

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

MAREK WOJTASZEK¹ | ELŻBIETA MACH-LICHOTA² | DOROTA OZGA³ | BEATA HORECZY⁴ | KAZIMIERZ WIDENKA⁵

ECMO JAKO CZĘŚĆ NOWOCZESNEJ INTENSYWNEJ TERAPII U PACJENTÓW Z NIEWYDOLNOŚCIĄ ODDECHOWĄ

ECMO AS A PART OF MODERN INTENSIVE THERAPY FOR PATIENTS WITH RESPIRATORY FAILURE

STRESZCZENIE: ECMO (ang. extracorporeal membrane oxygenation) jest standardową metodą leczenia wielu schorzeń. W Polsce wskazania do zastosowania tej procedury medycznej opierają się na „Zaleceniach i wytycznych nadzoru krajowego oraz konsultanta krajowego w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii” z 2009 roku. Wskazania obejmują niewydolność oddechową lub krążenia z przewidywanym ryzykiem zgonu >80% przy braku możliwości leczenia metodami konwencjonalnymi, w przebiegu następujących chorób: ciężkiej ostrej niewydolności oddechowej, wstrząsu kardiogennego, zapalenia serca, zatoru tętnicy płucnej, powikłań kardiochirurgicznych oraz skrajnej hipotermii. Decyzja dotycząca wdrożenia ECMO zależy wyłącznie od spełnienia odpowiednich kryteriów medycznych. Podczas stosowania tej metody konieczna jest współpraca wielu specjalistów oraz powołanie oddzielnego – przeznaczonego wyłącznie dla pacjenta leczonego z wykorzystaniem ECMO – zespołu nadzorującego przebieg terapii. Celem pracy było przedstawienie sposobu prowadzenia terapii metodą ECMO u chorych z niewydolnością oddechową w oddziałach intensywnej terapii oraz omówienie problemów związanych z tą drogą, obciążoną licznymi powikłaniami, inwazyjną procedurą ratującą życie. Niewielka ilość chorych, u których konieczne jest wdrożenie tej metody, nie gwarantuje opłacalności ECMO oraz odpowiedniego doświadczenia personelu (pomimo szkolenia pracowników medycznych w dobrych zagranicznych ośrodkach). Badania dotyczące zewnątrzustrojowego natleniania ciągle trwają i wymagają większej ilości prób klinicznych. Terapia ta, choć jest niezwykle kosztowną i inwazyjną procedurą medyczną, stanowi skuteczną formę leczenia skrajnej niewydolności oddechowej. Wskazania i przeciwwskazania do zastosowania ECMO ulegają ciągłej modyfikacji. Prace porównujące zewnątrzustrojowe natlenianie z metodami konwencjonalnymi dotyczą nie tylko przeżycia pacjenta, lecz także odległych powikłań oraz szans na normalne funkcjonowanie organizmu w późniejszym okresie. ECMO ciągle ewoluuje, staje się coraz bezpieczniejsze; dla wielu chorych ta forma leczenia może stanowić jedyną szansę na przeżycie.

SŁOWA KLUCZOWE: ECMO, intensywna terapia, niewydolność oddechowa

ABSTRACT: The ECMO (extracorporeal membrane oxygenation) method is a standard treatment of many diseases. Indications for using the ECMO in Poland are based on the „Guidelines of the National Supervision and the National Consultant in the field of Anesthesiology and Intensive Care” of 2009. They include respiratory and circulatory failure with anticipated risk of death >80%, when it is not possible to use conventional methods of treatment, during: acute respiratory distress syndrome, cardiogenic shock, myocarditis, pulmonary embolism, complications after cardiac surgeries, as well as extreme hypothermia. The decision on using the ECMO depends only on fulfilment of medical criteria. When using the ECMO, cooperation of many specialists is required with a separate team, supervising the course of therapy, created only for the patient treated by means of the ECMO method. The purpose of the study is to present the method of treating patients with respiratory failure using the ECMO method in

