

Leczenie ECMO u chorych z COVID-19 w Centrum Terapii Pozaustrojowej Kliniki Kardiochirurgii CSK MSWiA w Warszawie

ECMO treatment in COVID-19 patients in Centre of Extracorporeal Therapy, Department of Cardiac Surgery, Central Clinical Hospital of the Ministry of Interior and Administration in Warsaw

Jakub Staromłyński^{1, 2},
Dominik Drobiński^{1, 2},
Artur Zaczyński³, Mariusz Kowalewski^{1, 2},
Maciej Bartczak^{1, 2},
Radosław Smoczyński^{1, 2},
Anna Witkowska^{1, 2}, Waldemar Wierzbą³,
Piotr Suwalski^{1, 2}

¹Klinika Kardiochirurgii, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Centralny Szpital Kliniczny Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Warszawie

²Centrum Terapii Pozaustrojowej przy Klinice Kardiochirurgii, Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego, Centralny Szpital Kliniczny Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Warszawie

³Centralny Szpital Kliniczny Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji w Warszawie

STRESZCZENIE

Metoda ECMO polega na pozaustrojowym utlenowaniu krwi żyłnej w oksygenatorze z jednoczasową eliminacją dwutlenku węgla. Jest stosowana w leczeniu ostrej niewydolności krążenia (konfiguracja żyłno-tętnicza) oraz ostrej niewydolności oddechowej (konfiguracja żyłno-żylna). Pandemia wywołana koronawirusem COVID-19 wymusiła szybkie zgromadzenie i podsumowanie wiedzy oraz wprowadzenie nowych zaleceń do istniejących już wytycznych. Jednym z takich dokumentów są zalecenia *Extracorporeal Life Support Organization* (ELSO). W niniejszej pracy przedstawiono aktualne podsumowanie zaleceń ELSO oraz zaleceń polskiej grupy eksperckiej zajmujących się leczeniem i strategią ECMO.

Słowa kluczowe: ECMO żyłno-żylna, ostra niewydolność oddechowa, COVID-19, SARS-CoV-2, zespół ECMO

Kardiologia. Inwazyjna 2020, 15 (2), 83–89

ABSTRACT

ECMO (extracorporeal membrane oxygenation) is a method of extra-systemic blood oxygenation. It involves the oxygenation of venous blood in an oxygenator with the simultaneous elimination of carbon dioxide in the extracorporeal system. This method is used in the treatment of acute circulatory failure (veno-arterial configuration) as well as in acute respiratory failure (veno-venous configuration). The pandemic caused by the COVID-19 coronavirus resulted in the need to quickly gather and summarize knowledge and introduce new data to existing guidelines. One such document is the recommendations of ELSO (Extracorporeal Life Support Organization). The following paper presents the current summary of recommendations of both ELSO and Polish national experts panel dealing with ECMO treatment.

Key words: veno-venous ECMO, acute respiratory failure, COVID-19, SARS CoV 2, ECMO team

Kardiologia. Inwazyjna 2020, 15 (2), 83–89

Wstęp

W 2009 roku świat borykał się z problemem wirusa grypy AH1N1. Pandemia COVID-19, podobnie jak i wirusa „ptasiej grypy”, wybuchła nagle i nieoczekiwanie. Spowodowała niewydolność wielu rozbudowanych i dobrze zrestrukturyzowanych systemów ochrony zdrowia, wymuszając jednocześnie konieczność szukania swoistych kierunków leczenia przyczyny choroby. W chwili pisania tego artykułu liczba osób zakażonych według Uniwersytetu Johns Hopkins wynosiła 3 847 278 zakażonych, a liczba zgonów – 269 598 [1].

