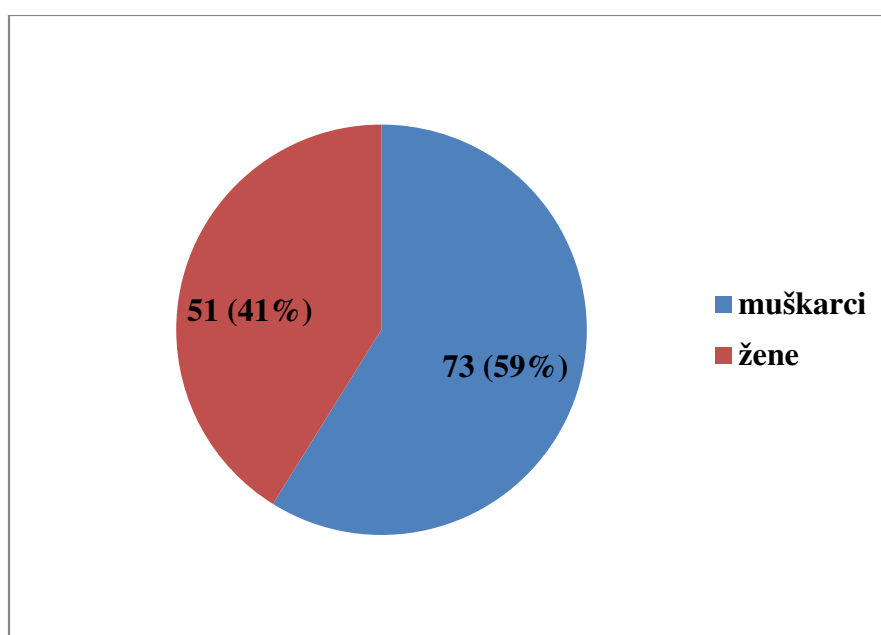
Nakon odobrenja Etičkog povjerenstva Bolnice, podatci o ispitanicima koji su bili liječeni na respiratoru u Koronarnoj i Intenzivnoj jedinici internog odjela, prikupljeni su iz digitalno arhivirane medicinske dokumentacije bolnice (BIS) i to retrogradno tijekom trogodišnjeg razdoblja. Prikupljeni podatci grupirani su prema demografskim karakteristikama (dob, spol, do sada liječeni komorbiditeti), uzroku potrebe za respiratorom, komplikacijama liječenja, težini respiracijskog poremećaja, dužini trajanja liječenja i ishodu liječenja.

**Obrada prikupljenih podataka:** Kvalitativni podaci prikazani su kao srednja vrijednost i standardna devijacija, a kvantitativni kao proporcija uz postotak. Rezultati su prikazani u tablicama ili histogramima. Usporedba kvantitativnih podataka učinjena je uz Chi-Square test, a usporedba kvalitativnih podataka uz analizu varijance (ANOVA). Statistički značajna razlika prihvaćena je uz vrijednost varijable p manje od 0.05 ( $p < 0.05$ ).

### 4.3. Rezultati istraživanja

#### 4.3.1. Demografske karakteristike ispitanika s obzirom na uzrok bolesti i pridruženi komorbiditet

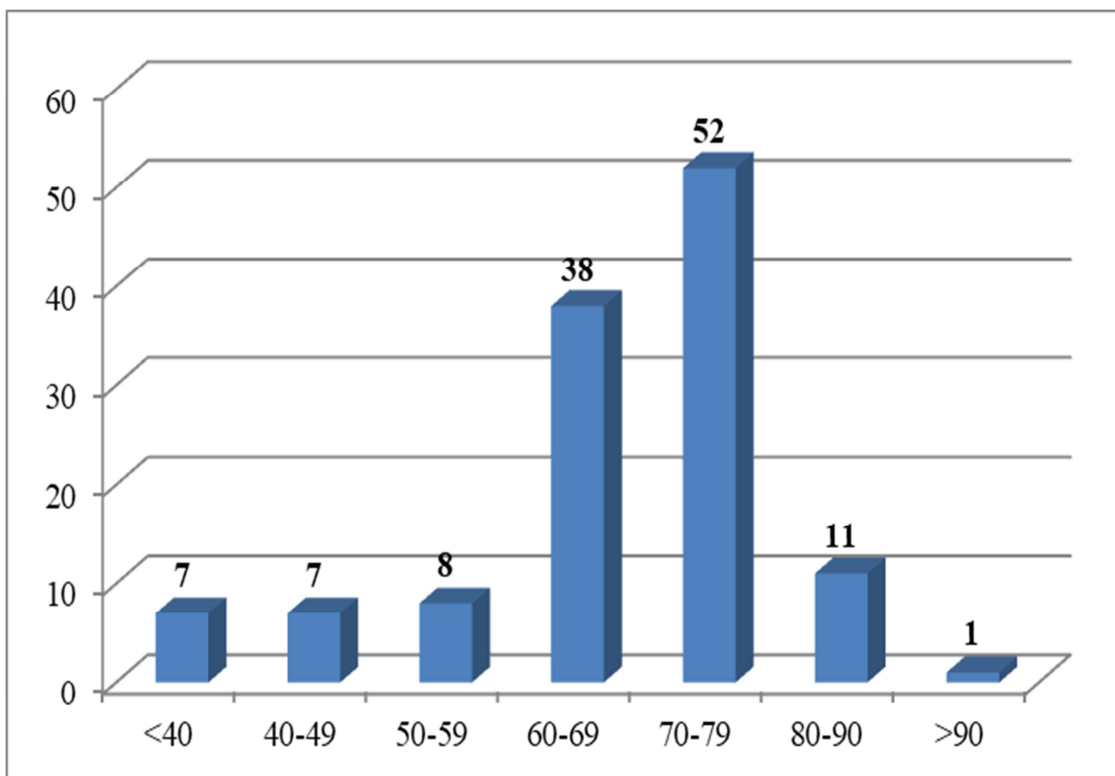
Između 2016. i 2019. godine ukupno je bilo 124 intenzivnih bolesnika koji su tijekom liječenja bili vezani uz mehaničku potporu ventilacije. Muškaraca je bilo više 73 (59 %) od žena 51 (41 %) **uz statistički značajnu razliku** ( $p=0,04$ ), [Slika 19].



**Slika 19:** Raspodjela ispitanika prema spolu

Prikaz ispitanika prema dobnim skupinama prikazan je na slici **20**. Najmlađi bolesnik imao je 19, a najstariji 95 godina. Najveći broj bolesnika bio je u dobi od 70 do 79 godina ( $N=52$ ; 42 %).





**Slika 20:** Broj ispitanika prema životnoj dobi

Između 60 i 79 godina bilo je ukupno 90 bolesnika ili čak 73 % od ukupnog broja svih ispitanika. Prosječna starost bolesnika bila je 68 godina. Žene su prosječno bile starije životne dobi (72 godina) u usporedbi s muškarcima (66 godina), no bez potvrđene statističke značajnosti ( $P=0.091$ )(Tablica 3, 4).

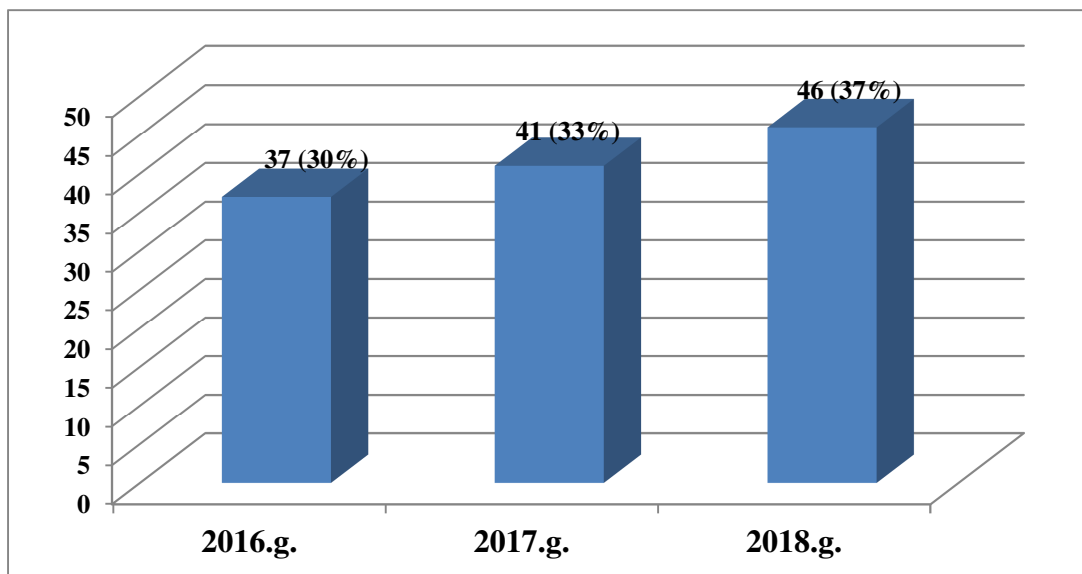
**Tablica 3:** Srednja dob hospitaliziranih prema spolu

|          | <b>Srednja dob <math>\pm</math> SD</b><br><b>(godine)</b> | <b><math>P^x</math></b> |
|----------|---|-------------------------|
| Ukupno   | 68,3 $\pm$ 13,3   | <b>0,091</b>            |
| Muškarci | 65,9 $\pm$ 12,3   |                         |
| Žene     | 71,8 $\pm$ 13,57  |                         |