- 1 Zakład Medycyny Ratunkowej Uniwersytetu Rzeszowskiego
- 2 Zakład Intensywnej Terapii i Toksykologii Klinicznej Uniwersytetu Rzeszowskiego
- 3 Zakład Dydaktyki w Intensywnej Opiece Medycznej i Ratownictwie Medycznym Uniwersytetu Rzeszowskiego
- 4 Kliniczny Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii z Ośrodkiem Ostrych Zatruc Szpitala Wojewódzkiego Nr 2 w Rzeszowie
- 5 Kliniczny Oddział Kardiologii Szpitala Wojewódzkiego Nr 2 w Rzeszowie

✉ **DOROTA OZGA**

Zakład Dydaktyki w Intensywnej Opiece Medycznej i Ratownictwie Medycznym, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Pigoń 6, 35-205 Rzeszów, Tel.: (17) 872 11 95, e-mail: gdozga@poczta.fm

Wpłynęło: 10.08.2015

Zaakceptowano: 30.08.2015

DOI: [dx.doi.org/10.15374/PwAiO2015009](https://doi.org/10.15374/PwAiO2015009)

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

intensive care wards, as well as problems related to conducting this costly, invasive procedure, which may result in many complications, but which could save lives and health of gravely ill patients. Low number of patients requiring introducing the ECMO system does not ensure profitability of this method and does not provide the personnel many opportunities to gain experience, despite the trainings organised in the leading foreign centres. Research on conducting the ECMO therapy is still in progress and requires more clinical tests. The ECMO, although it is an extremely expensive and invasive procedure, may be an effective form of treatment of extreme respiratory failure. Indications and contraindications to use the ECMO are continuously changing. The works comparing application of this method with the conventional methods relate not only to survivability of the patient, but also focus on remote complications and chances for normal functioning of the body in the later stages. The ECMO is still evolving: it becomes safer and gains new patients. For many ill people, it may be the only chance for survival.

KEY WORDS: ECMO, intensive therapy, respiratory failure

HISTORIA ECMO

Koncepcja ECMO (ang. extracorporeal membrane oxygenation), czyli zewnątrzustrojowego natleniania, zwanego także pozapłucnym oddychaniem, nierozzerwalnie wiąże się z dwoma faktami:

- rozwojem krążenia pozaustrojowego, nazywanego sztucznym płuco-sercem, stosowanym w operacjach kardiochirurgicznych;
- rozwojem wymienników gazów, tzw. utleniaczy (oksygenatorów), nazywanych inaczej sztucznymi płucami. Początkowo w pierwszych płuco-sercach były to oksygenatory spieniające czy dyskowe, w których krew była mieszana bezpośrednio z wdmuchiwanym tlenem, co niestety powodowało dużą hemolizę krwi oraz uniemożliwiało dłuższe działanie. To, co zrewolucjonizowało sztuczne płuco, to zsyntetyzowane przez Kammermeyera w 1957 roku silikonowej błony odpornej na działanie ciśnienia hydrostatycznego, a jednocześnie przepuszczalnej dla gazów. Odkrycie to umożliwiło stworzenie tzw. oksygenatorów membranowych o długim czasie działania dzięki niewielkiej hemolizie i w efekcie doprowadziło do rozpowszechnienia określenia „zewnątrzustrojowe błonowe natlenianie” (ECMO) [1].

Klasyczne płuco-serce stosowane w operacjach kardiochirurgicznych zapewnia bezpieczne zewnątrzustrojowe krążenie i zewnątrzustrojowe natlenianie, ale przez maksymalnie kilkanaście godzin. Jest to związane z jednej strony z tym, iż wraz z długością prowadzenia tej procedury występuje niszczenie elementów morfotycznych przez pompy okluzyjne, a z drugiej strony dochodzi do spadku sprawności wymiennika gazów, zwanego okygenatorem. Dlatego też, aby możliwe było zastosowanie urządzenia do długotrwałego zastąpienia płuc (pozapłucnego oddychania), rozwój prac zmierzał

do stworzenia pomp nieokluzyjnych oraz błon półprzepuszczalnych (a co za tym idzie – oksygenatorów o lepszej sprawności).