Wśród najczęstszych objawów choroby występuje wysoka gorączka, kaszel oraz duszność, rzadziej utrata smaku i węchu. Zachorowanie może przebiegać pod postacią łagodnego przeziębienia lub wręcz bezobjawowo. W tej postaci większość chorych wymaga jedynie leczenia objawowego bez konieczności hospitalizacji. Jednak u części pacjentów dochodzi do rozwoju ciężkiego ostrego zapalenia płuc o charakterze zespołu ostrej niewydolności oddechowej

(ARDS, *adult respiratory distress syndrome*). Na tę postać SARS-CoV-2 szczególnie narażone są osoby w starszym wieku. Najgorszy przebieg obserwuje się u osób powyżej 80. roku życia. Śmiertelność w tej grupie chorych sięga 13,4% [2, 3]. Do innych czynników ryzyka należą cukrzyca, przewlekła obturacyjna choroba płuc, choroby układu sercowo-naczyniowego oraz choroby krążenia mózgowego [4]. Jedną z możliwych opcji leczenia ARDS jest pozaustrojowa oksygenacja membranowa (ECMO, *extracorporeal membrane oxygenation*). Procedura ta jest obciążona wysokim ryzykiem powikłań. Terapia ECMO nie powoduje wyeliminowania czynnika chorobotwórczego, lecz daje możliwość tkance płucnej na całkowitą lub częściową regenerację i w tym czasie zapewnia prawidłową oksygenację krwi pacjenta. Większość doświadczeń z ARDS za pomocą ECMO zgromadzono na podstawie wyników leczenia pandemii grypy AH1N1 w 2009 roku [2, 3]. Nie bez znaczenia na obecne wyniki terapii ECMO miało wpływ lepsze poznanie patofizjologii wirusowego uszkodzenia płuc, wprowadzenie istotnych zmian w technologii samego urządzenia czy prowadzenie mniej agresywnej antykoagulacji w trakcie terapii pozaustrojowej [3–5]. W Polsce w 2017 roku grupa robocza powołana przez konsultanta krajowego anestezjologii i intensywnej terapii, na podstawie aktualnej wiedzy opublikowała protokół kwalifikacji chorych do terapii ECMO [3]. Wtedy również stworzono listę ośrodków krajowych o największym doświadczeniu w prowadzeniu terapii pozaustrojowej w leczeniu ostrej niewydolności oddechowej.

Istotnym z punktu widzenia strategicznego stała się również możliwość implantacji urządzenia w miejscu zgłoszenia chorego do terapii. Szczególne znaczenie ma to u pacjentów bez możliwości konwencjonalnego transportu (ambulans medyczny) przy wsparciu jedynie wentylacji mechanicznej. W ten sposób ustalono rolę transportowego ECMO żylny-żylnego, w którym Klinika Kardiochirurgii CSK MSWiA posiada doświadczenie [6].

Szybka ekspansja infekcji SARS-CoV-2 i pojawianie się pacjentów zagrożonych ciężkim przebiegiem wirusowego zapalenia płuc doprowadziło do konieczności kolejnej aktualizacji wiedzy i stworzenia zaktualizowanych wytycznych leczenia ARDS przy użyciu ECMO. Wytyczne te zostały szczegółowo podsumowane przez *Extracorporeal Life Support Organization* (ELSO) w 2020 roku. W Polsce w tym samym czasie specjalna grupa ekspercka działająca przy Agencji Oceny Technologii Medycznych (AOTM) opracowała wskazania co do diagnostyki oraz leczenia pacjentów zakażonych COVID-19 [7]. W tym samym dokumencie rada powołała Centra Terapii Pozaustrojowej (CTP), których celem jest zajmowanie się najbardziej zagrożonymi pacjentami wymagającymi leczenia przy użyciu ECMO. Ośrodki te charakteryzuje duże doświadczenie w kwalifikacji

i leczeniu pacjentów z ostrą niewydolnością oddechową o etiologii wirusowej. Jeden z takich właśnie ośrodków powstał przy Klinice Kardiochirurgii CSK MSWiA w Warszawie.

W niniejszej pracy podsumowano najważniejsze obecnie opublikowane zalecenia i wytyczne oraz przedstawione własne doświadczenia Centrum Terapii Pozaustrojowej.

Kwalifikacja

Wskazania do ECMO żylny-żylnego (V-V, *veno-venous*) u pacjentów COVID-19-pozytywnych nie powinny różnić się od tych, które do tej pory były standardem przy ARDS. Do terapii ECMO są kwalifikowani pacjenci z ostrą niewydolnością oddechową w przebiegu COVID-19 oporną na standardową terapię, u których wdrożenie terapii ECMO V-V zwiększa szansę na przeżycie. Nierekomendowane jest wdrażanie terapii ECMO u pacjentów przed zastosowaniem pełnej konwencjonalnej terapii ARDS w tym pozycji ułożeniowej [3].