**Tablica 4:** Ispitanici prema dobi i spolu

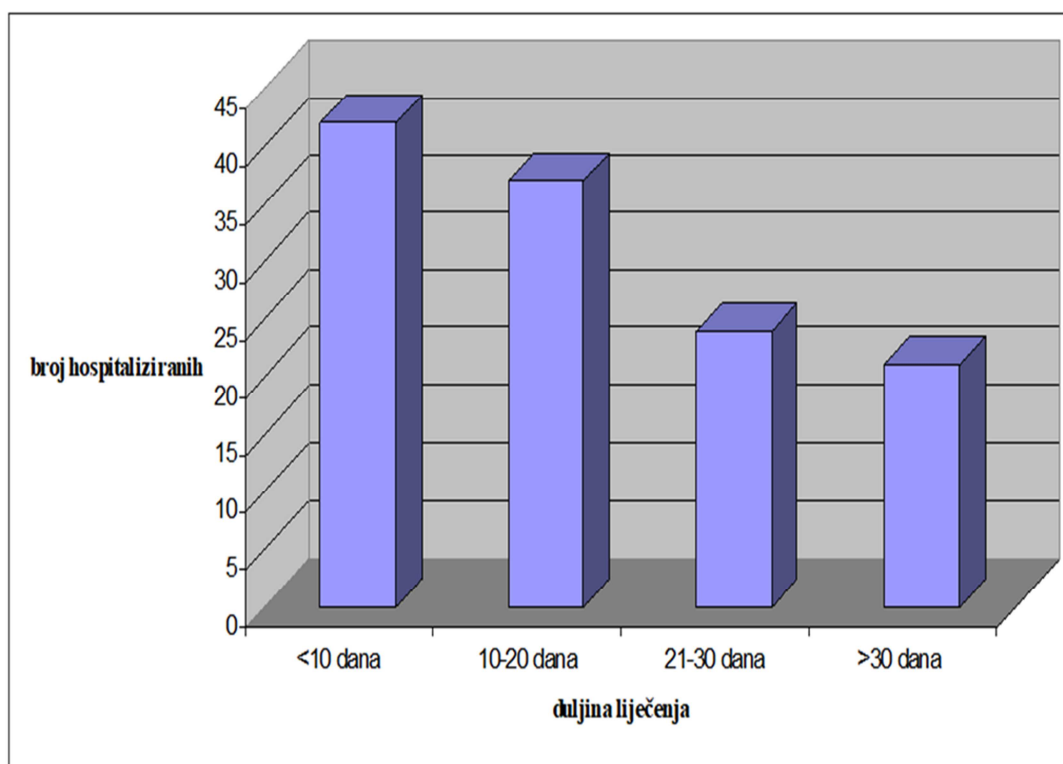
| God           | Muškarci  |            | žene      |            | Ukupno     |            |
|---------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|------------|
|               | Broj      | %          | broj      | %          | broj       | %          |
| <40           | 4         | 5          | 3         | 5          | 7          | 6          |
| 40-49         | 6         | 8          | 1         | 2          | 7          | 6          |
| 50-59         | 6         | 8          | 2         | 4          | 8          | 6          |
| 60-69         | 25        | 34         | 13        | 26         | 38         | 30         |
| 70-79         | 24        | 33         | 28        | 56         | 52         | 42         |
| 80-89         | 8         | 12         | 3         | 5          | 11         | 9          |
| >90           | 0         | 0          | 1         | 2          | 1          | 1          |
| <b>Ukupno</b> | <b>73</b> | <b>100</b> | <b>51</b> | <b>100</b> | <b>124</b> | <b>100</b> |

Tijekom promatranog trogodišnjeg razdoblja, prosječno je po godini 41 bolesnik liječen u jedinici intenzivnoga liječenja koji je zahtijevao mehaničku potporu ventilacije [Slika 21]. Broj ispitanika liječenih na respiratoru povećavao se od prve (30 %), druge (33 %) do treće godine promatranja (37%), ali razlika u broju ispitanika na respiratoru kroz te tri godine nije bila statistički značajna ( $p=0,06$ )(Slika 21).



**Slika 21:** Broj liječenih bolesnika na respiratoru u tri godine promatranja

Najveći broj bolesnika koji su tijekom liječenja zahtijevali mehaničku respiracijsku potporu, boravili su u jedinici intenzivnoga liječenja do 10 dana, a najmanji broj bolesnika bio je s dužinom hospitalizacije dužom od 30 dana [Slika 22].



**slika 22:** Broj oboljelih prema duljini hospitalizacije

Prosječna dužina hospitalizacije bila je 19 dana. Najkraća hospitalizacija bila je 1 dan, a najdulja 132 dana.

Prosječna duljina hospitalizacije u žena bila je kraća (18 dana) u usporedbi s duljinom hospitalizacije u muškaraca koja je iznosila 20 dana. Od 7 ispitanika kojima je duljina hospitalizacije bila 1 dan, u 6 (86%) bolesnika liječenje je završilo smrtnim ishodom, a 1 bolesnik nastavio je liječenje u drugoj ustanovi.

U tablici 5 prikazani su uzroci zbog kojih su ispitanici priključeni na respirator s posljedičnom ukupnom dužinom boravka u jedinici intenzivnoga liječenja.

Najveći broj ispitanika bio je priključen na respirator zbog akutne respiracijske insuficijencije (36 %); edema pluća (10 %), plućne embolije (4 %), ARDS-a (3 %) i pneumonija (3%), zatim srčanog zastoja (11 %), popuštanja srca (13 %), infarkta srca (8 %) i miokarditisa (0,8 %).

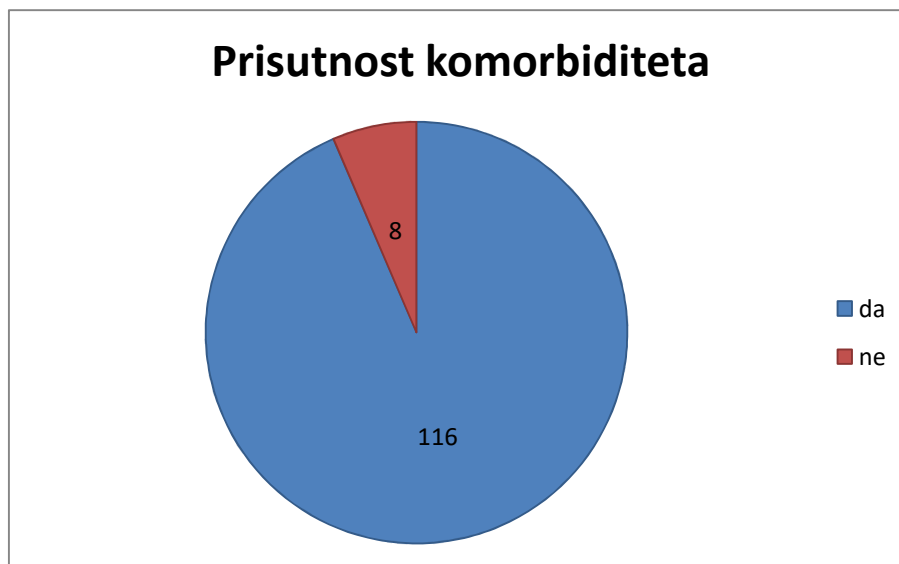
Pet posto ispitanika (5 %) bilo je vezano uz respirator zbog sepse.

Uspoređujući prosječnu duljinu hospitalizacije, najduže su bili hospitalizirani ispitanici oboljeli od plućne embolije (36 dana), pneumonije (34 dana) i renalne insuficijencije (29 dana), a zatim od infarkta srca (25 dana), srčanog aresta (18 dana) i popuštanja srca (18 dana). Deset bolesnika (8 %) liječeno je zbog akutnog infarkta miokarda. Od toga je 6 bilo STEMI (7,4 %), a 4 (5.0 %) NSTEMI infarkta.

**Tablica 5:** Broj ispitanika prema uzroku priključenja na mehaničku potporu disanja i posljedičnom dužinom boravka u jedinici intenzivnoga liječenja.

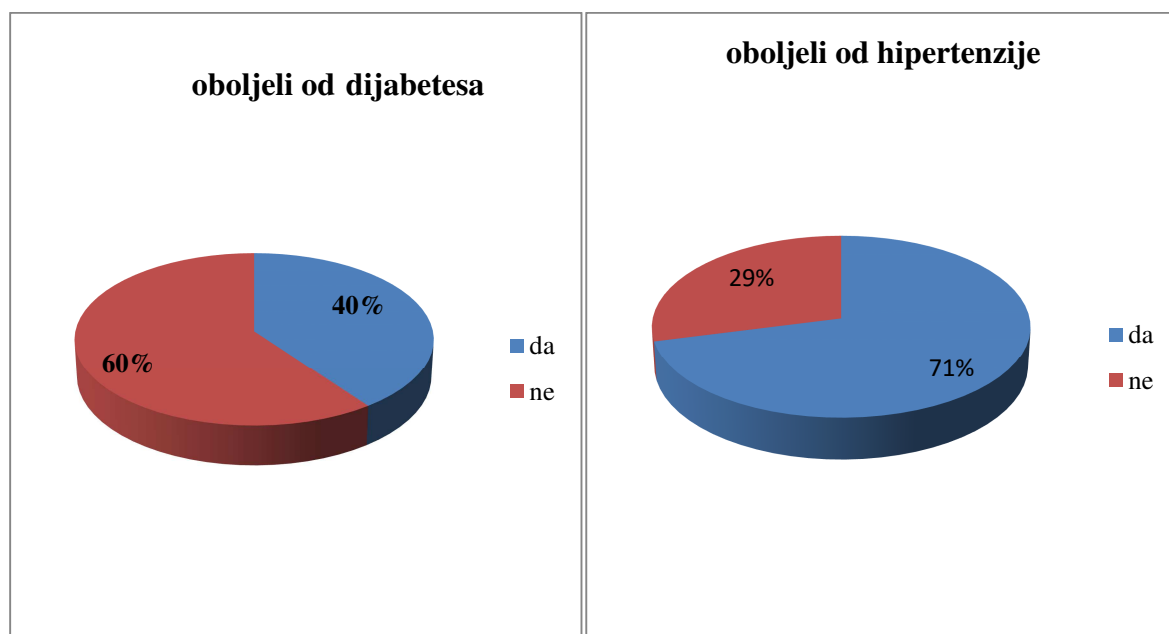
| <b>Dijagnoza</b>                     | <b>Broj</b> | <b>%</b> | <b>Prosječna dužina hospitalizacije (dani)</b> |
|--------------------------------------|-------------|----------|--|
| <b>Pneumonia</b>                     | 4           | 3,2      | 33,8   |
| <b>Srčani arrest</b>                 | 14          | 11,3     | 17,6   |
| <b>Infarkt miokarda</b>              | 10          | 8,1      | 25,2   |
| <b>Plućna embolija</b>               | 5           | 4,1      | 36,2   |
| <b>Kardiogeni šok</b>                | 3           | 2,4      | 6  |
| <b>ARDS</b>                          | 4           | 3,2      | 17,6   |
| <b>Miokarditis</b>                   | 1           | 0,8      | 1  |
| <b>Sepsa</b>                         | 6           | 4,8      | 12,7   |
| <b>Zatajivanje srca</b>              | 16          | 12,9     | 18,2   |
| <b>Edem pluća</b>                    | 12          | 9,7      | 14,9   |
| <b>Respiracijska insuficijencija</b> | 44          | 35,5     | 18,8   |
| <b>Gastrointestinalno krvarenje</b>  | 2           | 1,6      | 16   |
| <b>Renalna insuficijencija</b>       | 2           | 1,6      | 29   |
| <b>Poremećaj svijesti</b>            | 1           | 0,8      | 22   |

