

Specjalistyczne techniki
pozaustrojowego wspomaganie funkcji
życiowych
u pacjentów w skrajnych stanach
bezpośredniego zagrożenia życia

Pozaustrojowe utlenowanie krwi (ECMO)

- Metoda ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) wyrosła z kardiologii.
- Rozwój metod krążenia pozaustrojowego i coraz lepsze wyniki nasunęły pomysł zastosowania krążenia pozaustrojowego do leczenia ostrej niewydolności oddechowej
- ECMO uważane jest za metodę wysoce inwazyjną i obarczoną licznymi powikłaniami.
- Pozwala jednak na uzyskanie pełnej regeneracji mięszu płucnego, co jest równoznaczne z całkowitym wyleczeniem i powrotem do pełnego zdrowia chorego

Wskazania do rozpoczęcia prowadzenia zabiegu pozaustrojowej wymiany gazów - ECMO

- 1) niewydolność krążenia z powodu zapalenia mięśnia sercowego, w okresie choroby poresuscytacyjnej;
- 2) lewo- lub lewo- i prawokomorowa niewydolność krążenia związana z zaburzeniami kurczliwości serca w obrębie jam serca i naczyń (bezpośredni okres pokardiochirurgiczny);
- 3) niewydolność oddechowa o złożonej etiologii: ARDS, RDS;
- 4) ciężki wstrząs kardiogeny, zator płucny.

- Istotą ECMO jest utlenowanie krwi i eliminacja dwutlenku węgla poza ustrojem chorego.
- Układ ECMO składa się z;
 - kaniul łączących krążenie pozaustrojowe z układem naczyniowym pacjenta,
 - pompy napędzającej przepływ krwi,
 - oksygenatora, w którym zachodzi wymiana gazowa,
 - drenów łączących wszystkie elementy układu
 - dodatkowego osprzętu.

W większości przypadków stosuje się ECMO **żylno-żylne**, w którym krew pobiera się i oddaje do układu żylnego, wariant ten **umożliwia wyłącznie wspomaganie** oddychania.

U chorych **wymagających** wspomaganie nie tylko oddychania ale również krążenia krew pobiera się **z układu żylnego i oddaje do tętniczego** odciążając w ten sposób serce (ECMO żylna-tętnicza)

- W ECMO żylny-żylnym krew pobierana do układu przez kaniulę dużej średnicy założoną do jednej z żył głównych jest przetłaczana przez pompę do oksygenatora.
- W oksygenatorze krew omywa kapilary, którymi przepływa mieszanina oddechowa.
- Po opuszczeniu oksygenatora utlenowana i pozbawiona dwutlenku węgla krew przez kaniulę powrotną trafia do układu żylnego.
- Krążenie pozaustrojowe stosowane w kardiologii (płuco-serce) służy z reguły do krótkotrwałego zastąpienia pracy serca i płuc umożliwiając przeprowadzenie zabiegu chirurgicznego.
- Celem ECMO jest **w pierwszej kolejności** długotrwałe wspomaganie oddychania – od kilku dni do kilku nawet tygodni.

- Wskazaniem do zastosowania ECMO jest ostra i odwracalna niewydolność oddechowa.
- ECMO najczęściej stosuje się u chorych z ciężkimi postaciami ARDS (zespół ostrej niewydolności oddechowej u osób dorosłych).
- Przyczyną większości przypadków ARDS jest ciężka sepsa.
- **Najważniejszym przeciwwskazaniem** do włączenia ECMO jest nieodwracalna niewydolność oddechowa.
- **Nie należy** stosować ECMO u chorych z niewydolnością oddechową w schyłkowym stadium przewlekłych chorób płuc (np. zwłóknienie płuc, POChP).
- Długotrwała mechaniczna wentylacja płuc z zastosowaniem wysokich ciśnień wdechowych oraz dużego stężenia tlenu stanowi **przeciwwskazanie** do zastosowania ECMO w związku z ciężkim uszkodzeniem płuc i znacznie większym ryzykiem powikłań krwotocznych.
- Skuteczne leczenie ECMO wymaga prawidłowej i jak najwcześniejszej kwalifikacji pacjenta