Decyzja nie powinna być opóźniana (szczególnie w ośrodku niedysponującym ECMO), gdyż może to spowodować destabilizację stanu chorego i jego dyskwalifikację lub konieczność implantacji urządzenia w ośrodku kierującym (ECMO transportowe). U takich pacjentów wszczepienie należy rozważyć gdy PaO_2 i FiO_2 jest < 100 mm Hg pomimo konwencjonalnego leczenia [2].

Decyzję zawsze należy rozważyć na podstawie stanu klinicznego oraz dostępnych algorytmów postępowania leczenia ostrej niewydolności oddechowej. Jednym z opracowanych w ostatnim czasie jest dokument zaproponowany przez ELSO (ryc. 1) [2].

Polska grupa ekspercka AOTM stworzyła uaktualnione wytyczne dla „jednoimiennych szpitali zakaźnych” w zakresie diagnostyki i leczenia osób zakażonych lub narażonych na zakażenie COVID-19. W przypadku utrzymywania się hipoksemii (pomimo optymalnej terapii oraz sztucznej wentylacji) ze wskaźnikiem $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mm Hg lub kwasicy oddechowej $\text{pH} < 7,25$ i $\text{PaCO}_2 > 60$ mm Hg należy rozważyć wdrożenie ECMO [7]. Przeciwwskazania względne i bezwzględne do terapii ECMO podsumowano w tabeli 1 [3, 8, 9].

Typy kaniulacji

W przypadku terapii V-V u pacjentów ze stwierdzoną infekcją COVID-19 metodą z wyboru jest kaniulacja przezskórna metodą Seldingera pod kontrolą ultrasonografii (ultrasonografia [USG, *ultrasonography*], echokardiografia przezprzełykowa [TEE, *transesophageal echocardiography*]). W sytuacjach bardzo wątpliwych wskazane jest wykonanie niezwłocznie po kaniulacji badania angio-TK klatki piersiowej

Tabela 1. Przeciwwskazania do terapii żyłno-żylnej ECMO

Przeciwwskazania bezwzględne
<ul style="list-style-type: none"> • 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 wodobrzuszem, krwawienie z żyłaków przelyku w wywiadzie • nowotwór złośliwy o złym rokowaniu • przewlekła patologia układu oddechowego o złym rokowaniu • krwawienie wewnątrzczaszkowe i inne bezwzględne przeciwwskazania do antykoagulacji • mPAP > 50 mm Hg • ciężka niewydolność lewej (LVEF < 25%) lub prawej komory (RVEF) stwierdzone przed wystąpieniem hipoksemii • świadoma deklaracja niewyrażenia zgody przez chorego na leczenie ECMO
Przeciwwskazania względne
<ul style="list-style-type: none"> • wiek > 70 lat • AIDS • masa ciała > 150 kg • inne czynniki istotnie zmniejszające szansę na wyleczenie

AIDS (*acquired immune deficiency syndrome*) — zespół nabytego braku odporności; ARDS (*adult respiratory distress syndrome*) — ostra niewydolność oddechowej; ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*) — pozaustrojowa oksigenacja membranowa; LVEF (*left ventricle ejection fraction*) — frakcja wyrzutowa lewej komory serca; mPAP (*mean pulmonary arterial pressure*) — ciężkie przewlekłe nadciśnienie płucne; RVEF (*right ventricle ejection fraction*) — frakcja wyrzutowa prawej komory serca

w celu oceny położenia kaniul w obrębie żył głównych oraz jamach serca [2].

W przypadku pacjentów zakażonych COVID-19 liczba osób w zespole powinna zostać ograniczona do minimum i nie przekraczać 5. Kaniulacji powinny dokonywać osoby najbardziej doświadczone w danym ośrodku z zakresu kaniulacji przezskórnej [2].