Od svih ispitanika samo 8 (6 %) nije imalo popratne, pridružene komorbiditete [Slika 23]. Ostalih 94% bolesnika na respiratoru imalo je najmanje jedan ili više pridruženih komorbiditeta.



**Slika 23:** Prisutnost komorbiditeta

Među komorbiditetima, samostalno ili u kombinaciji s drugima, dominirala je arterijska hipertenzija (N=88; 71 %) i dijabetes (N=50; 40 %) (Slika 24, 25). Istovremeno prisutnu hipertenziju i dijabetes imalo je 42 naših ispitanika (34 %).



**Slika 24:** Broj ispitanika oboljelih od dijabetesa

**Slika 25:** Broj ispitanika oboljelih od hipertenzije

Ukupan broj svih komorbiditeta u ispitanika iznosio je prosječno 3 komorbiditeta po bolesniku. Između svih registriranih komorbiditeta, najučestaliji popratni komorbiditet u ovoj

studiji bila je arterijska hipertenzija (22,6 %), čak sa 71 % učestalosti u svih ispitanika na respiratoru [Tablica 6]. Osim arterijske hipertenzije i dijabetesa, u kombinaciji komorbiditeta s visokom učestalošću pojavljuje se fibrilacija atrijska (11,8 %), komplikacije kroničnih srčanih bolesti u smislu dekompenzacije srca (10%) te od ranije prisutna kronična respiracijska (12,5 %) i renalna insuficijencija (11,3 %).

**Tablica 6:** Vrsta i učestalost pridruženih komorbiditeta među ispitanicima

| komorbiditet   | broj       | %           |
|--|------------|-------------|
| <b>Hipertenzija</b>                                  | 88         | <b>22,6</b> |
| <b>Dijabetes</b>                                     | 40         | <b>10,3</b> |
| <b>Mitralna stenoza</b>                              | 12         | <b>3,1</b>  |
| <b>Ishemijska bolest srca</b>                        | 20         | <b>5,1</b>  |
| <b>Dilatativna kardiomiopatija</b>                   | 14         | <b>3,5</b>  |
| <b>Fibrilacija atrijska</b>                          | 46         | <b>11,8</b> |
| <b>Srčana insuficijencija</b>                        | 39         | <b>10,0</b> |
| <b>Neurološke bolesti</b>                            | 26         | <b>6,7</b>  |
| <b>Ranija kronična respiracijska insuficijencija</b> | 49         | <b>12,5</b> |
| <b>Bubrežna insuficijencija</b>                      | 44         | <b>11,3</b> |
| <b>Abdominalna aneurizma</b>                         | 12         | <b>3,1</b>  |
| <b>Ukupno</b>  | <b>390</b> | <b>100</b>  |

U tablici 7 prikazan je broj komplikacija koje su razvili bolesnici na respiratoru ovisno o dijagnozi s kojom su primljeni u jedinicu intenzivnoga liječenja

**Tablica 7:** Zabilježene komplikacije ispitanika prema ulaznoj dijagnozi

| Dijagnoza                           | Komplikacije |   |    |          |
|-------------------------------------|--------------|---|----|----------|
|                                     | 0            | 1 | 2  | 3 i više |
| <b>Pneumonia</b>                    | 1            | 1 | 0  | 0        |
| <b>Arest</b>                        | 1            | 6 | 5  | 2        |
| <b>Infarkt</b>                      | 1            | 1 | 1  | 0        |
| <b>Plućna embolija</b>              | 1            | 1 | 3  | 2        |
| <b>Kardiogeni šok</b>               | 0            | 1 | 1  | 2        |
| <b>ARDS<sup>x</sup></b>             | 1            | 1 | 1  | 0        |
| <b>Miokarditis</b>                  | 1            | 0 | 0  | 0        |
| <b>Sepsa</b>                        | 0            | 1 | 1  | 2        |
| <b>Cor decompensatum</b>            | 0            | 1 | 5  | 2        |
| <b>Edem pluća</b>                   | 0            | 6 | 3  | 3        |
| <b>Respiratorna insuficijencija</b> | 1            | 1 | 19 | 12       |
| <b>Gastrointestinalno krvarenje</b> | 1            | 1 | 0  | 0        |
| <b>Renalna insuficijencija</b>      | 1            | 1 | 0  | 0        |
| <b>Poremećaj svijesti</b>           | 1            | 0 | 0  | 0        |

Prikazano je da bolesnici s ranijom kroničnom respiratornom insuficijencijom razvijaju najviše komplikacija tj. 19 ih je razvilo dvije komplikacije, a čak 12 bolesnika razvilo je 3 i

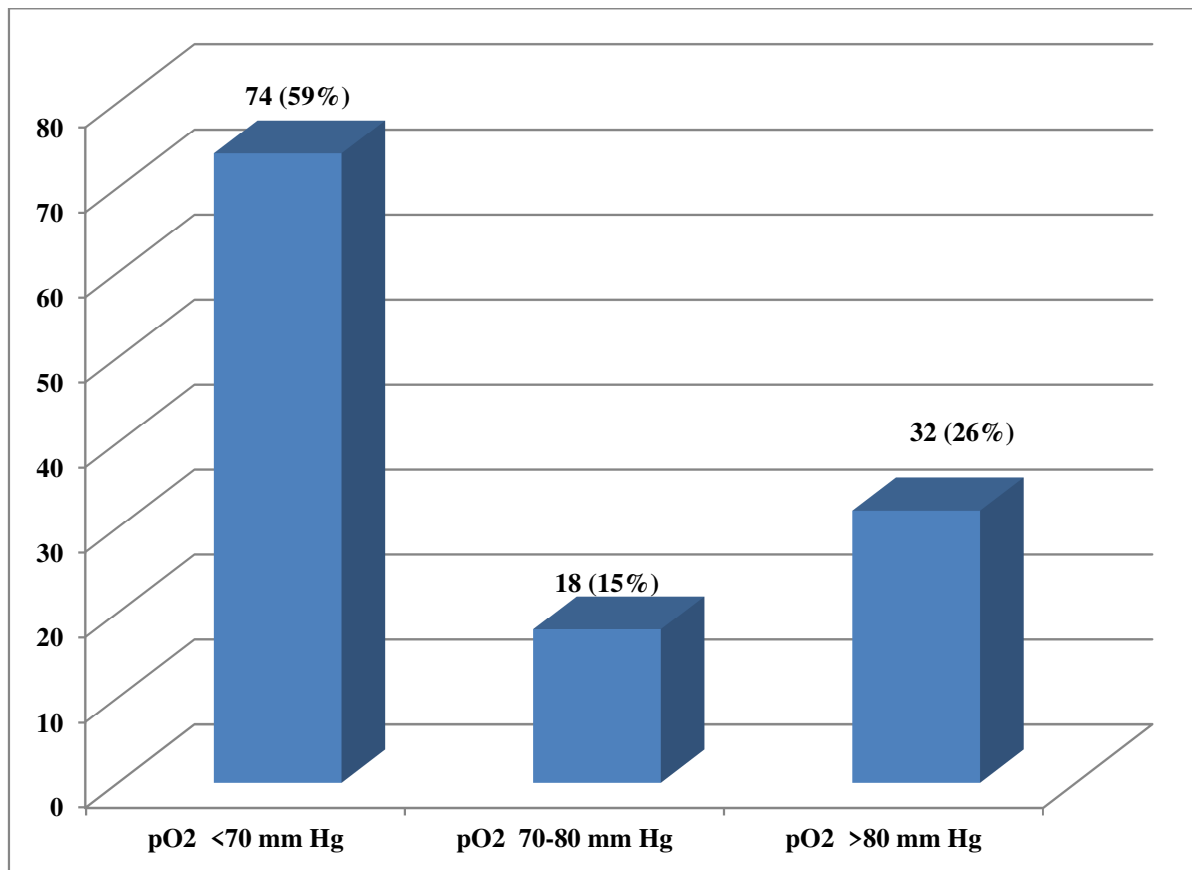


više komplikacija. Na drugom mjestu su bolesnici nakon srčanog aresta od kojih je 6 bolesnika razvilo jednu komplikaciju, čak 5 bolesnika razvili su po dvije komplikacije, a dvoje bolesnika imali su tri i više istovremeno prisutnih komplikacija. Ispitanici s embolijom pluća, kardiogenim šokom i sepsom kao primarnim uzrokom liječenja također su imali visoki rizik istovremene pojave dviju i više istovremenih komplikacija. Prema tablici 8, ukupno je evidentirano 228 komplikacija u ispitanika na respiratoru i to prosječno po dvije komplikacije po svakome. Najčešća komplikacija bila je pneumonija. Od 124 bolesnika liječenih na mehaničkoj ventilaciji njih 60 razvilo je pneumoniju (48,3%). Pneumonija vezana uz primjenu mehaničke potpore ventilacije javljala se kao svaka četvrta komplikacija.