- Powikłania ECMO są związane z kaniulacją dużych naczyń oraz samą procedurą.
- Zakładanie kaniul do dużych naczyń wiąże się z pewnym ryzykiem ich uszkodzenia.
- Procedura ECMO wymaga stosowania ciągłego i intensywnego leczenia przeciwzakrzepowego, które zapobiega wykrzepianiu krwi na sztucznych powierzchniach, większość powikłań ma charakter krwotoczny – **najpoważniejszym jest krwawienie śródczaszkowe.**

- ECMO jest procedurą stosowaną stosunkowo rzadko, zastosowania ECMO wymaga jeden pacjent rocznie na milion mieszkańców.
- W większości krajów stosowaniem ECMO zajmują się wyspecjalizowane ośrodki.
- Po wdrożeniu systemu wczesnego kwalifikowania chorych oraz stworzeniu ośrodków ECMO, takiego leczenia mogłoby w Polsce wymagać około 40 pacjentów rocznie.
- W Polsce ECMO stosowano w pojedynczych przypadkach.
- Szczególna sytuacja miała miejsce w trakcie epidemii grypy AH1N1 na przełomie 2009 i 2010 roku – wówczas do ECMO podłączono kilku pacjentów, czasami w ośrodkach zupełnie do tego nieprzystosowanych.
- Koszt leczenia pacjenta wymagającego stosowania ECMO nie ogranicza się tylko do samej procedury krążenia pozaustrojowego.
- Chory taki wymaga dodatkowo intensywnej i kosztownej antybiotykoterapii, przetaczania preparatów krwiopochodnych oraz leczenia powikłań.
- Koszt jednej doby leczenia takiego pacjenta wynosi około 5-6 tys. złotych.
- **Aktualnie NFZ nie finansuje leczenia za pomocą ECMO osób dorosłych.**

- Kandydatami do leczenia metodą natleniania pozaustrojowego są noworodki a także dzieci i dorośli ze skrajną niewydolnością oddechową i/lub krążeniową, oporną na zastosowane konwencjonalne metody leczenia, spełniający określone kryteria
- **Wskazaniem ogólnym** do zastosowania ECMO jest wystąpienie ostrej niewydolności oddechowej i/lub krążeniowej odpornej na zastosowanie metod konwencjonalnych, u podłoża której leży odwracalny proces chorobowy, możliwy do wyleczenia oraz brak przeciwwskazań bezwzględnych.
- ECMO stosowane jest w tym celu, aby umożliwić wyleczenie choroby w momencie gdy zawodzą inne dostępne metody terapeutyczne.

Wskazaniami szczegółowymi dla zastosowania ECMO u noworodka są:

- masa ciała powyżej 2000 g,
- wiek płodowy powyżej 35 tyg. ciąży,
- schorzenie możliwe do wyleczenia np.: RDS, przetrwałe nadciśnienie płucne płodowe, przepuklina przeponowa, wrodzone zapalenie płuc, zespół zachłyśnięcia smółką, przetrwałe krążenie płodowe.
- Przy zastosowaniu tej metody terapii konieczna jest zgoda rodziców lub prawnych opiekunów.

Z parametrów wydolności układu oddechowego uznawanych jako kryteria w światowych ośrodkach ECMO :

- indeks utlenowania wyższy od 60 przez kolejne 30 minut lub wyższy od 35 przez 6 godzin,
- AaDO₂ (różnica pęcherzykowo–włośniczkowa prężności tlenu) wynosząca 600 mmHg przez 4 godziny lub 624 mmHg przez 12 godzin,
- PaO₂- ciśnienie parcjalne tlenu poniżej 30 mmHg przez 2 godziny lub poniżej 50 mmHg przez 12 godzin (wraz z ostrym pogorszeniem stanu klinicznego),
- PaO₂ w granicach 30 do 40 mmHg,
- pH poniżej 7,25 przez 2 godziny oraz utrzymujące się niedociśnienie.