Preferowana jest kaniulacja szyjno-udowa (prawej żyły szyjnej wewnętrznej oraz prawej żyły udowej). W przypadku braku możliwości kaniulacji żył szyjnych możliwa jest również technika udowo-udowa (prawa i lewa żyła udowa) [2]. Przed rozpoczęciem kaniulacji podaje się heparynę w dawce najczęściej 100 j/kg mc. lub 5000 j. dożylnie [3]. Kaniulę zbiorczą stanowi najczęściej 21–23F kaniula wielostopniowa wprowadzana przez prawą żyłę udową. Optymalną wysokością jest poziom Th10–Th11. Zapewnia prawidłowy spływ również z krążenia wrotnego [3].

Jako kaniulę powrotną (napływową) stosuje się 19–21F kaniulę pojedynczą implantowaną przez prawą żyłę szyjną wewnętrzną do wysokości ujścia żyły głównej górnej do prawego przedsionka. Niezwykle ważny jest moment bezpowietrznego połączenia spływów z układem ECMO. Dostanie się pęcherzyków powietrza do układu oksygatora może doprowadzić do natychmiastowego zatrzymania jednostki ECMO. Po rozpoczęciu pracy ECMO w części przypadków nie ma konieczności odwracania działania heparyny. W przypadku stwierdzenia zaburzeń krzepnięcia u chorego w trakcie terapii ECMO (cechy krwawienia), odwracanie działania heparyny należy wykonywać pod kontrolą ACT (*activating clotting time*) lub APTT (*activated partial thromboplastin time*). Niektóre doniesienia naukowe potwierdzają u chorych zakażonych wirusem COVID-19 tendencje do nadkrzepliwości [10]. Stąd odwracanie działania heparyny nie w każdym przypadku pozostaje uzasadnione. Z doświadczeń własnych ośrodka czas ACT jest najszybszym i najbardziej precyzyjnym pomiarem i powinien być utrzymywany pomiędzy 150–200 sek.

Podłączenie chorego do typowego układu ECMO V-V zilustrowano na rycinie 2.

Prowadzenie i monitorowanie terapii ECMO

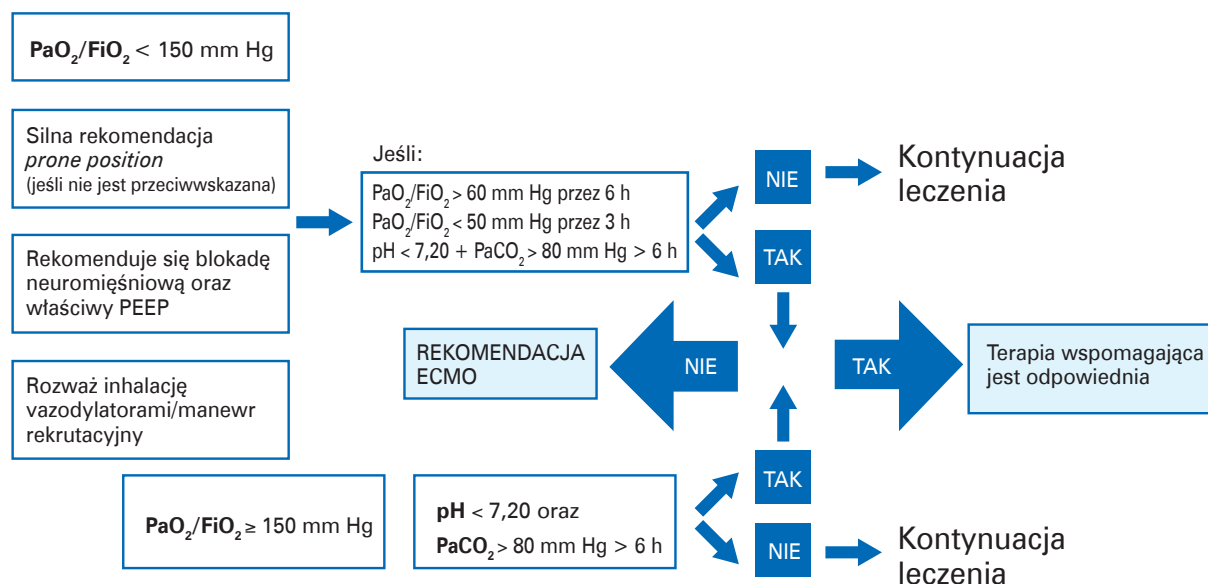
Terapia ECMO powinna być prowadzona przez zespół specjalistów, w którego skład wchodzi: specjalista anestezjologii i intensywnej terapii, kardiochirurg, perfuzjonista oraz doświadczony zespół pielęgniarski przeznaczony do opieki nad chorym zakażonym COVID-19. Monitorowanie chorego z COVID-19 według zaleceń ELSO powinno odbywać się na kilku poziomach.