**Tablica 8:** Učestalost pojedinih komplikacija s obzirom na njihov ukupan zabilježeni broj te u ispitanika na respiracijskoj potpori

| Komplikacija                   | Učestalost pojedine komplikacije na njihov ukupan broj<br>N(%) | Učestalost koplukacije na broj ispitanika na respiracijskoj potpori (%) |
|--------------------------------|--|---|
| <b>Sepsa</b>                   | 19 ( 8,4)  | <b>15,3</b>   |
| <b>Edem pluća</b>              | 40 (17,5)  | <b>32,2</b>   |
| <b>Aritmija</b>                | 3 (1,3)  | <b>2,4</b>  |
| <b>Kardiogeni šok</b>          | 15 (6,6)   | <b>12,1</b>   |
| <b>Arest</b>                   | 51 (22,4)  | <b>41,1</b>   |
| <b>Pneumonija</b>              | 60 (26,3)  | <b>48,3</b>   |
| <b>Renalna insuficijencija</b> | 7 (3,1)  | <b>5,6</b>  |
| <b>Ukupno</b>                  | <b>228 (100)</b>   | <b>183,6</b>  |

Analizirajući acidobazni status (ABS), 74 (60 %) ispitanika imala su niske ulazne vrijednosti parcijalnog tlaka kisika ( $pO_2 < 70$  mm Hg), 18 (15 %) srednje vrijednosti ( $pO_2$  70-80 mm Hg), a 32 (26 %) normalne vrijednosti ( $pO_2 > 75$  mm Hg) [Slika 26] .



**slika 26:** Vrijednosti  $pO_2$  u arterijskoj krvi ispitanika prema acido-baznom statusu

Analiza početnih vrijednosti  $pO_2$  i ishoda liječenja prikazan je u tablici broj 9.

Ukupno je 57 (46 %) bolesnika umrlo, 40 (32 %) je otpušteno kući, a 27 (22 %) premješteno je u drugu ustanovu. U skupini hipoksičnih bolesnika, tj. kod bolesnika s niskim vrijednostima  $pO_2$  (<70 mmHg), bila je i najviša smrtnost (28 %), ali i najviše premještaja u drugu bolničku ustanovu tj. klinički bolnički centar (15 %).

U najvećeg broja ispitanika (17 %) koji su izliječeni i otpušteni kući, a neovisno o težini samog početnog stanja ispitanika, uz podršku mehaničke ventilacije pravovremeno je bilo moguće ostvariti i podržavati zadovoljavajuću ventilaciju i respiraciju. Dakle, izbjegla se

protrahirana hipoksija organizma s posljedičnim metaboličkim urušajem i oštećenjem vitalnih organa.

|                            | Ishod liječenja  |          |          | Ukupno     |
|----------------------------|------------------|----------|----------|------------|
|                            | U drugu ustanovu | Smrt     | Kući     |            |
| pO <sub>2</sub> <70 mm Hg  | 18 (15%)         | 35 (28%) | 21 (17%) | 74 (59%)   |
| pO <sub>2</sub> 70-80mm Hg | 3 (2%)           | 7 (6%)   | 8 (6%)   | 18 (15%)   |
| pO <sub>2</sub> >80 mm Hg  | 6 (5%)           | 15 (12%) | 11 (9%)  | 32 (26%)   |
| <b>Ukupno</b>              | 27 (22%)         | 57 (46%) | 40 (32%) | 124 (100%) |

**Tablica 9:** Početne vrijednosti pO<sub>2</sub> i ishoda liječenja

Od 40 ispitanika koji su otpušteni kući, u većem postotku bile su žene (65 %), kod premještenih u drugu ustanovu dominirali su muškarci (70 %), a među umrlim bilo podjednako muškaraca i žena (51 % i 49 %). Uspoređujući prosječnu dob bolesnika prema ishodu liječenja nije nađena statistički značajna razlika ( $p > 0,05$ ).

**Tablica 10:** Stanje ispitanika pri otpustu prema broju oboljelih, spolu, prosječnoj životnoj dobi i duljini hospitalizacije

| Stanje pri otpustu | broj | Spol     |          | Srednja dob (god) | Prosječna duljina hospitalizacije (dani) |
|--------------------|------|----------|----------|-------------------|--|
|                    |      | M        | Ž        |                   |  |
| Kući               | 40   | 14 (35%) | 26 (65%) | 69,4              | 19,1                                     |
| U drugu ustanovu   | 27   | 19 (70%) | 8 (30%)  | 63,3              | 30,7                                     |
| Smrt               | 57   | 29 (51%) | 28 (49%) | 69,7              | 14,1                                     |

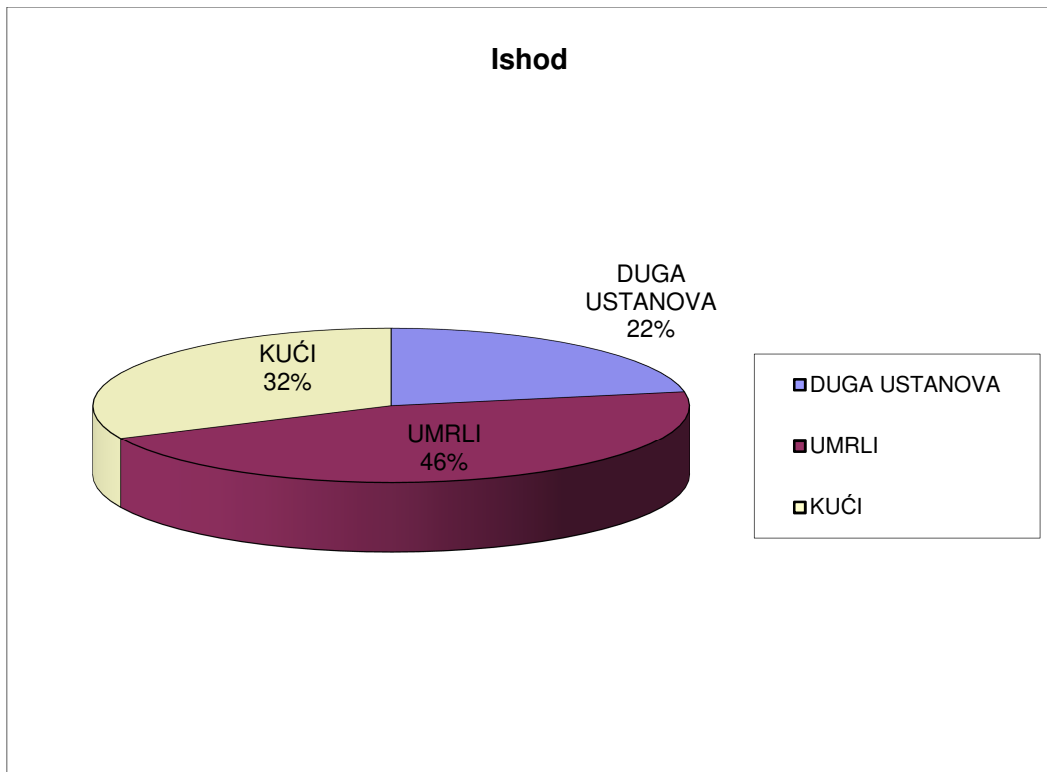
U tablici 11 prikazani su ishodi liječenja prema ulaznim dijagnozama. U drugu ustanovu radi nastavka liječenja bili su premješteni bolesnici s infarktom srca i to u najvišem postotku (2.4 %), srčanom dekompenzacijom koja nije odgovarala na uobičajeno primjenjenu terapiju (2.4 %), bolesnici s rezistentnim edemom pluća praćenim teškim komplikacijama (2,4 %) te bolesnici s teškom respiracijskom insuficijencijom refraktornom na primjenu mehaničke potpore disanja (7.3 %).

**Tablica 11:** Ishod liječenja prema dijagnozama

| Dijagnoza                                    | U drugu ustanovu | smrt      | Kući      | Ukupno     |
|--|------------------|-----------|-----------|------------|
| Pneumonija                                   | 2                | 1         | 1         | 4          |
| Arest  | 2                | 9         | 3         | 14         |
| Infarkt                                      | 3                | 3         | 4         | 10         |
| Plućna embolija                              | 2                | 1         | 2         | 5          |
| Kardiogeni šok                               | 1                | 2         | 0         | 3          |
| ARDS   | 0                | 2         | 2         | 4          |
| Miokarditis                                  | 0                | 0         | 1         | 1          |
| Sepsa  | 0                | 6         | 0         | 6          |
| Zatajivanje srca                             | 3                | 9         | 4         | 16         |
| Edem pluća                                   | 3                | 7         | 2         | 12         |
| Ranija kronična respiratorna insuficijencija | 9                | 16        | 19        | 44         |
| Gastrointestinalno krvarenje                 | 1                | 1         | 0         | 2          |
| Renalna insuficijencija                      | 1                | 0         | 1         | 2          |
| Poremećaji stanja svijesti                   | 0                | 0         | 1         | 1          |
| <b>Ukupno</b>                                | <b>27</b>        | <b>57</b> | <b>40</b> | <b>124</b> |

#### 4.3.2. Preživljenje i mortalitet ispitanika liječenih u JIL-u uz mehaničku ventilacijsku potporu

Od ukupno 124 bolesnika hospitaliziranih tijekom tri godine u Koronarnoj jedinici i Jedinici intenzivnog liječenja internoga odjela, a koji su bili podvrgnuti mehaničkoj ventilaciji najviše ih je umrlo (56 ispitanika; 46 %), kući je otpušteno 39 bolesnika (32 %), a na drugi odjel ili u drugu ustanovu premješteno je ukupno 29 (22 %) bolesnika (Slika 27).