Dla dziecka wskazaniami do zastosowania utlenowania (ECMO) pozaustrojowego są:

- różnica pęcherzykowo–włośniczkowa > 450 przez 24 godziny,
- konieczność zastosowania wysokich parametrów sztucznej wentylacji (np. ciśnienia szczytowe > 30 cm H₂O,
- ciśnienie końcowo–wydechowe > 5 cm H₂O,
- obecność hiperkapnii (z wyjątkiem hiperkapnii terapeutycznej – permissive hypercapnia)
- obecność towarzyszącej niewydolności krążeniowej, nie reagującej na zastosowane leczenie.

- Przykładowe schorzenia możliwe do wyleczenia z zastosowaniem utlenowania pozaustrojowego :
 - zapalenie płuc atypowe, wirusowe (RSV), bakteryjne;
 - ARDS na tle posocznicy, masywnych przetoczeń krwi,
 - zatrucia wziewnego,
 - urazu.

Wskazania do zastosowania utlenowania pozaustrojowego u pacjenta dorosłego

- niewydolność krążeniowo–oddechowa nie reagująca na terapię konwencjonalną

(zastosowanie tlenu w stężeniach powyżej 80%),

- szczytowe ciśnienia wdechowe powyżej 35 cm H₂O,
- obecność prawokomorowej niewydolności serca, przy prawidłowej czynności lewej komory,
- po zastosowanym leczeniu kardiochirurgicznym (np. masywna zatorowość płucna),
- brak możliwości zakończenia krążenia pozaustrojowego po wykonanym prawidłowo zabiegu kardiochirurgicznym
- krótkotrwałe oczekiwanie na przeszczep serca

Przeciwwskazania ogólne do zastosowania metody ECMO

- nieodwracalność procesu chorobowego leżącego u podstaw niewydolności oddechowej i/lub krążeniowej,
- przeciwwskazania do przedłużonej heparynizacji,
- znaczne pogorszenie jakości życia i funkcjonowania organizmu po ostatecznym zakończeniu terapii,
- brak zgody pacjenta lub jego prawnych opiekunów.

Przeciwwskazania szczegółowe do zastosowania ECMO u noworodka

- masa ciała poniżej 2000 g,
- wiek płodowy poniżej 34 tygodni ciąży,
- stosowanie wentylacji mechanicznej więcej niż 8–10 dni, przy użyciu 80–100% stężenia tlenu,
- obecność lub podejrzenie wad genetycznych chromosomalnych,
- obecność wad serca,
- inne ciężkie chirurgiczne wady rozwojowe,
- obecność wylewu śródczaszkowego > II st.,
- obecność skazy krwotocznej lub potencjalnego źródła krwawienia

Przeciwwskazania szczegółowe do zastosowania ECMO dziecka

- nieodwracalne uszkodzenie płuc spowodowane wentylacją mechaniczną -np.7–9 dni wentylacji mechanicznej, o wysokich parametrach, z koniecznością zastosowania wysokich stężeń tlenu,
- potwierdzone krwawienie śródczaszkowe,
- obecność choroby nieodwracalnej, znacznie pogarszającej jakość życia -skrajna dysplazja oskrzelowo–płucna, mukowiscydoza,
- obecność procesu rozrostowego oraz nie zaopatrzone chirurgicznie źródła krwawienia -do momentu zaopatrzenia chirurgicznego i uzyskania zadowalających parametrów krzepnięcia

Przeciwwskazanie szczegółowe ECMO u dorosłego

- nieodwracalne uszkodzenie płuc spowodowane wentylacją mechaniczną -7–9 dni wentylacji mechanicznej o wysokich parametrach, z koniecznością zastosowania wysokich stężeń tlenu,
- potwierdzone krwawienie śródczaszkowe,
- wiek > 60 lat
- **Przeciwwskazania wynikają** ze sposobu prowadzenia leczenia metodą ECMO.
- Ograniczenie doboru pacjentów do dzieci powyżej 2 kg masy ciała, wynika z rozmiarów dostępnych kaniul do ECMO
Najmniejszą dostępną kaniulą jest kaniula o wielkości **8 French**.