Wentylacja mechaniczna pacjenta

W trakcie terapii ECMO całkowita oksigenacja krwi następuje w układzie oksygatora, a nie w płucach chorego. Wentylacja płuc ma jedynie znaczenia uzupełniające. Rekomendowana jest strategia ochraniająca płuca. Właściwe jest utrzymanie stałego ciśnienia ($P_{\text{plateau}} \leq 25 \text{ cm H}_2\text{O}$ z liczbą 4–10 oddechów/min, PEEP 10–15 cm H₂O oraz FiO₂ < 50% w celu zapewnienia saturacji $\geq 85\%$ [2, 11–13].

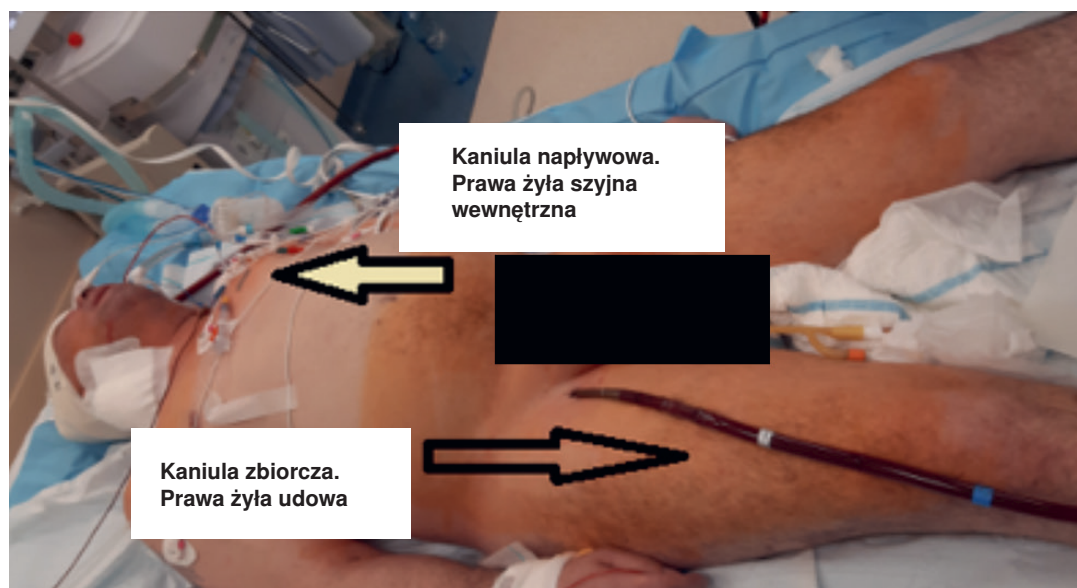
Ocena hematologiczna

Istnieją dowody mówiące o tendencji do tworzenia się mikrozatorów u pacjentów zakażonych COVID-19 [10]. Powinno się unikać niskich wartości przepływu w układzie ECMO V-V (< 2 l/min) u pacjentów dorosłych gdyż zwiększa to ryzyko nadkrzepliwości. U pacjentów z nadpłytkowością należy rozważyć włączenie leku przeciwplatekowego



ARDS (*adult respiratory distress syndrome*) — ostra niewydolność oddechowej; ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*) — pozaustrojowa oksigenacja membranowa

Rycina 1. Algorytm postępowania. Wskazania do ECMO V-V w leczeniu ARDS według wytycznych *Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) 2020* [2]



Rycina 2. Schemat szyja-udo w konfiguracji żylna-żylna ECMO

w monoterapii (kwas acetylosalicylowy, kłopidogrel, tikagrelor) [10].

