

Аннотация: Осуществимость и признание возможности транспортировки пациентов на экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) возникли в 1970-х годах. В начале второго тысячелетия количество транспортных средств по всему миру было менее 20. В 2009 году пандемия H1N1 и публикация, показывающая улучшение выживаемости для взрослых пациентов, доставленных в больницу с ресурсами ЭКМО, повысили осведомленность и интерес к лечению ЭКМО. Количество транспортных организаций стремительно росло. На сегодняшний день количество транспортных организаций во всем мире увеличивается, хотя некоторые центры, где ЭКМО является установленным лечением, сообщают о сокращении количества транспортировок. С момента появления более удобного в использовании оборудования (эра ЭКМО-2) все большее количество центров ЭКМО с малым объемом операций проводят эти сложные процедуры.

Этот обзор основан на современной литературе и информации из сети авторов по организации транспортных систем ЭКМО в различных условиях здравоохранения по всему миру. Данные регистра с момента входа в ЭКМО-2 показывают, что количество процедур ЭКМО возрастает. Чем больше процедур проводится в данном центре, тем лучше результаты для пациента и тем лучше расходуются эти ресурсы для обслуживаемого населения. Модель Hub-and-Spoke для национальной или региональной организации респираторной ЭКМО (rECMO) должна быть рекомендована там, где центральный центр ЭКМО с большим объемом (Hub) обслуживает население от 10 до 15 миллионов.

Периферийные устройства (спицы) играют важную роль в экстренной катетеризации, поддерживая пациента на ЭКМО до тех пор, пока мобильная бригада не заберет пациента. Эту группу ЭКМО предпочтительно организовывать из центра, и она обладает компетенциями для оценки и принятия решения о начале лечения ЭКМО у постели больного в любой больнице для канюляции и безопасного транспорта в любое место.

Ключевые слова: экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО); транспорт; мобильный транспорт; межбольничный транспорт.

Abstract: The feasibility and the recognition of the possibility to transport patients on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) aroused in the 1970s. The number of transporting facilities worldwide was less than 20 in the beginning of the second Millennium. In 2009 the H1N1 pandemic and a publication showing survival benefit for adult patients transported to a hospital with ECMO resource increased both awareness and interest for ECMO treatment. The number of transport organizations increased rapidly. As of today, the number of transport organizations increases world-wide, though some centers where ECMO is an established treatment report decreasing numbers of transports.

Since the introduction of the more user-friendly equipment (ECMO-2 era) increasing numbers of low-volume ECMO centers perform these complex treatments. This overview is based on the current literature, personal experience in the field, and information from the authors' network on the organization of ECMO transport systems in different settings of health care around the globe. Registry data since the entry into ECMO-2 shows that the number of ECMO treatments matter. The more treatments performed at a given center the better the patient outcome, and the better these resources are spent for the population served. A Hub-and-Spoke model for national or regional organization for respiratory ECMO (rECMO) should be advocated where central high-volume ECMO center (Hub) serves a population of 10 to 15 million.

Peripheral units (Spokes) play an important part in emergency cannulations keeping the patient on ECMO support till a mobile ECMO team retrieves the patient. This ECMO team is preferably organized from the Hub and brings competencies for assessment and decision to initiate ECMO treatment bedside at any hospital, for cannulation, and a safe transport to any destination.

Keywords: Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO); transport; mobile; inter-hospital.

Введение. С 1975 года, когда был проведен самый первый

межбольничный перевод пациента на экстракорпоральную мембранную оксигенацию (ЭКМО), процедура, позже описанная Bartlett et al. [1] потребность в транспорте постоянно возрастает. В течение следующих трех десятилетий ограниченное количество центров ЭКМО выполняли транспортировку ЭКМО. Однако вскоре после начала пандемии H1N1 в период с 2009 по 2010 год такие транспортные системы стали необходимостью. Некоторые страны обладали опытом и инфраструктурой для транспортировки пациентов интенсивной терапии на большие расстояния, но меньше опыта транспортировки на ЭКМО [2]. В короткие сроки больницы скорой помощи и отделения интенсивной терапии должны были организовать и установить порядок перевода пациентов на ЭКМО. Международный опыт показал, что транспортировка на ЭКМО более безопасна по сравнению с транспортировкой пациента с нестабильной рефрактерной дыхательной недостаточностью, поддерживаемого традиционной вентиляцией [3,4]. В это время информация и поддержка должна была быть найдена в центрах, в которых уже были хорошо развиты ЭКМО транспортные организации [5-8]. Сегодня Организация экстракорпорального жизнеобеспечения (ELSO) публикует рекомендации, которые регулярно обновляются [9].