Prowadzenie terapii metodą ECMO

- Podczas zastosowania ECMO konieczna jest współpraca wielu specjalistów oraz oddzielnego, tj. przeznaczonego wyłącznie dla pacjenta leczonego tą metodą, stałego zespołu nadzorującego przebieg terapii.
- Zespół zajmujący się pacjentem w trakcie leczenia, składa się z lekarza prowadzącego ogólną terapię pacjenta, lekarza przeszkolonego w stosowaniu tej metody, perfuzjonisty odpowiedzialnego za działanie układu krążenia pozaustrojowego i pielęgniarki zajmującej się wyłącznie tym pacjentem.
- Rozpoczęcie leczenia pacjenta metodą ECMO i jej zakończenie tj. kaniulacja i dekaniulacja są wykonywane przez wyznaczonych i przeszkolonych chirurgów lub kardiochirurgów.
- Nad każdym zastosowaniem tej metody powinna czuwać osoba odpowiedzialna za całość programu ECMO

- W momencie podjęcia decyzji o rozpoczęciu leczenia wezwane zostają wszystkie osoby bezpośrednio zaangażowane w prowadzenie terapii ECMO.
- Kaniulacja wymaga znieczulenia ogólnego i jałowo przygotowanego pola operacyjnego.
- Jest ona wykonywana przez zespół chirurgów metodą odstąpienia naczyń.

Istnieją dwa główne typy kaniulacji pacjenta w celu włączenia go w układ ECMO

- **Kaniulacja żylna-żylna** jest stosowana przy niewydolności oddechowej bez komponenty niewydolności krążenia.
- Najczęściej jest stosowana u noworodków.
- Wyboru naczyń i rozmiaru kaniul dokonują chirurdzy w porozumieniu z lekarzem prowadzącym ECMO.
- **Kaniulacja tętniczo-żylna** jest stosowana przy niewydolności oddechowej wraz z brakiem stabilności hemodynamicznej pacjenta.
- W tej metodzie możliwe jest zastosowanie kaniul wyprowadzonych z klatki piersiowej założonych śródoperacyjnie podczas zabiegu kardiochirurgicznego lub założenie kaniul poza klatką piersiową poprzez odsłonięcie naczyń.
- Tu również wyboru naczyń i rozmiaru kaniul dokonują chirurdzy w porozumieniu z lekarzem prowadzącym ECMO

Układ ECMO

- oksygenatora membranowego – zapewniającego utlenowanie krwi typu AVECOR,
- pompy rolkowej,
- wymiennika ciepła podgrzewającego krew w układzie oraz
- układu drenów wraz z czujnikami ciśnień i temperatury
- **Przepływ 100 ml/kg/min** wystarcza zazwyczaj do pełnego utlenowania pacjenta.
- Stężenie CO₂ we krwi jest regulowane ilością tlenu przepływającego przez oksygenator.
- Pacjent jest utrzymywany w normotermii przy pomocy wymiennika ciepła

- Wentylacja mechaniczna jest prowadzona z zastosowaniem **niskich ciśnień szczytowych, wysokiego ciśnienia końcowo-wydechowego** oraz **niskich stężeń tlenu**.
- Częściej wykonywane są przeglądowe zdjęcia rentgenowskie klatki piersiowej oraz badania kontrolujące utlenowanie krwi i gospodarkę kwasowo-zasadową.
- Terapia płynami podczas ECMO jest optymalizowana stanem klinicznym, nawodnieniem, badaniami dodatkowymi.
- Okresowo stosuje się obwód hemofiltrujący, podłączony do układu drenów ECMO