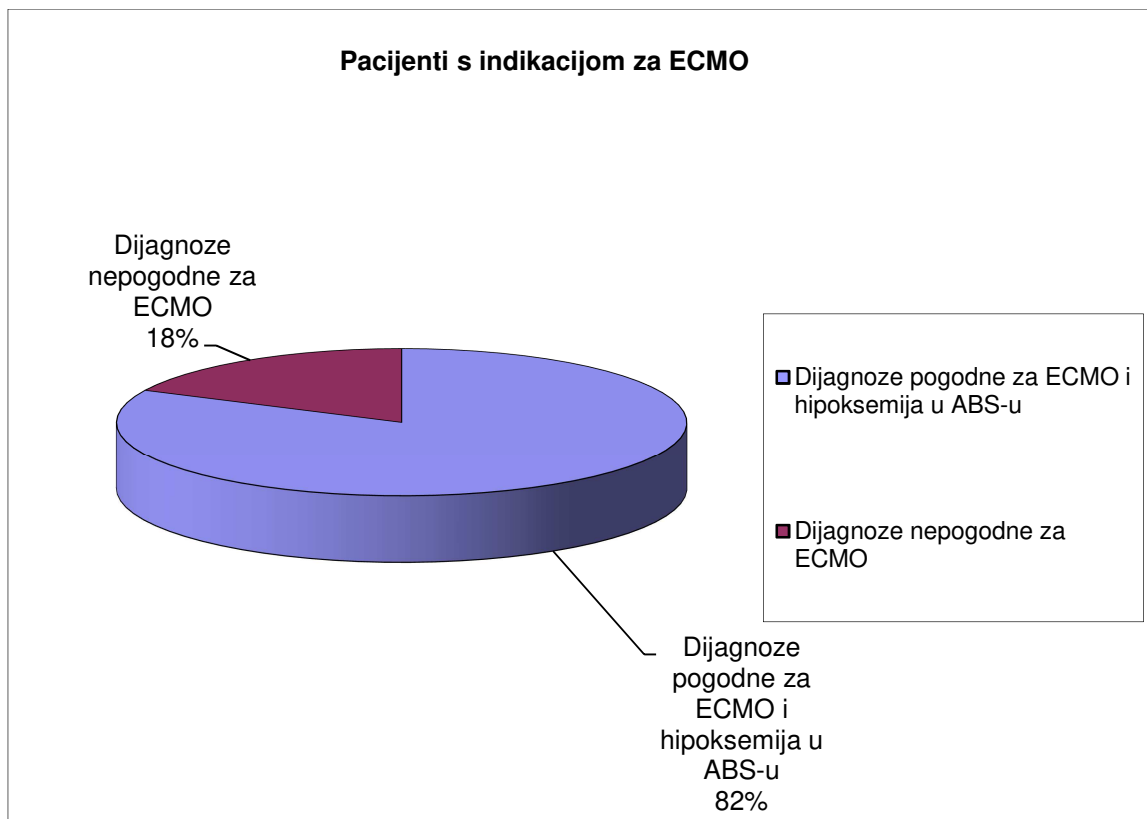


**Slika 27:** Prikaz ishoda hospitaliziranih bolesnika u Koronarnoj jedinici, a koji su mehanički ventilirani

Od 56 umrlih bolesnika njih 46 (82%) imalo je indikaciju za ECMO podršku i po ABS-u bili su hipoksemični usprkos primjeni mehaničke ventilacijske potpore. Preostalih 10 bolesnika umrlo je od ostalih bolesti kao što su sepsa, gastrointestinalno krvarenje, renalna insuficijencija (Slika 28).

Gledajući na ukupan broj ispitanika, kod ovih 46 bolesnika, koji su bili liječeni mehaničkom potporom ventilacije, nije se uspjela uspostaviti respiracijska stabilnost. Razlog tomu jest težina prisutne bolesti i njenih popratnih komplikacija koje su dovele ispitanika do smrti, a

uočeno je da su kod 37 % ili 1/3 svih ispitanika bile prisutne indikacije za moguću opravdanost primjene ECMA-a.



**slika 28:** Prikaz umrlih bolesnika u postocima koji su u ABS nalazu imali hipoksemiju, ali i dijagnozu koja zahtjeva liječenje ECMO uređajem i bolesnici koji su umrli od drugih bolesti.

## 5. RASPRAVA

Prikazana je skupina od 124 bolesnika liječenih tijekom trogodišnjeg razdoblja u Koronarnoj i Internističkoj jedinici intenzivnoga liječenja koji su bili i na mehaničkoj ventilacijskoj potpori. Najveći postotak bolesnika bio je u dobi između 70 i 80 godina starosti (42 %) te između 60 i 70 godina (31%). Među ispitanicima bilo je više muškaraca (59 %) od žena (41%). Potrebno je istaknuti da je većina bolesnika uz primarni uzrok istovremeno bolovala od još najmanje dvije ili više bolesti (94 %) dok je samo 6 % bolesnika hospitalizirano s jednim komorbiditetom. Ispitanici su najčešće hospitalizirani zbog kardiovaskularnih bolesti (hipertenzije, poremećaja rada srca, ishemije srca, kardiomiopatija, popuštanja srca) (54 %), bolesti pluća (13 %), zatajivanja bubrega (11 %) komplikacija dijabetesa (10%). Neurološke bolesti vezane uz poremećaj funkcije disanja bile su zastupljene u 7 % bolesnika.

Najveći broj ispitanika imao je dvije, tri ili više komplikacija vezanih za respiracijsku insuficijenciju, srčano popuštanje i zastoj srca. Među njima najučestalija komplikacija bila je pneumonija (26 %) te komplikacije srčanih bolesti i zastoj srca ili sepsa.

Prema analizi acido-baznoga statusa, od 124 ispitanika, zbog težine osnovne bolesti, 59 % njih imalo je početnu nisku vrijednost kisika u arterijskoj krvi. Među njima bila je i najviša smrtnost (28 %), ali i najviši broj bolesnika koji su nastavili liječenje u drugoj ustanovi (15 %).

Od 56 umrlih bolesnika od ukupnog broja ispitanika, njih 46 (37 %) ili 1/3 imala je indikaciju za primjenu ECMO što se tiče podrške oksigenacije. Ovaj visoki postotak indikacija za primjenu ECMO-a kod ispitanika na respiratoru bolesnika, svakako treba razmotriti u sklopu preporuka ESLO-a iz 2017. godine. Navedena preporuka zalaže se da u primjeni ECMO-a, osim indikativnih smjernica, svakako prethodno treba razmotriti svu etičku opravdanost primjene te razlučiti moguće odvajanje ili postojanje rizika prestanka upotrebe ECMO-a. Kod toga ESLO ističe da je primjena ECMO-a ipak prije terapija potpore, nego postupak koji će samom primjenom utjecati na ishod bolesti [31]. Kod toga presudnu ulogu ima pažljivi odabir bolesnika kod kojega se očekuje pozitivan učinak ECMO-a s obzirom na cjelovitu patofiziološku pozadinu bolesnog stanja, odabir specifičnog tipa ECMO-a i njegove konfiguracije [29,30].



Prema navedenome, indikacije za primjenu ECMO-a moraju biti jasno i pravovremeno postavljene za pojedina intenzivna stanja bolesnika. Prema navodima iz literature primjena ECMO-a uspješna je kao hemodinamska podrška tijekom visoko-rizičnih intervencija, npr. perkutane koronarne intervencije [27]. No sam postupak odvajanja od ECMO-a također može biti praćen visokom stopom mortaliteta (32 %) koja je vezana uz dob bolesnika, komplikacije kanulacija te komplikacije ishemijske bolesti srca [28]. Stopa indikacije za primjenu ECMO-a ovisna je o primarnom razlogu njegove primjene. Mashico J. i sur. su 2020. godine utvrdili na 3248 bolesnika podvrgnutih kardijnoj operaciji da je samo 29 (0.89 %) bolesnika zahtijevalo primjenu ECMO zbog nemogućnosti odvajanja od kardiopulmonalne prenosnice. Od njih je 16 bolesnika (55 %) imalo komplikacije odvajanja od ECMA, 6 (21 %) ih je preživjelo i uspješno otpušteno kući, a 7 (27 %) je preminulo [29]. Iz ovog najnovijeg prikaza morbiditeta i mortaliteta kardijalnih bolesnika možemo uočiti da je uz primjenu ECMO-a, ovisno o primarnom uzroku liječenja, prisutna visoka stopa morbiditeta, dok je stopa mortaliteta podjednaka ili neznatno viša od same stope preživljenja [29].

Druga skupina autora, Xie HX i sur. su 2017. godine prikazali na uzorku od 177 kardijalnih kirurških bolesnika faktore koji utječu na ishod bolesnika liječenih na ECMO-u [32]. Od ECMO-a uspješno je odvojeno 65 % bolesnika dok ih 35 % nije preživjelo. U grupi preživjelih, bolesnici su bili mlađe životne dobi (53 - 59 godina starosti), s nižom inotropnom potporom, kraćim vremenom trajanja ECMO podrške, kraćim vremenom primjene respiratora, ukupno kraćim trajanjem hospitalizacije. Mortalitetu bolesnika na ECMO-u je pridonijela viša životna dob (>65 godina), razvoj neuroloških komplikacija, pojava ishemije donjih ekstremiteta, niža e젝cijska frakcija lijevoga srca (35 %), niži tlak u centralnoj veni (<12 cmH<sub>2</sub>O) te prisustvo multiorganskog zatajenja [28].