Исследование CESAR, проведенное Peek et al. [5] 2009 год, который показал пользу также для взрослых пациентов, получавших ЭКМО, по сравнению с традиционной вентиляцией, был своевременно опубликован, поскольку пандемия H1N1 начала распространяться по всему миру. Что касается выживаемости, популяции H1N1, получавшие лечение ЭКМО, оказались успешными [10]. Поскольку пандемия поразила более молодых людей, несколько правительств увеличили возмещение расходов на здравоохранение, что способствовало развитию респираторной ЭКМО у взрослых (рЭКМО). В то время отделения торакальной и общей интенсивной терапии (ОИТ), выполняющие рЭКМО, географически не были такими плотными, как сегодня. Менее чем за десять лет ЭКМО стала больше, чем

просто методом послеоперационной сердечной недостаточности. rECMO превратился в общепринятую терапию, поддерживающую органы в последней инстанции, для хирургических и медицинских пациентов интенсивной терапии с тяжелой рефрактерной респираторной и / или комбинированной сердечной и дыхательной недостаточностью, например, с острым респираторным дистресс-синдромом и септическими синдромами, включая цитотоксическую сердечную недостаточность [11]. В контексте сроков пандемия H1N1 действительно ускорила разработку продуктов ЭКМО и эру ЭКМО-2 [12-14], который был введен с новыми подходами к уходу за пациентами: более удобные и улучшенные конструкции центробежных насосов, мембранных легких и канюль с двумя просветами для вено-венозной ЭКМО. Новое оборудование стало доступным для большинства промышленно развитых стран.

В течение первых пяти лет или около того после пандемии осведомленность о пользе ЭКМО возросла, и было создано несколько организаций для мобильной ЭКМО. Общее количество взрослых пациентов, пролеченных ЭКМО, и потребность в переводе увеличились. Параллельно больницы начали добавлять «Центр ЭКМО» в свои учебные программы. Этого следовало ожидать после почти одновременного вступления в ЭСМО-2 [12], результатов исследования CESAR [4] и наблюдаемого благоприятного исхода у пациентов с H1N1. Хотя общее количество процедур ЭКМО для взрослых все еще увеличивается, в последние несколько лет некоторые центры ЭКМО с транспортными возможностями сообщают о снижении количества обращений за помощью ЭКМО. Приведенное объяснение предполагает тот факт, что все больше отделений интенсивной терапии на периферии сами проводят ЭКМО. Будет ли это безопасно?

Анализ литературных источников. Несколько исследований, основанных на данных реестра ELSO [9], в котором на сегодняшний день насчитывается более 450 центров-членов и 89 000 сеансов ЭКМО,

показывают, что количество ежегодных прогонов ЭКМО коррелирует с выживаемостью. Чем выше число, тем лучше результат. Для педиатрической и неонатальной популяций [15,16] пороговым значением является выполнение не менее 20–30 ежегодных сеансов ЭКМО, чтобы добиться значительных результатов, чем в центрах с низким объемом (определяется как пять или меньше запусков в год). Кроме того, нижний предел для положительной кривой обучения и поддержания компетентности требует не менее 20 процедур в год. Центр, выполняющий 31 или более процедур в год, снижает вероятность смертности на 40% по сравнению с отделением с небольшим объемом [17].

Более реалистичная численность населения, рассчитанная на основе фактических показателей заболеваемости для взрослых ЭКМО, при острой дыхательной недостаточности, равной 0,40 / 100 000 в год (неопубликованные данные), составила бы 10 миллионов для центра, обслуживающего все возрасты, и 15 миллионов, если бы лечили только взрослых. Вывод был основан на интересах обслуживаемого населения в отношении затрат, затраченных ресурсов, осложнений и, прежде всего, увеличения выживаемости. Следовательно, трудно найти аргументы в защиту продолжения лечения для поставщика гЭКМО, который проводит менее 20–30 курсов лечения в год, если только не с кем сотрудничать. Последнее не произошло бы сегодня во многих промышленно развитых странах. С другой стороны, это единственный путь развития в большинстве частей мира, где ЕКМО еще не создана.

Сегодня хорошо разработанные системы для мобильных ЭКМО работают в Великобритании [19,20], Австралии [2,21], Италии [10, 22-24], Франции [25,26], Швеции [7, 27-29] и США [5, 30-33]. В пределах одной страны могут существовать региональные различия, и в целом ситуация не так единообразна в Германии [34], Франции [35,36], Бельгии или Южной Норвегии [37]. Многие больницы по всему миру находятся на этапе запуска или уже несколько лет работают, но количество перевозок невелико, как в

Бразилии [38], Катаре [39], Японии и Университетской больнице Северной Норвегии.

Разные системы здравоохранения, персонал и организация их мобильных бригад различны. То, как эти команды в конечном итоге будут организованы, укомплектованы кадрами и т.д., в большей степени определяется местным опытом, климатом, культурой здравоохранения, финансированием и ресурсами [2,15,23,24,30,31].