- Terapia ECMO wymaga stosowania długotrwałej heparynizacji.
- Źródłem znacznych kosztów terapii jest konieczność częstego stosowania dużej liczby preparatów krwiopochodnych, w tym codzienna infuzja masy płytkowej, stosowanie AT III, częsta kontrola układu krzepnięcia i morfologicznego obrazu krwi
- Podczas ECMO **noworodek i małe dziecko** podlega głębokiej analgezji, z koniecznością okresowego zwiotczenia.
- U **starszych dzieci i dorosłych**, wystarcza jedynie lekka sedacja z okresowym jej pogłębianiem przy bolesnych lub nieprzyjemnych zabiegach

- Odłączanie od układu ECMO jest rozważane:
 - po poprawie radiologicznej i klinicznej płuc,
 - próbnym obciążeniu pełnym oddechem
 - po zminimalizowaniu przepływu w układzie.

Przy zadowalających wynikach, uzyskanych po dwugodzinnym zaklemowaniu kaniul, następuje dekaniulacja wykonywana przez zespół chirurgów.

Kaniulę dwuświatłową usuwa się podobnie jak każdy dostęp centralny

W przypadku kaniulacji tętniczo-żylniej, ścianę naczynia tętniczego po usunięciu kaniuli można zszyć lub naczynie całkowicie podwiązać

Po dekaniulacji pacjent pozostaje w oddziale intensywnej terapii aż do uzyskania pełnej wydolności krążeniowo-oddechowej.

Powikłania mogące wystąpić podczas zastosowania oksygenacji pozaustrojowej

- Każde powikłanie podczas prowadzenia ECMO musi zostać zgłoszone podczas rejestracji pacjenta leczonego tą metodą w bazie danych ELSO.
- Zgodnie z wymaganiami bazy danych, powikłania dzielimy na;
 - techniczne
 - związane bezpośrednio ze stanem pacjenta

Powikłania i problemy związane z urządzeniem i obwodem ECMO częstość występowania ok. 5%

- następstwa niedoskonałego odpowietrzenia obwodu,
- zassanie powietrza do obiegu pozaustrojowego w trakcie terapii,
- przemieszczenie lub usunięcie kaniuli,
- dysfunkcja oksygenatora (zużycie, wykrzepnięcie),
- przerwanie obwodu (rozłączenie, uszkodzenie),
- dysfunkcja heater-coolera,
- dysfunkcja pompy.

Niezależnie od mechanizmu, każda dysfunkcja urządzenia objawiająca się zmniejszeniem przepływu krwi lub pogorszeniem wymiany gazowej, stanowi bezpośrednie zagrożenie życia chorego i wymaga natychmiastowej zmiany parametrów respiratora w celu umożliwienia wystarczającej wymiany gazowej w płucach.

Równolegle należy dążyć do jak najszybszego rozwiązania problemu technicznego.

- Nad sprawnością układu oksygenatora na całym świecie czuwają przez 24 godziny na dobę przy łóżku chorego – przeszkolony perfuzjonista i lekarz.
- Zapewniają oni ciągłą i skuteczną pracę aparatury, eliminując z wyprzedzeniem wszelkie możliwości wystąpienia usterek technicznych (standardowa wymiana drenu co 24 godziny, kontrola kaniul i drenów w kierunku obecności powietrza wykonywana co godzinę)

Powikłania terapii obserwowane u pacjenta

- krwawienie -częstość występowania wynosi około 30%; w tym: tamponada, krwiak jamy opłucnej, krwawienie z przewodu pokarmowego, krwawienie z oskrzeli, krwawienie do ośrodkowego układu nerwowego, krwawienie z dróg rodnych , uszkodzenie naczynia związane z kaniulacją,
- hemoliza,
- małopłytkowość/HIT
- zakażenie : zakażenie układu oddechowego, zakażenie odcewnikowe, zakażenie związane z kaniulą ECMO
- powikłania zatorowe,
- powikłania neurologiczne i długotrwałe utrzymujące się zaburzenia funkcji poznawczych,
- niewydolność narządowa (nerek, serca, wątroby),
- uraz ciśnieniowy płuc (barotrauma),
- zaburzenia metaboliczne,
- perforacja prawego przedsionka kaniulą.