Napretkom tehnologije dolazi do proširenja indikacija za primjenu ECMO uređaja. ECMO je tako s druge strane provjerena tehnika u tretmanu teškog oblika akutnog respiracijskog zatajenja (ARDS) koja omogućava efektivnu oksigenaciju krvi s izdvajanjem ugljičnoga dioksida. Veno-venski ECMO može spasiti život bolesniku s teškim oblikom ARDS-om jer omogućuje ekstrapulmonalnu izmjenu plinova i adekvatnu oksigenaciju neophodnu u prevenciji progresije hipoksije i očuvanju funkcije vitalnih organa. V-V ECMO nije lijek za nastalu bolest pluća, već tehnika koja osiguravanjem adekvatne oksigenacije omogućuje preživljavanje bolesnika do oporavka funkcije pluća [33, 34]. Također je opisano kako se pravovremenom primjenom ECMO-a kod ARDS-a mogu prevenirati ozljede pluća prouzročene primjenom mehaničke ventilacijske potpore. Suvremeni protokol za primjenu

ECMO uređaja kod bolesnika s ARDS-om ima osnovni cilj u njegovoj pravovremenoj primjeni kada bolesnik još ima izgleda za oporavak plućne funkcije. Lango R. i kolege pri tome osobito ističu da primjena ECMA-a u uznapredovalom obliku ARDS-a, kad je već došlo do značajnog urušavanja strukture plućnoga parenhima, gubi smisao.

Medicinske sestre koje rade u intenzivnim jedinicama susreću se sa sve višim zahtjevima s obzirom na primjenu novih sofisticiranih tehnologija kao što je i ECMO. Također, kod toga ne treba zanemariti niz popratnih okolnosti koje uzrokuju stresne faktore kao što su veliki obujam rada, nedostatnost nužne opreme, pomanjkanje sestrinskog kadra i sl. što zahtjeva iznimnu koncentraciju u radu i maksimalnu posvećenost bolesniku.

Medicinske sestre veliki su zagovaratelji bolesnika o kojima se brinu jer provode najviše vremena uz njih. Obiteljima daju sve potrebne informacije i savjete, ali i emocionalnu podršku koja je od iznimne važnosti.

Zbog izrazito teškog, fizički i psihički zahtjevnog posla, zbog tuge, frustracije i anksioznosti nastale kao rezultat agresivne terapije i smrtnog ishoda bolesnika, medicinske sestre dovode sebe do izgaranja, gubitkom volje za rad i osjećaja nezadovoljstva. Ovi čimbenici rezultiraju gubitkom educiranog osoblja i smanjenim zadržavanjem istih u intenzivnim jedinicama.

Upravo zbog same težine i zahtjevnosti rada medicinskih sestara u jedinicama intenzivnoga liječenja u kojima se primjenjuju invazivne metode liječenja, među kojima je i ECMO, od vitalne je važnosti kontinuirano stimulirati i educirati novi sestrinski kadar. Već postojeći kadar treba s osobitim poštovanjem čuvati i stimulirati kako bi se dugotrajno održala i razvijala kvaliteta pružene, visoko zahtjevne medicinske usluge.

## 6. ZAKLJUČAK

Rezultati ovog retrospektivnog istraživanja pokazali su da je tijekom trogodišnjeg razdoblja u Koronarnoj i Internističkoj jedinici intenzivnoga liječenja liječeno 124 bolesnika vezanih uz mehaničku potporu ventilacije. Među njima su dominirali muškarci (59 %), a najveći broj bolesnika bio je prosječne dobi između 70 i 80 godina starosti (42 %).

Mortalitet i preživljavanja bolesnika prema pojedinim oboljenjima nisu se razlikovali od učestalosti drugih bolničkih ustanova jednake kategorizacije.

Rezultati su također ukazali da postoji razlika u mortalitetu kod pojedinih oboljenja prema uzroku i težini bolesti (npr. kardiogeni šok, refrakтерна dekompenzacija srca, progresivna intersticijska upala pluća, ARDS) ukoliko se bolesnik nastavio liječiti u kliničkoj bolnici.

ECMO je suvremeni, sofisticirani uređaj za ekstrakorporalnu cirkulaciju i oksigenaciju bolesnika koji se primjenjuje u posebnim indikacijama vezanim uz kardio-respiracijsku patologiju. Invazivnost vezana uz njegovu primjenu zahtijeva visoko educirano specijalističko osoblje liječnika i medicinskih sestara. Primjena ECMA je i s ekonomske strane vrlo zahtjevna te zahtijeva jasnu inikaciju i opravdanost primjene prije uključjenja popratnih resursa, predanost bolesniku, ali i njegovoj obitelji.

Pri tome medicinske sestre i ostali dio multidisciplinarnog tima nerijetko se susreću i s moralnim i etičkim dilemama vezanim uz samog bolesnika, ali i njegovu obitelj. Iz tog razloga, bolnice/klinike imaju uređene pravilnike i posebno educirano osoblje koje se bavi moralnim i etičkim dilemama koje proizlaze iz skrbi za bolesnike na ECMO uređaju. Najčešće dileme i pitanja koja se postavljaju su: indikacije za ECMO podršku, kada ECMO podrška treba prestati, koji je cilj terapije i kakva je kvaliteta života takvih bolesnika?

Na temelju kliničkih istraživanja i radova iz literature vidljivo je da bez obzira na visoku učestalost indikacije bolesnika za primjenom ECMO-a, uz primjenu ECMO-a preživi nešto manje od polovine, a nešto više od polovine bolesnika, unatoč provedenoj intenzivnoj terapiji ECMO-m ipak umire. Ovaj podatak ostavlja jasnu indirektnu poruku za primjenu ECMO-a: primijeniti ga pravovremeno u svih bolesnika s indikacijom čija osnovna podloga kardio-respiratorne bolesti ostavlja incijalnu perspektivu mogućega preživljenja, u specijaliziranim ustanovama uz visoko-educirano medicinsko osoblje.

## **7. PRILOZI**

### **1. Ljestvica procjene boli - CPOT**

Temelji se na četiri karakteristike: pacijentovom izrazu lica, pokretima tijela, usklađenosti s ventilatorom (ili upotrebom glasa za neintubirane pacijente) i napetosti mišića (14). Svaka karakteristika ima moguću ocjenu od 0 do 2. Ukupni rezultat može varirati između 0 i 8, pri čemu 0 označava ponašanje bez boli, a 8 označava jasne znakove ponašanja protiv boli.

1. Ljestvica procjene boli kod bolesnika u jedinici intenzivnoga liječenja prema Gélinas C i sur. [35]

| <b>Ljestvica procjene boli</b>   |   |          |   |
|--|---|----------|---|
| <b>Pokazatelj</b>  | <b>Izraz</b>                              |          | <b>Opis</b>   |
| <b>Izraz lica</b>  | Opušteno, prirodno                        | <b>0</b> | Nije uočena napetost mišića   |
|  | Vrijeme                                   | <b>1</b> | Mrštenje, skupljene obrve, stisne malo očima i povuče gornju usnu, ili bilo koju drugu promjenu (na primjer: otvaranje očiju ili protok tare tijekom nociceptivnih postupaka) |
|  | Grimase                                   | <b>2</b> | Svi prethodni pokreti očiju, a dodatno može stisnuti oči (pacijent može imati otvorena usta ili žvakati endotrahealnu cijev)  |
| <b>Pokreti tijela</b>  | Nijedan ili normalni                      | <b>0</b> | uopće se ne miče (ne znači nužno odsustvo boli) ili normalne pokrete (nema pokrete usmjerene na područje boli ili pokrete koji su namijenjeni zaštiti)                        |
|  | Zaštitni                                  | <b>1</b> | spori, nježni pokreti, dodirivanje ili trljanje bolnog područja, traženje pažnje kroz pokret  |
|  | Nemiran ili uznemiren                     | <b>2</b> | povlači se u endotrahealnu cijev, pokušava se osloboditi, pomiče udove, brine se, ne slijedi naredbe, ne sluša osoblje, pokušava se ustati iz kreveta                         |
| <b>Suradnja s respiratorom</b><br>intubirani pacijent<br><br>ili<br><b>Vokalizacija</b><br>nije intubiran pacijent                   | Tolerira respirator (ili senzor kretanja) | <b>0</b> | alarmi se ne aktiviraju, lako se provjetravaju  |
|  | kašalj, ali toleriran                     | <b>1</b> | kašalj, pokrenuti alarmi spontano prestaju  |
|  | Suprostavlja se respiratoru               | <b>2</b> | asinkrona, blokira ventilaciju, alarmi se često aktiviraju  |
|  | govori normalnim tonom ili šuti           | <b>0</b> | Govori normalnim tonom ili šuti   |
|  | Plače ili stenje                          | <b>1</b> | Plače ili stenje  |
|  | Vrišti, glasno se smije ili jeca          | <b>2</b> | Vrišti, glasno se smije ili jeca  |
| <b>Napetost mišića</b><br>prosuđuje se po pasivnoj fleksiji i ekstenziji gornjih ekstremiteta u mirovanju ili kad se pacijent okrene | opušten                                   | <b>0</b> | nema otpora pasivnim pokretima  |
|  | Napet i ukočen                            | <b>1</b> | otpor pasivnim pokretima  |
|  | Vrlo napet ili ukočen                     | <b>2</b> | jak otpor pasivnim pokretima ili nemogućnost njihovog dovršenja   |
| <b>Ukupno</b>  |   |          |   |

Prijevod izvora: <https://sykepleien.no/en/forskning/2017/04/cpot-tool-pain-assessment-intensive-care-patients>