Nie istnieją sprecyzowane wytyczne odnośnie do transfuzji krwi oraz preparatów krwipochodnych u pacjentów COVID-19-pozytywnych. Zalecane jest utrzymanie wartości hemoglobiny (Hb) ≥ 7–8 g/dl; płytek krwi > 50 tys./ul oraz stężenia fibrynogenu > 100 mg/dl [2] z zachowaniem rozsądnej gospodarki preparatami w dobie pandemii. Rutynowe używanie leków antyfibrynolitycznych nie jest rekomendowane [2, 14].

Układ pokarmowy

Rekomenduje się wczesne wdrożenie żywienia enteralnego (w przeciągu 48 h). Wskazane jest ostrożne

stosowanie leków prokinetycznych ze względu na ryzyko wystąpienia zaburzeń rytmu serca w tym wydłużenia odcinka QT [2].

Leki modyfikujące przebieg choroby

Nie ma obecnie wystarczających dowodów z badań potwierdzających skuteczność terapii w COVID-19 lekami testowanymi w badaniach klinicznych w tym kierunku (azytromycyna, sterydy, lopinawir, ritonavir, remdesivir, tocilizumab). Decyzja o użyciu leków powinna być podjęta na podstawie jednostkowego przypadku. Steroidy mogą mieć zastosowanie w przypadku wystąpienia wstrząsu septycznego [2].

Mobilizacja chorego

Jeśli to możliwe wskazane jest uruchomienie chorego w trakcie terapii ECMO. Szybka mobilizacja sprzyja zapewnieniu prawidłowej funkcji układu nerwowo-mięśniowego [2]. Rehabilitacja i mobilizacja chorego w trakcie terapii ECMO mogą doprowadzić do zdestabilizowania jego stanu. Dlatego powinna być prowadzona ostrożnie i przez personel z dużym doświadczeniem w rehabilitacji chorych.

Monitorowanie obrazowe podczas terapii ECMO

Rekomendowane jest częste wykonywanie badań ultrasonograficznych przy łóżku chorego. Badanie ma na celu wykrycie zakrzepicy żył głębokich kończyn dolnych oraz zmian zakrzepowych w syfonie żyły głównej dolnej [2].

Badanie echokardiograficzne (przekłatkowe lub przezprzetykowe) jest zalecane u pacjentów, u których podejrzewa się niewydolność komór lub pojawiają się cechy destabilizacji krążeniowej chorego, na przykład objawy wstrząsu kardiogennego. Ma to szczególne znaczenie u chorych z COVID-19, gdyż u tych pacjentów odnotowywano niewydolność obukomorową [2].

Badanie tomografii komputerowej powinno być wykonywane jedynie u chorych, u których rezultaty badania mogą wpłynąć na zmianę leczenia. Każdy transport chorego z ECMO związany jest ryzykiem destabilizacji jego stanu [2].

Podobne zalecenia dotyczą bronchoskopii. Jest wskazana jedynie u chorych, u których będzie to zabieg leczniczy, a nie diagnostyczny [2].

Monitorowanie parametrów ECMO

Monitorowanie parametrów ECMO powinno być wykonywane przez doświadczony zespół specjalistów, a ocena powinna dotyczyć parametrów funkcji urządzenia tj. monitorowania obrotów, poziomu przepływu czy wizualnej oceny oksygenatora. Wskazane jest codzienne monitorowanie wartości gazometrycznej krwi (przed i za oksygenatorem) jak również gradientu ciśnienia przezmembranowego. Konieczna jest kontrola prawidłowego wypełnienia łożyska naczyniowego pacjenta [2]. Obserwowane stany nadkrzepliwości mogą doprowadzić do wykrzepiania w układzie oksygenatora, dlatego jeśli to możliwe, powinna być przygotowana jednostka zastępcza [2].

Zakończenie terapii ECMO

Warunkiem odłączenia chorego od ECMO jest ustąpienie (lub znacząca redukcja) zmian śródmiąższowych w obrazie płuc oraz poprawa podatności płuc [3]. Wytyczne ELSO z 2020 roku zalecają przed

wyszczepieniem ECMO wykonanie tak zwanej próby odzwyczajania. Jeżeli wymiana gazowa jest odpowiednia przez 2–4 godziny, możliwa staje się dekanulacja układu ECMO.