Powikłania związane z ekspozycją krwi na sztuczne powierzchnie układu ECMO podczas natleniania pozaustrojowego

Może ona powodować

- aktywację komórkowych i humoralnych mediatorów zapalnych, doprowadzając do wtórnego uszkodzenia wielonarządowego
- pogorszenie obrazu radiologicznego i klinicznego płuc po podłączeniu pacjenta do oksygenatora i przy każdorazowej jego wymianie.
- Mediatory zapalne w pierwszym etapie leczenia ECMO nasilają uszkodzenie płuc i pogłębiają inaktywację surfaktantu.
- Te zjawiska dodatkowo przedłużają czas i koszty leczenia pacjenta

Optymalizacja terapii przed zgłoszeniem chorego do leczenia ECMO

1. **Wykluczenie lub usunięcie** potencjalnie odwracalnych przyczyn pogorszenia funkcji płuc i parametrów sztucznej wentylacji:

- odmy opłucnowej,
- istotnej objętości płynu w jamach opłucnowych,
- obturacji oskrzeli wydzieliną lub skrzepem,
- możliwych do skorygowania: zastoju w krążeniu płucnym i zwiększonej objętości wody pozanaczyniowej w płucach.

2. **Wentylacja według** zasad lung protective strategy:

- $VT \leq 6 \text{ ml kg}^{-1}$ dla należnej masy ciała według tabeli ARDSNet,
- dążenie do utrzymywania $P_{plateau} < 30 \text{ cm H}_2\text{O}$,
- przyzwolona hiperkapnia, jeśli $P_{plateau} > 30$ (maks. 35) $\text{cm H}_2\text{O}$,
- zalecany jest tryb wentylacji ograniczany ciśnieniem: PCV (pressure controlled ventilation), BIPAP (bilevel positive airway pressure), BiLevel

3. Adekwatna sedacja.

W przypadku braku tolerancji wentylacji małymi objętościami i trudności w synchronizacji respirator–pacjent, jedynie w przypadku ciężkiego ARDS - $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 120$; PaO_2 – prężność CO_2 we krwi, FiO_2 – stężenie O_2 w mieszaninie oddechowej możliwe włączenie leków blokady nerwowo-mięśniowej - preferowanym lekiem jest cisatrakurium- w postaci bolusów/ciągłych wlewów dożylnych przez okres do 48 godzin

4. Miareczkowanie ciśnienia końcowo-wydechowego -PEEP, positive endexpiratory pressure do optymalnych wartości $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$,

-podatności płuc z uwzględnieniem wpływu na hemodynamikę w zakresie 5–15–20 cm H_2O , najlepiej w zakresie wyznaczonym przez technikę derekrutacyjną.

5. Stosowanie manewru rekrutacji płuc (MRP) co 4–8 godzin oraz zawsze po każdej derekrutacji płuc.

Derekrutacja następuje już po 1,5–2,0 sekundach po utracie PEEP w drogach oddechowych, następuje po każdym odsysaniu czy krótkotrwałym rozłączeniu układu respiratora.

Potencjał rekrutacji można ocenić za pomocą tomografii klasycznej impendancyjnej lub badania ultrasonograficznego płuc.

Możliwe techniki MRP:

- a) PEEP 30 cm H₂O przez 20 s, ciśnienie szczytowe do 40 cm H₂O;
- b) dwukrotne wykonanie wdechu przedłużonego do 20 sekund, z ciśnieniem szczytowym 40 cm H₂O – możliwe do zrealizowania przez wciśnięcie przycisku „pauza wdechowa”, obecnego w niektórych typach respiratorów.

Podczas MRP obowiązuje monitorowanie ciśnienia tętniczego i saturacji.