При поиске общей информации о законодательстве, нормативных актах и требованиях, касающихся субъектов в разных странах, правительственные органы или органы практически не контролируют ситуацию. В большинстве стран любой поставщик медицинских услуг или даже частные компании могут открыть транспортную компанию даже для пациентов с ЭКМО. Законодательство и разрешения кажутся важными, когда дело доходит до выставления счетов за расходы, например, в США. На сегодняшний день одна частная компания предлагает транспортные услуги ЭКМО в США. В Соединенном Королевстве Национальная служба здравоохранения (NHS) [19] определяет количество центров ЭКМО.

Выводы. Следует отстаивать модель Hub-and-Spoke для национальной или региональной организации гЭКМО. Центральный многопрофильный центр ЭКМО обслуживает население приблизительно 10 миллионов человек, если обслуживает все возрастные группы, или 15 миллионов, если центр ЭКМО для взрослых. В модели окружающие кооперативные отделения играют важную роль в поддержке экстренной канюляции и поддержании пациента на ЭКМО до тех пор, пока мобильная бригада ЭКМО не переведет пациента в другое место.

Мобильная бригада ЭКМО предпочтительно организована из центра ЭКМО большого объема. Мобильная бригада ЭКМО должна иметь опыт оказания неотложной догоспитальной помощи, ЭКМО и интенсивной терапии, технологий ЭКМО и физиологии. Команда обладает компетенциями для оценки и принятия решения о начале (или отсрочке) лечения ЭКМО у

постели больного, о канюлировании и безопасной транспортировке к запланированному месту назначения.

Кажется, что большинство транспортных организаций ЭКМО являются отражением системы здравоохранения, в которой они действуют. Большинство из них являются собственными творениями. На сегодняшний день нет ни одного международного органа или какой-либо другой совместной организации, занимающейся транспортными проблемами, определениями и проблемами ЭКМО.

Если общество считает, что ЭКМО приносит пользу своему населению, наиболее экономически эффективным способом в большей части мира будет стремление к организации в соответствии с моделью Hub-and-Spoke. Таким образом, мобильные команды ЭКМО будут существовать еще долгие годы.

Список литературы:

1. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Fong SW, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support for cardiopulmonary failure. Experience in 28 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1977;73:375-86.
2. Forrest P, Ratchford J, Burns B, et al. Retrieval of critically ill adults using extracorporeal membrane oxygenation: an Australian experience. *Intensive Care Med* 2011;37:824-30.
3. Boedy RF, Howell CG, Kanto WP Jr. Hidden mortality rate associated with extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr* 1990;117:462-4.
4. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2009;374:1351-63.
5. Bryner B, Cooley E, Copenhaver W, et al. Two decades' experience with interfacility transport on extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2014;98:1363-70.
6. Clement KC, Fiser RT, Fiser WP, et al. Single-institution experience with interhospital extracorporeal membrane oxygenation transport: A descriptive

- study. *Pediatr Crit Care Med* 2010;11:509-13.
7. Broman LM, Holzgraefe B, Palmér K, et al. The Stockholm experience: interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care* 2015;19:278.
 8. Foley DS, Prankoff T, Younger JG, et al. A review of 100 patients transported on extracorporeal life support. *ASAIO J* 2002;48:612-9.
 9. Guidelines for ECMO transport. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), Ann Arbor, MI, USA, [Accessed 2017 August 19]. Available online: https://www.else.org/Portals/0/Files/ELSO%20GUIDELINES%20FOR%20ECMO%20TRANSPORT_May2015.pdf
 10. Zangrillo A, Biondi-Zoccai G, Landoni G, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in patients with H1N1 influenza infection: a systematic review and meta-analysis including 8 studies and 266 patients receiving ECMO. *Crit Care* 2013;17:R30.
 11. Bréchet N, Luyt CE, Schmidt M, et al. Venobarterial extracorporeal membrane oxygenation support for refractory cardiovascular dysfunction during severe bacterial septic shock. *Crit Care Med* 2011;41:1515-26.
 12. Bartlett RH. ECMO: the next ten years. *Egypt J Crit Care Med* 2016;4:7-10.
 13. Makdisi G, Wang IW. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis* 2015;7:E166-76.
 14. MacLaren G, Combes A, Bartlett RH. Contemporary extracorporeal membrane oxygenation for adult respiratory failure: life support in the new era. *Intensive Care Med* 2012;38:210-20.
 15. Karamlou T, Vafaezadeh M, Parrish AM, et al. Increased extracorporeal membrane oxygenation center case volume is associated with improved extracorporeal membrane oxygenation survival among pediatric patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:470-5.
 16. Freeman CL, Bennett TD, Casper TC, et al. Pediatric and neonatal extracorporeal membrane oxygenation: does center volume impact mortality? *Crit Care Med* 2014;42:512-9.