Idea zastąpienia serca i/lub płuc fascynowała naukowców od dawna. Już w 1858 roku Brown-Sequard zademonstrował użycie utlenowanej krwi do utrzymania przy życiu amputowanych kończyn [2]. Pomysł zastosowania sztucznego płuco-serca w celu zastąpienia pracy serca i płuc podczas operacji kardiochirurgicznych jako pierwszy przedstawili John Gibbon oraz Marry Gibbon ze szpitala w Bostonie w latach 1936–1937. Ostatecznie Gibbon wdrożył swój pomysł do klinicznego zastosowania w 1953 roku w Klinice Mayo, wykonując zamknięcia ASD (ang. atrial septal defect, ubytek przegrody międzyprzedsionkowej) z zastosowaniem sztucznego płuco-serca własnej konstrukcji, w którym utleniaczem był ekranowy wymiennik gazów [1, 3]. Z kolei rok później Walton Lillehei w klinice w Rochester zastosował skonstruowane przez Richarda De Walla sztuczne płuco-serce, w którym utleniaczem był spieniający („bańkujący”) wymiennik gazów.

Ostatecznie głównymi elementami współczesnego sztucznego płuco-serca są:

- okluzyjne pompy rolkowe – wykorzystujące do przepompowania krwi ucisk wywierany na dren nawięty na rolkę pompy;
- membranowy wymiennik gazów – tzw. utleniacz/oksygenator;
- wymiennik ciepła – tzw. (ang.) heater-cooler (regulator temperatury);
- rezerwuar krwi;
- elektroniczny panel sterujący wymienionymi elementami.

Stosowanie krążenia pozaustrojowego w operacjach kardiochirurgicznych z czasowym zastąpieniem funkcji płuc działało pobudzająco na wyobraźnię osób chcących wykorzystać tę metodę w leczeniu ciężkiej ostrej niewydolności

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

oddechowej (ang. acute respiratory distress syndrome – ARDS), niepoddającej się leczeniu metodami konwencjonalnymi [4]. W tym celu pierwszego użycia – poza salą operacyjną – sztucznego płuco-serca dokonał doktor Hill w 1972 roku u pacjenta z pourazową ARDS. Jednak za ojca nowoczesnej ery ECMO uznaje się doktora Roberta Bartletta, który jako pierwszy zastosował tę formę terapii także u dzieci oraz noworodków z wtórną i pierwotną ostrą niewydolnością oddechową, co przyczyniło się np. do poprawy przeżycia z 10 do 75% w zespole aspiracji smółki [1]. Wraz ze wzrostem zainteresowania i doświadczenia oraz poprawą osiągniętych wyników coraz więcej ośrodków na świecie zaczęło stosować tę metodę. Obecnie ośrodki te są skupione w organizacji ELSO (ang. Extracorporeal Life Support Organization).

CHIRURGICZNE ASPEKTY ECMO

Obecnie ECMO jest wykorzystywane w przypadkach ostrej niewolności oddechowej (różnego pochodzenia: infekcyjnego, urazowego, toksycznego), z przewidywanym ryzykiem zgonu >80%, niepoddającej się leczeniu metodami tradycyjnymi. Ponadto zewnątrzustrojowe oddychanie jest stosowane także jako wspomaganie krążenia w przypadku pooperacyjnej niewydolności serca, niereagującej na leczenie inotropowo-dodatnie oraz podczas wyprowadzania pacjentów z przypadkowej głębokiej hipotermii.

Włączenie ECMO do łóżyska naczyniowego można wykonać następującymi metodami:

- żyłno-żylną (VV) – jako wspomaganie oddychania;
- żyłno-tętniczą (VA) – jako wspomaganie krążenia i oddychania.

Miejscami kaniulacji w metodzie VV są (jako spływ krwi i powrót krwi): żyła szyjna wewnętrzna, żyła udowa wspólna, prawy przedsionek (zwykle krew drenuje i powraca do łóżyska żylnego za pośrednictwem pojedynczej dwuświatłowej kaniuli założonej do prawego przedsionka przez żyłę szyjną wewnętrzną). Innym sposobem jest drenaż przez żyłę udową, a powrót – przez żyłę szyjną wewnętrzną.

Miejscami kaniulacji w metodzie VA są:

- jako spływ (drenaż): żyła szyjna wewnętrzna, żyła udowa wspólna, prawy przedsionek;
- jako powrót: tętnica szyjna wspólna, tętnica podobojczykowa/pachowa, tętnica udowa wspólna, aorta wstępująca lub łuk aorty.