Rekrutacja

Celowy proces dynamicznego rozprężenia otwierający poprzednio zapadnięte i nie biorące udziału w wymianie gazowej jednostki płuc przez zwiększenie ciśnienia przezpłucnego i zachodzący wzdłuż krzywej ciśnienie objętość

- Pierwotnie opisywany w znieczuleniu ogólnym
- Zależny od jednego lub kilku czynników wentylacji będących funkcją
 - ciśnienia, czasu, objętości, lokalizacji zmian niedodmowych
- Może być również realizowany przez zmianę elastancji ściany klatki piersiowej, spontaniczny oddech lub zmianę pozycji ciała
- Keenan JC, Formenti P, Marini JJ. Lung recruitment in acute respiratory distress syndrome: what is the best strategy? *Curr Opin Crit Care.* 2014;20(1):63-8

Monitorowanie i badania wykonywane przed zgłoszeniem chorego do leczenia ECMO

Podstawowe:

- pulsoksymetria,
- równowaga kwasowo-zasadowa krwi tętniczej – nie rzadziej niż co 3 godziny,
- bezpośredni pomiar ciśnienia tętniczego,
- pomiar ośrodkowego ciśnienia żylnego ma znaczenie jedynie orientacyjne. należy pamiętać o ograniczeniu w interpretacji tego parametru związanym z czynnym zasysaniem krwi przez pompę centryfugalną,
- parametry funkcji nerek,
- parametry wentylacji obejmujące: VT, f, FIO₂, PIP, podatność statyczną płuc, PEEP – notowanie nie rzadziej niż 2 razy na dobę,
- stężenie mleczanu,

- ACT lub APTT – nie rzadziej niż co 6 godzin,
- INR, PTT, D-Dimery, stężenie fibrynogenu, stężenie antytrombiny, liczba płytek – raz na dobę,
- rentgen klatki piersiowej – nie rzadziej niż co 3 dni,
- co godzinę należy odnotowywać parametry związane z pracą urządzenia: przepływ krwi, liczbę obrotów pompy, ciśnienie przed i za oksygenatorem.
- Zmniejszenie utlenowania krwi przy stałym przepływie wskazują na jego „zużycie” lub zwiększone ryzyko wykrzepiania, należy przygotować się do wymiany oksygenatora lub całego obwodu krążenia pozaustrojowego. $PaO_2/FiO_2 < 200$ w próbce krwi za oksygenatorem wskazuje na jego „zużycie” i sugeruje możliwą potrzebę rychłej wymiany

- Uzupełniająca (w miarę możliwości ośrodka):
- echokardiografia przezprzełykowa może być pomocna w ocenie funkcji zastawek i położenia kaniuli, szczególnie w przypadku użycia kaniuli dwuświatłowej,
- ocena objętości wody pozanaczyniowej w płucach za pomocą metody PICCO
- Interpretacja parametrów musi być ostrożna ze względu na dodatkowy i zmienny napływ krwi z aparatury ECMO do żyły głównej górnej, tomografia komputerowa płuc, jamy brzusznej, głowy w zależności od wskazań klinicznych, przyłóżkowa tomografia impedancyjna płuc, o ile możliwości ośrodka na to pozwalają.

Kryteria medyczne wskazań do leczenia ostrej niewydolności oddechowej za pomocą ECMO

- Wskazaniem do terapii **V-V ECMO** jest niewydolność oddechowa, w której, pomimo stosowania dużych stężeń tlenu, zaawansowanych technik terapii respiratorem i optymalizacji stanu chorego, utrzymująca się hipoksemia i hiperkapnia mogą być przyczyną pogarszania się stanu chorego, prowadzącego do śmierci.
- Oceniając potrzebę zgłoszenia chorego do leczenia ECMO należy uwzględnić kierunek zmian parametrów wymiany gazowej po wykorzystaniu możliwości zaawansowanych technik terapii respiratorem i optymalizacji stanu ogólnego, pamiętając, że opóźnianie rozpoczęcia terapii ECMO zmniejsza szansę przeżycia.
- Uproszczona definicja ARDS (tzw. modyfikacja Kigali), ma znaczenie wyłącznie przesiewowe i nie może służyć do kwalifikowania chorych do ECMO