**2. Ljestvica za procjenu sedacije prema RASS-skali (eng. Richmond Agitation Sedation Scale)[36].**

Razvijena je u suradnji s liječnicima, medicinskim sestrama i farmakolozima. RASS je ljestvica s 10 bodova koja uključuje:

- četiri razine anksioznosti ili uznemirenosti bolesnika tj, bolesnik koji se bori, (+1 do +4)
- jednu razinu mirnog i budnog stanja (0) te
- 5 razina sedacije (-1 do -5) od kojih posljednja (-5) kulminira bolesnikom izvan kontakta

| Ljestvica | Razina svijesti  | Opis   |
|-----------|------------------|--|
| +4        | Agresivan        | Borben, nasilan, opasan za osoblje                                 |
| +3        | Vrlo agresivan   | Agresivan, čupa kateter, tubus                                     |
| +2        | Agitiran         | Besciljne kretnje, bori se s respiratorom                          |
| +1        | Nemiran          | Nervozan, razuman, nije agresivan                                  |
| 0         | Budan i miran    | Spontano prati događanja oko sebe, razuman                         |
| -1        | Pospan           | Na poziv otvara oči i zadržava kontakt očima duže od 10 sekundi    |
| -2        | Blago sediran    | Kratko se budi na poziv, održava kontakt očima kraće od 10 sekundi |
| -3        | Umjereno sediran | Pokret ili otvaranje očiju na poziv bez kontakta očima             |
| -4        | Duboko sediran   | Ne reagira na glas, pokreće se i otvara oči na fizičku stimulaciju |
| -5        | Nedostupan       | Ne reagira na glas niti na fizičku stimulaciju                     |

**Prijevod izvora:** <https://www.management-krankenhaus.de/topstories/medizintechnik/delir-und-postoperative-kognitive-dysfunktion-pocd>

## 8. POPIS SLIKA I TABLICA

### 8.1. Popis slika

|   |    |
|---|----|
| <b>slika 1:</b> Konfiguracija ECMO uređaja. Izvor: <a href="https://www.wjgnet.com/2218-6255/full/v5/i2/WJR-5-78-g002.htm">https://www.wjgnet.com/2218-6255/full/v5/i2/WJR-5-78-g002.htm</a> .....  | 5  |
| <b>slika2:</b> A) periferni V-A pristup sa dvije kanile; femoralna vena i femoralna arterija; B) periferni V-V pristup- femoralna vena za odvodnju deoksigenirane krvi, te unutarnja jugularna vena za infuziju i povrat oksigenirane krvi. Izvor: <a href="http://cdt.amegroups.com/article/viewFile/18538/19925/120756">http://cdt.amegroups.com/article/viewFile/18538/19925/120756</a> .....  | 6  |
| <b>slika 3:</b> Prikaz periferne kanulacije ECMO uređaja. Izvor: <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288</a> .....  | 7  |
| <b>slika 4:</b> Periferni V-A ECMO; kanulacijski pristup: a) femoralna vena za drenažu; b) aksilaran kanila; c) karotidna kanila koja se koristi za perfuziju. Izvor: <a href="http://www.jlgh.org/Past-Issues/Volume-14-Issue-1/ECMO.aspx">http://www.jlgh.org/Past-Issues/Volume-14-Issue-1/ECMO.aspx</a> .....   | 8  |
| <b>slika 5:</b> Prikaz V-A ECMO uređaja, centralana kanulacija. Izvor: <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288</a> .....  | 9  |
| <b>slika 6:</b> Prikaz V-A ECMO uređaja, periferna kanulacija. Izvor: <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213177918301288</a> .....   | 10 |
| <b>slika 7:</b> V-V ECMO, pristup sa dvije kanile; a) femoralna vena za odvodnju, te desna unutarnja jugularna vena za infuziju. b) Objje femoralne vene koriste se za drenažu i perfuziju. Izvor: <a href="http://www.jlgh.org/Past-Issues/Volume-14-Issue-1/ECMO.aspx">http://www.jlgh.org/Past-Issues/Volume-14-Issue-1/ECMO.aspx</a> .....  | 11 |
| <b>slika 8:</b> Left ventricular assist device- LVAD (uređaj za pomoć lijevoj klijetki), prva, druga i treća generacija uređaja. Izvor: <a href="https://doi.org/10.3390/bioengineering6010018">https://doi.org/10.3390/bioengineering6010018</a> .....   | 17 |
| <b>slika 9:</b> Ekstrakorporalni ECMO uređaj. Izvor: <a href="https://doi.or/10.1177/0267659118767502">https://doi.or/10.1177/0267659118767502</a> .....  | 18 |
| <b>slika 10:</b> Pozicioniranje balona za vrijeme sistole i diastole u descendentnom (silaznom) dijelu aorte. Izvor: <a href="https://www.slideshare.net/AphisitAunbusdumberdor/cad-ihd-vhd-edition-131059">https://www.slideshare.net/AphisitAunbusdumberdor/cad-ihd-vhd-edition-131059</a> .....  | 19 |
| <b>slika 11:</b> Intraaortni balon kateter. Izvor: <a href="https://www.smartmedicalbuyer.com/Product/Intra-Aortic-Balloon-Pump-Catheter-(IABP)">https://www.smartmedicalbuyer.com/Product/Intra-Aortic-Balloon-Pump-Catheter-(IABP)</a> .....  | 19 |
| <b>slika 12:</b> A) HeartMate II. Uređaj za perkutanu podršku lijevom ventrikulu, B) femoralna implantacija TandemHeart uređaja za perkutanu podršku lijevom ventrikulu. Izvor: <a href="https://ajkdblog.org/2018/01/30/left-ventricular-assist-devices-and-kidney-function-an-overview-for-nephrologists">https://ajkdblog.org/2018/01/30/left-ventricular-assist-devices-and-kidney-function-an-overview-for-nephrologists</a> ..... | 22 |

|   |    |
|---|----|
| <b>slika 13:</b> BiVAD. Izvor: <a href="https://www.marketreportgazette.com/2019/08/ventricular-assist-device-market-to-grow-by-2024-major-players-profiling-medtronic-abbott-laboratories">https://www.marketreportgazette.com/2019/08/ventricular-assist-device-market-to-grow-by-2024-major-players-profiling-medtronic-abbott-laboratories</a> .....  | 23 |
| <b>slika 14:</b> Implantirani HeartWare sa dotokom izravno iz lijevog ventrikula sa izljevom u ascedentnu aortu. Izvor: <a href="https://www.researchgate.net/figure/HeartWare-HVAD-device-with-ventricular-sewing-cuff-b-Implanted-HeartWare-HVAD-with_fig4_272014292">https://www.researchgate.net/figure/HeartWare-HVAD-device-with-ventricular-sewing-cuff-b-Implanted-HeartWare-HVAD-with_fig4_272014292</a> ..... | 25 |
| <b>slika 15:</b> konfiguracija inflow/outflow kanila za Impella-u Recover PiVAD. Izvor: <a href="http://www.mefos.unios.hr/index.php/hr/dokumenti/pravilnici-i-dokumenti/23-dokumenti/523-dokumenti-na-razini-fakulteta">http://www.mefos.unios.hr/index.php/hr/dokumenti/pravilnici-i-dokumenti/23-dokumenti/523-dokumenti-na-razini-fakulteta</a> kanila za Impella Recover PiVAD.....                                | 27 |
| <b>slika 16:</b> Konfiguracija Impella uređaja. Izvor: <a href="https://www.visualizepicture.com/c/impella-education_EBBqOPMQtBMOK3PoQOi6QwCJkM7Ebaz7QfSuzN4Gr%7C4/">https://www.visualizepicture.com/c/impella-education_EBBqOPMQtBMOK3PoQOi6QwCJkM7Ebaz7QfSuzN4Gr%7C4/</a> .....  | 28 |
| <b>slika 17:</b> konfiguracija inflow/outflow kanila za TandemHeart. Izvor: <a href="https://www.semanticscholar.org/paper/Percutaneous-circulatory-support-in-cardiogenic-to-Kar-Basra/405be9885590eb5565b6a9df551b687ffe2cc959/figure/3">https://www.semanticscholar.org/paper/Percutaneous-circulatory-support-in-cardiogenic-to-Kar-Basra/405be9885590eb5565b6a9df551b687ffe2cc959/figure/3</a> .....               | 29 |
| <b>slika 18:</b> TandemHeart uređaj. Izvor: <a href="https://www.dicardiology.com/content/research-team-receives-%E2%82%AC65-million-euro-shock-heart-attack-study">https://www.dicardiology.com/content/research-team-receives-%E2%82%AC65-million-euro-shock-heart-attack-study</a> .....   | 30 |
| <b>Slika 19:</b> Raspodjela ispitanika prema spolu .....  | 39 |
| <b>Slika 20:</b> Broj ispitanika prema životnoj dobi .....  | 40 |
| <b>Slika 21:</b> Broj liječenih bolesnika na respiratoru u tri godine promatranja.....  | 42 |
| <b>slika 22:</b> Broj oboljelih prema duljini hospitalizacije.....  | 42 |
| <b>Slika 23:</b> Prisutnost komorbiditeta .....   | 45 |
| <b>Slika 24:</b> Broj ispitanika oboljelih od dijabetesa<br>.....<br>.....45  |    |
| <b>Slika 25:</b> Broj ispitanika oboljelih od hipertenzije.....<br>.....45  |    |
| <b>slika 26:</b> Vrijednosti pO <sub>2</sub> u arterijskoj krvi ispitanika prema acido-baznom statusu.....  | 49 |
| <b>Slika 27:</b> Prikaz ishoda hospitaliziranih bolesnika u Koronarnoj jedinici, a koji su mehanički ventilirani .....  | 53 |
| <b>slika 28:</b> Prikaz umrlih bolesnika u postocima koji su u ABS nalazu imali hipoksemiju, ali i dijagnozu koja zahtjeva liječenje ECMO uređajem, i bolesnici koji su umrli od drugih bolesti.....  | 54 |