17. Barbaro RP, Odetola FO, Kidwell KM, et al. Association of hospital-level volume of extracorporeal membrane oxygenation cases and mortality. Analysis of the extracorporeal life support organization registry. *Am J Respir Crit Care Med* 2015;191:894-901.
18. Combes A, Brodie D, Bartlett R, et al. Position paper for the organization of extracorporeal membrane oxygenation programs for acute respiratory failure in adult patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2014;190:488-96.
19. National Institute for Health and Care Excellence. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory failure in adults. Available online: <http://www.Nice.Org.Uk/guidance/ipg391>
20. Vaja R, Chauhan I, Joshi V, et al. Five-year experience with mobile adult extracorporeal membrane oxygenation in a tertiary referral center. *J Crit Care* 2015;30:1195-8.
21. Critical Care Tertiary Referral Networks & Transfer of Care (Adults), The NSW Critical Care Tertiary Referral Networks (Adults), Ministry of Health, New South Wales, Australia, [Accessed 2017 August 19]. Available online: http://www1.health.nsw.gov.au/pds/ActivePDFDocuments/PI2010_021.pdf
22. ECMOnet, Censimento delle Terapie Intensive Italiane, [Accessed 2017 August 19].
23. Isgrò S, Patroniti N, Bombino M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for interhospital transfer of severe acute respiratory distress syndrome patients: 5-year experience. *Int J Artif Organs* 2011;34:1052-60.
24. Lucchini A, De Felippis C, Elli S, et al. Mobile ECMO team for inter-hospital transportation of patients with ARDS: a retrospective case series. *Heart Lung Vessel* 2014;6:262-73.
25. Roger D, Dudouit JM, Résière D, et al. Interhospital transfer of ECMO-assisted patients in Martinique. *Ann Fr Anesth Reanim* 2013;32:307-14.
26. Gariboldi V, Grisoli D, Tarniz A, et al. Mobile extracorporeal membrane oxygenation unit expands cardiac assist surgical programs. *Ann Thorac Surg* 2010;90:1548-52.

27. Lindén V, Palmér K, Reinhard J, et al. Inter-hospital transportation of patients with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation--national and international experience. *Intensive Care Med* 2001;27:1643-8.
28. Broman LM, Frenckner B. Transportation of Critically Ill Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Front Pediatr* 2016;4:63.
29. Ericsson A, Frenckner B, Broman LM. Adverse Events during Inter-Hospital Transports on Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Prehosp Emerg Care* 2017;21:448-55.
30. Javidfar J, Brodie D, Takayama H, et al. Safe transport of critically ill adult patients on extracorporeal membrane oxygenation support to a regional extracorporeal membrane oxygenation center. *ASAIO J* 2011;57:421-5.
31. Coppola CP, Tyree M, Larry K, et al. A 22-year experience in global transport extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr Surg* 2008;43:46-52; discussion 52.
32. Wiegersma JS, Droog JM, Zijlstra JG, et al. Quality of interhospital transport of the critically ill: impact of a Mobile Intensive Care Unit with a specialized retrieval team. *Crit Care* 2011;15:F15.
33. Biscotti M, Agerstrand C, Abrams D, et al. One Hundred Transports on Extracorporeal Support to an Extracorporeal Membrane Oxygenation Center. *Ann Thorac Surg* 2015;100:34-9; discussion 39-40.
34. Lunz D, Philipp A, Judemann K, et al. First experience with the delastream(R) DP3 in venovenous extracorporeal membrane oxygenation and air-supported inter-hospital transport. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013;17:773-7.
35. Rambaud J, Léger PL, Larroquet M, et al. Transportation of children on extracorporeal membrane oxygenation: one-year experience of the first neonatal and paediatric mobile ECMO team in the north of France. *Intensive Care Med* 2016;42:940-1.
36. Rambaud J, Léger PL, Porlier L, et al. International aircraft ECMO transportation: first French pediatric experience. *Perfusion* 2017;32:253-5.
37. Wagner K, Sangolt GK, Risnes I, et al. Transportation of critically ill patients

- on extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion* 2008;23:101-6.
- 38.Mendes PV, de Albuquerque Gallo C, Besen BAMP, et al. Transportation of patients on extracorporeal membrane oxygenation: a tertiary medical center experience and systematic review of the literature. *Ann Intensive Care* 2017;7:14.
- 39.Labib A. Road transports on ECMO: The key elements. *Qatar Medical Journal*, 4th Annual ELSO-SWAC Conference Proceedings 2017:50.
- 40.Lönnqvist PA. Medical research and the ethics of medical treatments: disability-free survival. *Br J Anaesth* 2017;118:286-8.

doklad-diploma.ru
7429012@mail.ru