Kaniulację tętnic w metodzie VA wykonuje się z doświadczenia chirurgicznego, natomiast w metodzie VV lub VA można wykorzystać również drogę chirurgiczną lub mniej inwazyjną technikę Seldingera.

Wybór metody prowadzenia ECMO (VA lub VV) zależy od sytuacji klinicznej. Gdy funkcja serca jest prawidłowa i występuje czysta ciężka niewydolność oddechowa, stosuje się technikę VV. W przypadku niewydolności serca

z towarzyszącym lub nie ARDS, wykorzystuje się metodę VA [5]. Rokowanie u chorych leczonych procedurą pozapłucnego oddychania jest uzależnione przede wszystkim od właściwej oraz możliwie wczesnej kwalifikacji do tego typu leczenia (zwłaszcza zanim wystąpi nieodwracalne uszkodzenie tkanki płucnej związane z natężoną wentylacją mechaniczną) [3]. Po uzyskaniu stabilizacji – hemodynamicznej, oddechowej, klinicznej i radiologicznej – następuje decyzja o odłączeniu ECMO. Usunięcie kaniul założonych techniką Seldingera nie różni się niczym od usunięcia wkłuc głębokich, natomiast usunięcie kaniul założonych chirurgicznie jest wykonywane również metodą chirurgiczną.

WSKAZANIA DO STOSOWANIA TERAPII ECMO

Kryteria medycznych wskazań do leczenia pozaustrojową oksygenacją krwi w ostrej niewydolności oddechowej dla oddziałów anestezjologii i intensywnej terapii oraz kardiointensywnej zostały zawarte w „Zaleceniach i wytycznych nadzoru krajowego oraz konsultanta krajowego w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii” [6].

Wskazaniem do zastosowania ECMO jest niewydolność oddechowa lub krążeniowo-oddechowa, w której – pomimo stosowania wysokich stężeń tlenu i zaawansowanych technik terapii respiratorem oraz optymalizacji stanu pacjenta – utrzymująca się hipoksemia i hiperkapnia stwarzają zagrożenie dalszego pogarszania się stanu chorego, prowadzącego do jego śmierci.

Rozważając kwalifikację pacjenta 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 u chorego, który jej potrzebuje, zmniejsza jego szanse na przeżycie.

Kryterium podstawowe stanowi wskaźnik $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 70$ mmHg, przy PEEP (ang. positive end-expiratory pressure) ≥ 10 cm H_2O , niewzrastający przez co najmniej dwie godziny, pomimo optymalnej (opisanej powyżej) terapii oddechowej.

Kryteria pomocnicze:

- pH < 7,2; $\text{PaCO}_2 > 80$ mmHg;
- podatność statyczna < 0,5 ml/kg/cm H_2O ;
- PIP > 40 cm H_2O , przy TV ≤ 6 ml/kg;
- w badaniu RTG klatki piersiowej rozległe zaciemnienia w co najmniej dwóch kwadrantach płucnych;
- indeks utlenowania (OPI) > 60 przez 30 minut lub > 35 przez 6 godzin, obliczany ze wzoru:

$$\text{OPI} = \frac{\text{MAP} \times \text{FiO}_2 \times 100}{\text{PaO}_2}$$

gdzie:

MAP – ang. mean airway pressure, średnie ciśnienie w drogach oddechowych.

! Artykuł jest dostępny na zasadzie dozwolonego użytku osobistego. Dalsze rozpowszechnianie (w tym umieszczanie w sieci) jest zabronione i stanowi poważne naruszenie przepisów prawa autorskiego oraz grozi sankcjami prawnymi.

Kryterium alternatywne stanowi wskaźnik punktacji w skali Murray'a (ang. lung injury score – LIS) >3,0.

Do oceny ciężkości stanu chorego niezbędne jest zastosowanie skali SOFA dwukrotnie w ciągu doby. Wartość punktowa uzyskana przez chorego w tej skali nie służy jednak jako kryterium włączenia lub wykluczenia z procedury pozaustrojowej oksygenacji krwi.