Rekomendowane przez ELSO ustawienia wentylatora przedstawiono w tabeli 2. W czasie próby przepływ gazów w układzie oksygenatora ECMO powinien wynosić 0 l/min [2]. Dekanulacja u chorych na COVID-19, jeśli to tylko możliwe, powinna być wykonana na łóżku chorego.

Tabela 2. Ustawienia wentylatora podczas odzwyczajania terapii żylna-żylnej ECMO według wytycznych *Extracorporeal Life Support Organization* (ELSO) 2020

Parametr	Wentylator
VT	≤ 6–8 ml/kg
P _{plateau}	≤ 30 cm H ₂ O
PEEP	≤ 16 cm H ₂ O
FiO ₂	≤ 0,5%
pH	> 7,3
SaO ₂	> 88%

ECMO (*extracorporeal membrane oxygenation*) — pozaustrojowa oksygenacja membranowa; PEEP (*positive end-expiratory pressure*) — dodatnie ciśnienie w drogach oddechowych w czasie końcowej fazy wydechu

Podsumowanie

Terapia ECMO V-V u pacjentów zakażonych COVID-19 w chwili obecnej podlega stałej aktualizacji i ocenie. Jest to procedura wysoce specjalistyczna, która powinna być prowadzona jedynie przez ośrodki posiadające odpowiednie doświadczenie oraz bazę diagnostyczno-leczniczą. Procedura ECMO niesie ze sobą wysokie ryzyko powikłań, w tym udarów, krwawienia wewnątrzczaszkowego czy zgonu [3]. Mimo to w wielu przypadkach pozostaje ostateczną możliwością leczenia chorych z ostrym wirusowym zapaleniem płuc w przebiegu SARS-CoV-2. Według ostatnich danych ELSO obecnie na świecie pozostaje 791 pacjentów leczonych ECMO [15].

Centrum Terapii Pozaustrojowej Kliniki Kardiologii CSK MSWiA w Warszawie dysponuje w chwili obecnej 6 urządzeniami do oksygenacji pozaustrojowej. Bardzo ważnym elementem kwalifikacji chorego do ECMO pozostaje niezwłoczne podjęcie decyzji o konieczności zastosowania tego typu leczenia. W ośrodkach niedysponujących własnym zapleczem ECMO istnieje możliwość implantacji urządzenia w miejscu zgłaszania chorego — ECMO transportowe. W granicach miasta transport taki odbywa się za pomocą specjalistycznego ambulansu (wyposażonego w gniazdo napięciowe 230V). U pacjentów kwalifikowanych z odległych miejsc istnieje możliwość transportu śmigłowcem Lotniczego Pogotowia



Rycina 3. Symulacja transportu chorego w trakcie terapii ECMO śmigłowcem lotniczego pogotowia ratunkowego



Rycina 4. Transport chorego w trakcie terapii ECMO śmigłowcem specjalnym Black-Hawk MSWiA

Ratunkowego (LPR) lub w szczególnych sytuacjach helikopterami Black-Hawk jednostki specjalnej Policji (ryc. 3, 4). Transport zorganizowany odpowiednimi środkami zapewnia szybkie i właściwe rozpoczęcie procedury już w miejscu zgłoszenia chorego. Tym samym chory jest przekazywany z miejsca na miejsce w zabezpieczeniu układu do oksygenacji zewnątrzstrojowej. Klinika Kardiologii CMKP CSK MSWiA zdobyła już wcześniej doświadczenie w transporcie chorych w stanie ciężkim wymagających wsparcia układem ECMO. Przez ostatnie lata wypracowała własny schemat działania, który opiera się na wiedzy i doświadczeniu zespołu. W skład zespołu transportowego ECMO wchodzi anestezyjolog — specjalista intensywnej terapii, kardiochirurg oraz perfuzjonista. Zredukowanie do minimum „ECMO team” ma szczególne znaczenie u chorych zakażonych COVID-19. Obecnie w dalszym ciągu wrasta liczba osób z potwierdzonym SARS-CoV-2. Ta niecodzienna sytuacja stwarza konieczność aktualizacji wiedzy o wskazaniach oraz możliwościach terapeutycznych oksygenacji pozaustrojowej w układzie V-V [16].