## 8.2. Popis tablica

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tablica 1:Prekretnice u povijesti potpore ECMO uređaja .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Tablica 2: komplikacije kod ECMO uređaja i kod bolesnika .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>Tablica 3: Srednja dob hospitaliziranih prema spolu.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>Tablica 4: Ispitanici prema dobi i spolu.....</b>   | <b>41</b> |
| <b>Tablica 5: Broj ispitanika prema uzroku priključenja na mehaničku potporu disanja i<br/>posljedičnom dužinom boravka u jedinici intenzivnoga liječenja.Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana</b> |           |
| <b>Tablica 6: Vrsta i učestalost pridruženih komorbiditeta među ispitanicima .....</b>   | <b>46</b> |
| <b>Tablica 7: Zabilježene komplikacije ispitanika prema ulaznoj dijagnozi .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>Tablica 8: Učestalost pojedinih komplikacija s obzirom na njihov ukupan zabilježeni<br/>broj te u ispitanika na respiracijskoj potpori.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>Tablica 9: Početne vrijednosti pO2 i ishoda liječenja .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>Tablica 10: Stanje ispitanika pri otpustu prema broju oboljelih, spolu, prosječnoj<br/>životnoj dobi i duljini hospitalizacije.....</b>   | <b>51</b> |
| <b>Tablica 11: Ishod liječenja prema dijagnozama.....</b>  | <b>52</b> |

## 9. LITERATURA

1. Bačić G, Tomulić V, Medvedev I, Zaputović L, Zaninović T, Gobić D. Izvantjelesna membranska oksigenacija u odraslih bolesnika 2017. Dostupno na adresi:[https://www.Cardiologia\\_croatica\\_2017\\_12\\_5\\_6\\_216\\_225.pdf](https://www.Cardiologia_croatica_2017_12_5_6_216_225.pdf).
2. Shekan K, Mullany D, Thomson B, Ziegenfuss M, Platts G, Fraser J. Extracorporeal life support devices and strategies for management of acute cardiorespiratory failure in adult patients: a comprehensive review 2014. Dostupno na adresi: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc13865>.
3. Makdisi G, Wang I. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology 2015. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4522501/>.
4. White A, Fan E. American Thoracic Society. What is ECMO? 2016. Dostupno na stranici: <https://www.thoracic.org/patients/patient-resources/resources/what-is-ecmo.pdf>.
5. Vuylsteke A, Brodie D, Combes A, Fowles J, Peek G, A brief history of ECMO 2017. Dostupno na adresi: [http://assets.cambridge.org/97811076/81248/excerpt/9781107681248\\_excerpt.pdf](http://assets.cambridge.org/97811076/81248/excerpt/9781107681248_excerpt.pdf).
6. Biočina B, Patričević M, Gašparović H, Burcar I, Portabilna ECMO/ECLS potpora kao novi vid liječenja vitalno ugroženih bolesnika 2011. Dostupno na adresi: <http://www.kardio.hr/wp-content/uploads/2012/02/63-64.pdf>.
7. Extracorporeal Life Support Organization, ELSO Guidelines, 2015. Dostupno na adresi: <https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>.
8. University Of Lova Hospitals & Clinics, What are the risks of ECMO? 2017. Dostupno na adresi: <https://uihc.org/health-topics/what-are-risks-ecmo>.
9. Han J, Trumble D. Cardiac Assist Devices: Early Concepts, Current Technologies, and Future Innovations 2019, Dostupno na adresi: <https://doi.org/10.3390/bioengineering6010018>.
10. Wiesmann T, Honl D, Feldmann C, Wulf H, Iqbal M. Extracorporeal liver support: Trending epidemiology and mortality, 2018. Dostupno na adresi: <https://doi.org/10.1177/0267659118767502>.
11. Tahir M, Siddiqui A, Intra- Aortic Balloon Pump (IABP), 2019. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542233/>
12. Deuse T, Ihnken K, Teng C, Ventricular Assist Devices, 2019. Dostupno na adresi: <https://cardiacsurgery.ucsf.edu/conditions--procedures/ventricular-assist-devices->

[\(vad\).aspx](#).

13. Givertz M. Ventricular Assist Device 2011. Dostupno na adresi: <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.018226>.
14. Lo N, Ohman Magnus E, Mechanical Circulatory Support In ST- Elevation Myocardial Infarction, 2018. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK543576> .
15. Mukku V, Cai Q, Gilani S, Fujise K, Barbagelata A. Use of Impella Ventricular Assist Device in Patients with Severe Coronary Artery Disease Presenting with Cardiac Arrest, 2018. Dostupno na adresi: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0032-1324736> .
16. Moazami N<sup>1</sup>, Fukamachi K, Kobayashi M, Smedira NG, Hoercher KJ, Massiello A, Lee S, Horvath DJ, Starling RC. Axial and centrifugal continuous- flow rotary pumps: a translation from pump mechanics to clinical practice, 2016. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23260699> .
17. Planinc M, Sutlić Ž, Barić D, Šikić J, Brdaić N, Rudež I, Unić D, Legac A, Jonjić D, Mrkonjić R, Čekol Z, 2010. The first clinical use of heart mate ii left ventricular assist system in croatia as a bridge-to-transplant: a case report. Dostupno na adresi: [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=99190](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=99190)
18. Larose, Jeffrey A, Tamez D, Ashenuga M, Rayes C, Design Concepts and principle of operation of the HeartWare Ventricular Assist System, 2010. Dostupno na adresi: [https://journals.lww.com/asaiojournal/fulltext/2010/07000/Design\\_Concepts\\_and\\_Principle\\_of\\_Operation\\_of\\_the.3.aspx](https://journals.lww.com/asaiojournal/fulltext/2010/07000/Design_Concepts_and_Principle_of_Operation_of_the.3.aspx)
19. Mukku V, Cai Q, Gilani S, Fujise K, Barbagelata A. Use of Impella Ventricular Assist Device in Patients with Severe Coronary Artery Disease Presenting with Cardiac Arrest, 2012. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3578627/>
20. Liu W, Mukku V, Gilani S, Fujise K, Barbagelata A Percutaneous Hemodynamic Support (Impella) in Patients with Advanced Heart Failure and/or Cardiogenic Shock Not Eligible to PROTECT II Trial, 2013. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24436614>
21. Gilotra N, Stevens G, Temporary Mechanical Circulatory Support: A Review of the Options, Indications, and Outcomes, 2014. Dostupno na adresi:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4317108/>

22. Ergle K, Parto P, Krim S, Percutaneous Ventricular Assist Devices: A Novel Approach in the Management of Patients With Acute Cardiogenic Shock, 2016. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5024805/>
23. Nekic P, CNE Liverpool ICU, Extra corporeal oxygenation (ecmo) learning package, 2016. Dostupno na adresi: [https://www.aci.health.nsw.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0007/306583/ECMO\\_Learning\\_package.pdf](https://www.aci.health.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/306583/ECMO_Learning_package.pdf)
24. Calboun A, Nursin Care of Adult Patient on ECMO, 2018. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30153183>
25. Kozinn J, Wrisinger W, ECMO For Adults With Severe Respiratory Failure, 2019. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6390783/>
26. Patel A, Singh A, Sings S, Khawaya I, Applied Uses of Extracorporeal Membrane Oxigenation Therapy, 2019. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6639062/>
27. Orbo M, Karlsen F. S, Pederson E. P, Hermansen S. E, Rooning P. B, Nergaard K. A, Naesheim T, Myrmel T, Health-related quality of life after extracorporeal membrane oxygenation: a single centre's experience, 2019. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6676289/>
28. Makdisi T, Makdisi D, Extra corporeal membrane oxygenation support: ethical dilemmas, 2017. Dostupno na adresi: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5360601/>
29. Shaukat A, Hryniewicz-Czeneszew K, Sun B, et al. Outcomes of Extracorporeal Membrane Oxygenation Support for Complex High-Risk Elective Percutaneous Coronary Interventions: A Single-Center Experience and Review of the Literature. *J Invasive Cardiol.*2018;30(12):456-460.
30. García-Gigorro R, Renes-Carreño E, Pérez-Vela JL, et al. Mechanical support with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation (ECMO-VA): Short-term and long-term prognosis after a successful weaning. *Med Intensiva.* 2017;41(9):513-522.

31. Mashiko Y, Abe T, Tokuda Y, Oshima H, Usui A. Extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy cardiogenic shock in adult patients: predictors of in-hospital mortality and failure to be weaned from extracorporeal membrane oxygenation. *J Artif Organs*. 2020 Feb 25. doi: 10.1007/s10047-020-01160-5. [Epub ahead of print]
32. Xie HX, Yang F, Jiang CJ et al. Predictors of in-hospital mortality in adult postcardiotomy cardiac shock patients successfully weaned from venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. 2017 Mar 28;97(12):929-933
33. Lango R1, Szkulmowski Z, Maciejewski D, et al. Revised protocol of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) therapy in severe ARDS. Recommendations of the Venovenous ECMO Expert Panel appointed in February 2016 by the national consultant on anesthesiology and intensive care. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2017;49(2):88-99.
34. Fraser JF, Shekar K, Diab S, et al. ECMO – the clinician’s view. *Cardiothorac Vasc Anesth* 2015;29:229-33. ECMO – the clinician’s view. *ISBT Sci Ser* 2012;7:82- 8.
35. Gélinas C, Fillion L, Puntillo KA, Viens C, Fortier M. Validation of the critical-care pain observation tool in adult patients. *Am J Crit Care*. 2006 Jul;15(4):420-7.
36. Ely EW, Truman B, Shintani A, Thomason JWW, Wheeler AP, Gordon S et al. Monitoring sedation status over time in ICU patients: the reliability and validity of the Richmond Agitation Sedation Scale (RASS). *JAMA* 2003; 289:2983-2991.