- Stwierdzono, że u chorych leczonych ECMO lepsze wyniki osiągnane są wówczas, gdy leczenie to rozpoczęte jest jak najwcześniej od wystąpienia niewydolności oddechowej.
- Istotne znaczenie ma wczesne zidentyfikowanie chorych, którzy z dużym prawdopodobieństwem będą wymagać leczenia ECMO i szybkie zgłoszenie ich do najbliższego ośrodka mogącego je zastosować

Przeciwwskazania do leczenia ECMO żylnno-żylnym

Przeciwwskazania bezwzględne:

- poprzedzające leczenie wentylacją mechaniczną z dużym szczytowym ciśnieniem w drogach oddechowych lub dużym stężeniem tlenu w mieszaninie oddechowej przez czas przekraczający 7 dób
- ciężka choroba układowa o niepomyślnym rokowaniu, niezależnie od skuteczności leczenia ARDS,
- poważne nieodwracalne uszkodzenie centralnego układu nerwowego, encefalopatia
- marskość wątroby w wodobrzuszu, krwawienie z żyłaków przełyku w wywiadzie
- nowotwór złośliwy o złym rokowaniu
- przewlekła patologia układu oddechowego o złym rokowaniu;
- krwawienie wewnątrzczaszkowe i inne bezwzględne przeciwwskazania do antykoagulacji;
- ciężkie przewlekłe nadciśnienie płucne > 50 mm Hg
- ciężka niewydolność lewej $< 25\%$ lub prawej komory stwierdzone przed wystąpieniem hipoksemii
- świadoma deklaracja niewyrażenia zgody przez chorego na leczenie ECMO.

Przeciwwskazania względne:

- wiek > 70 lat
- AIDS
- masa ciała > 150 kg
- inne czynniki istotnie zmniejszające szansę na wyleczenie.

Zespół prowadzący leczenie

Leczenie ECMO powinno być prowadzone z wykorzystaniem ścisłej współpracy lekarzy specjalistów anestezjologii i intensywnej terapii oraz kardiochirurgii z pielęgniarkami oddziału intensywnej terapii i perfuzjonistami.

1. Lekarz specjalista anestezjologii i intensywnej terapii zaznajomiony z zasadami działania i leczenia przy pomocy ECMO obecny jest na oddziale przez 24 godziny na dobę.

2. W miarę możliwości, chirurg zaznajomiony z zasadami działania i leczenia przy pomocy ECMO i szczegółami obsługi urządzenia, pozostaje w gotowości do interwencji przez 24 godziny na dobę (np. lekarz dyżurujący na oddziale kardiochirurgii).

3. Bezpośrednią opiekę nad chorym sprawują pielęgniarki oddziału anestezjologii i intensywnej terapii, zaznajomione z zasadami działania i leczenia przy pomocy ECMO oraz obsługą urządzenia.

4. W nadzorowaniu pracy urządzenia pomocny może być perfuzjonista, kontrolujący je co najmniej raz na dobę.

Zaprzestanie terapii ECMO

Terapię ECMO przerywa się, gdy występują:

- rozległe ognisko niedokrwienne w mózgu,
- masywne krwawienie wewnątrzczaszkowe,
- rozpoznanie w trakcie terapii innej postępującej choroby uniemożliwiającej powrót wydolności oddechowej,
- brak możliwości poprawy funkcji układu oddechowego pomimo długotrwałej terapii,
- orzeczenie śmierci mózgu podczas prowadzenia terapii ECMO.

Odzwyczajanie i odłączanie chorego od ECMO

Warunki:

- ustępowanie zmian w obrazie RTG płuc,
- poprawa oksygenacji krwi tętniczej przy $FIO_2 < 0,6$ i poprawa podatności płuc ($PIP < 30$ cm H₂O), podczas próby redukcji wspomaganie ECMO.