Piśmiennictwo:

1. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>. (08.05.2020).
2. Bartlett RH, Ogino MT, Brodie D, et al. Initial ELSO Guidance Document: ECMO for COVID-19 Patients with Severe Cardiopulmonary Failure. *ASAIO J.* 2020; 66(5): 472–474, doi: [10.1097/MAT.0000000000001173](https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001173), indexed in Pubmed: [32243267](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32243267/).
3. Lango R, 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 anaesthesiology and intensive care. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2017; 49(2): 88–99, doi: [10.5603/AIT.a2017.0028](https://doi.org/10.5603/AIT.a2017.0028), indexed in Pubmed: [28643320](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28643320/).
4. Verity R, Okell LC, Dorigatti I, et al. Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. *Lancet Infect Dis.* 2020; 20(6): 669–677, doi: [10.1016/S1473-3099\(20\)30243-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30243-7), indexed in Pubmed: [32240634](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32240634/).
5. Terragni P, Faggiano C, Ranieri VM. Extracorporeal membrane oxygenation in adult patients with acute respiratory distress syndrome. *Curr Opin Crit Care.* 2014; 20(1): 86–91, doi: [10.1097/MCC.0000000000000053](https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000053), indexed in Pubmed: [24322337](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24322337/).
6. Staromlyński J, Suwalski P. Transport venovenous ECMO in patient with acute respiratory disorder - case report. *Kardiologia Inwazyjna.* 2017; 12: 55–58.
7. <http://www.aotm.gov.pl/www/zalecenia-covid-19-2/>. (08.05.2020).
8. Forrest P, Ratchford J, Burns B, et al. Retrieval of critically ill adults using extracorporeal membrane oxygenation: an Australian experience. *Intensive Care Med.* 2011; 37(5): 824–830, doi: [10.1007/s00134-011-2158-8](https://doi.org/10.1007/s00134-011-2158-8), indexed in Pubmed: [21359610](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21359610/).
9. Bohman JK, Hyder JA, Iyer V, et al. Early prediction of extracorporeal membrane oxygenation eligibility for severe acute respiratory distress syndrome in adults. *J Crit Care.* 2016; 33: 125–131, doi: [10.1016/j.jcrc.2016.01.021](https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.01.021), indexed in Pubmed: [26923646](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26923646/).
10. Klok FA, Kruijff M, Meer Nv, et al. Incidence of thrombotic complications in critically ill ICU patients with

- COVID-19. *Thrombosis Research*. 2020; 191: 145–147, doi: [10.1016/j.thromres.2020.04.013](https://doi.org/10.1016/j.thromres.2020.04.013).
11. Combes A. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome. *N Eng J Med*. 2018; 378: 1965–1975.
 12. Brower RG, Matthay MA, Morris A, et al. Acute respiratory distress syndrome network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000; 342(18): 1301–1308, doi: [10.1056/NEJM200005043421801](https://doi.org/10.1056/NEJM200005043421801), indexed in Pubmed: 10793162.
 13. Abrams D, Schmidt M, Pham T, et al. Mechanical ventilation for acute respiratory distress syndrome during extracorporeal life support. *Research and practice. Am J Respir Crit Care Med*. 2020; 201(5): 514–525, doi: [10.1164/rccm.201907-1283CI](https://doi.org/10.1164/rccm.201907-1283CI), indexed in Pubmed: 31726013.
 14. Duan K, Liu B, Li C, et al. Effectiveness of convalescent plasma therapy in severe COVID-19 patients. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020; 117(17): 9490–9496, doi: [10.1073/pnas.2004168117](https://doi.org/10.1073/pnas.2004168117), indexed in Pubmed: 32253318.
 15. <https://www.else.org/Registry/FullCOVID19Registry-Dashboard.aspx>. (08.05.2020).
 16. Kowalewski M, Fina D, Słomka A, et al. COVID-19 and ECMO: the interplay between coagulation and inflammation — a narrative review. *Crit Care*. 2020; 24: 205.

Adres do korespondencji:

Jakub Staromłyński
Klinika Kardiologii i CMKP
CSK MSWiA
ul. Wołoska 137, 02–507 Warszawa, Poland
tel. +48 22 5081262
e-mail: jakubstaromlynski@gmail.com