Pacjentów do terapii ECMO zgłasza ordynator oddziału intensywnej terapii lub jego zastępca. Osoba kwalifikująca jest zobowiązana do weryfikacji zgodności terapii z wymienionymi powyżej zleceniami, ze szczególnym uwzględnieniem odpowiedniej terapii respiratorem. Oddział zgłaszający zobowiązuje się do przyjęcia pacjenta do dalszego leczenia po odłączeniu ECMO i stabilizacji w zakresie funkcji układu oddechowego i krążenia, w stopniu umożliwiającym bezpieczny transport [6]. Należy pamiętać, że zewnątrzustrojowe natlenianie nie leczy płuc, lecz daje choremu szansę na przeżycie w okresie, gdy dysfunkcja płuc jest na tyle głęboka, że uniemożliwia wystarczającą oksygenację krwi tętnicznej lub/i eliminację dwutlenku węgla.

PRZECIWWSKAZANIA DO STOSOWANIA TERAPII ECMO

Przeciwwskazania do stosowania terapii ECMO:

- ciężka choroba układowa;
- znacznego stopnia immunosupresja;
- krwawienie wewnątrzczaszkowe i inne przeciwwskazania do heparynizacji;
- poprzedzające leczenie respiratorem przez >7–10 dób, szczególnie jeśli niemożliwe było spełnienie kryteriów (ang.) lung protective strategy;
- nieodwracalność procesu chorobowego płuc lub innego narządu;
- brak zgody pacjenta;
- wiek >65. roku życia.

Podczas stosowania ECMO konieczna jest współpraca wielu specjalistów oraz stałego zespołu nadzorującego przebieg terapii. W zespole zajmującym się chorym w trakcie leczenia znajdują się: lekarz prowadzący ogólną terapię

(przeszkolony w stosowaniu ECMO), perfuzjonista odpowiedzialny za działanie układu krążenia pozaustrojowego i pielęgniarka zajmująca się jedynie tym pacjentem.

ECMO jest metodą niezwykle inwazyjną i drogą, obciążoną szeregiem powikłań, ale pozwala na uzyskanie pełnej regresji miąższu płucnego, co jest równoznaczne z całkowitym wyleczeniem i powrotem do pełnego zdrowia.

PODSUMOWANIE

W ostatnich czterdziestu latach nastąpił znaczny postęp w leczeniu niewydolności oddechowej, a każda nowa metoda budzi nadzieje. Także wskazania i przeciwwskazania do stosowania terapii ECMO z roku na rok ulegają modyfikacji. Badania nad pozaustrojowym utlenowaniem krwi ciągle trwają i wymagają większej ilości prób klinicznych. Prace porównujące zastosowanie tej metody z metodami konwencjonalnymi dotyczą nie tylko przeżycia pacjenta, lecz także odległych powikłań i szans na normalne funkcjonowanie organizmu w późniejszym okresie. Procedura medyczna ECMO ciągle ewoluuje, staje się coraz bezpieczniejsza i zyskuje nowych pacjentów, a dla wielu chorych może stanowić jedyną szansę na przeżycie.

KONFLIKT INTERESÓW: nie zgłoszono.

PIŚMIENNICTWO

1. Annich G, Lynch W, MacLaren G, Wilson J, Bartlett R. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. 4th edn. Extracorporeal Life Support Organization, 2012.
2. Soltoski PR, Karamanoukian HL, Salerno TA. Cardiac Surgery Secrets. Hanley & Belfus, Philadelphia, 2000.
3. Antoszewski Z, Sych M. Pozaustrojowe Krążenie Krwi i Pozapłucne Oddychanie. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 1984.
4. E. Urbańska, A. Grzybowski, R. Przybylski et al. Natlenianie pozaustrojowe (ECMO) u noworodków – doświadczenia Śląskiego Centrum Chorób Serca. Kardiochir Torako-chir Pol 2004;1(2):124–127.
5. Leicester GB. ECMO Specialist Training Program Course Textbook, 1997.
6. Lango R, Szkulmowski Z, Maciejewski D, Kusza K. Protokół zastosowania pozaustrojowej oksygenacji krwi (ECMO) w leczeniu ostrej niewydolności oddechowej. Zalecenia i wytyczne nadzoru krajowego oraz konsultanta krajowego w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii. Anest Intens Ter 2009;41(4):253–258.