

Афуков И.И., Разумовский А.Ю., Степаненко С.М., Геодакян О.С., Кулаев А.Д., Бирюков П.Е., Степаненко Н.С.

## ИНТРАОПЕРАЦИОННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГИНАЦИИ (ЭКМО) У РЕБЕНКА С ПОРОКАМИ РАЗВИТИЯ ТРАХЕИ

ГБУЗ «Детская городская клиническая больница № 13 им. Н.Ф. Филатова», Москва;  
ГОУ ВПО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова», Москва

Afukov I.I., Razumovsky A.Yu., Stepanenko S.M., Geodakyan O.S., Kulaev A.D., Biryukov P.E., Stepanenko N.S.

## INTRAOPERATIVE APPLICATIONS OF EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION IN CHILDREN WITH CONGENITAL TRACHEAL MALFORMATION

State-Financed Health Institution 'N.F. Filatov Children's Municipal Clinical Hospital No. 13', Moscow; State Educational Institution of Higher Professional Education 'Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU)', Moscow

### Резюме

Лечение детей с врожденными стенозами трахеи по-прежнему является огромной проблемой как для хирурга, так и для анестезиолога-реаниматолога. Изначально операции проводились на фоне одноплеменной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с использованием искусственного кровообращения, а в единичных случаях применяли экстракорпоральную мембранную оксигенацию (ЭКМО). С 2013 по 2014 г. в ДГКБ № 13 им. Н.Ф. Филатова впервые в Российской Федерации были проведены 5 операций у детей с пороком развития трахеи и бронхов с интраоперационным применением ЭКМО. Необходимость интраоперационного применения ЭКМО обусловлена несколькими причинами: во-первых, пациенты с врожденными стенозами трахеи очень часто болеют воспалительными заболеваниями легких и верхних дыхательных путей, что в свою очередь отражается в виде паренхиматозной недостаточности, во-вторых, при проведении у этих пациентов пробы с применением одноплеменной ИВЛ получали заметное снижение оксигенации и напряжения кислорода в крови.

**Ключевые слова:** дети, врожденный стеноз трахеи, интраоперационное ЭКМО

### Abstract

Treatment of children with congenital tracheal stenosis is still a pressing issue both for surgeons and intensivists. Initially the interventions were performed in the setting of one-lung ventilation (OVL) using artificial circulation and in some cases extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) was applied. N.F. Filatov Children's State Clinical Hospital No. 13 was the first hospital in Russia where 5 surgeries in children with developmental defects of trachea and bronchi who received ECMO intraoperatively were performed in 2013–2014. The intraoperative use of ECMO was essential due to several reasons: first, patients with congenital tracheal stenosis often suffer from inflammatory diseases of the lungs and upper respiratory tracts which in its turn leads to parenchymal insufficiency; second, tests with the usage of one-lung artificial ventilation show a considerable decrease in oxygenation and oxygen tension in the blood in this group of patients.

**Key words:** magnetic foreign body, gastrointestinal disorders, sepsis, multiple organ failure

### Введение

Лечение детей с врожденными стенозами трахеи по-прежнему является огромной проблемой как для хирурга, так и для анестезиолога-реаниматолога. Совершенствование хирургической тактики,

анестезиологического обеспечения и послеоперационного ведения привели к успешным результатам лечения детей, еще недавно считавшихся неизлечимыми. Однако вопрос о лучшей хирургической тактике и периоперационном ведении остается

нерешенным. Изначально операции проводились на фоне однолегочной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) с использованием искусственного кровообращения, в единичных случаях применяли экстракорпоральную мембранную оксигенацию (ЭКМО) [1, 2]. Основным показанием для ЭКМО является острая тяжелая сердечная или легочная недостаточность с высоким риском смертности, несмотря на оптимальную обычную терапию. Отдельно выделяют показания при сердечной патологии и дыхательной недостаточности. ЭКМО также применялась как мост до операции у новорожденных с полными кольцами трахеи и продолжалась во время операции и в течение короткого промежутка времени после нее [3]. Нестандартное интраоперационное применение ЭКМО в настоящее время приобретает очень важное значение. Применение ЭКМО во время пластики трахеи у детей обеспечивает оптимальные условия для работы хирурга и анестезиолога [4–6]. Но в настоящее время отсутствуют четкие алгоритмы применения интраоперационной ЭКМО, а также нет данных об изменениях церебральной оксигенации при ее проведении во время операций у детей.

### Материал и методы исследования

С 2013 по 2014 г. в ДГКБ № 13 им. Н.Ф. Филатова впервые в Российской Федерации были проведены 5 операций у детей с пороком развития трахеи и бронхов с интраоперационным применением ЭКМО: 2 детей в возрасте 1 года, 3 детей 2-х лет и 1 ребенок 7 лет. У 4 детей были полные хрящевые кольца трахеи, у ребенка 7 лет стеноз трахеи, порок развития левого легкого, состояние после торакоскопической пульмонэктомии слева. Всем детям была проведена скользящая пластика трахеи.

Для проведения ЭКМО использовали аппарат Deltastream (Medos Medizintechnik AG, Германия). Контур для ЭКМО имеет свои технические особенности. Компоненты контура способны поддерживать нормотермию и функционировать длительное время. Магистралы контура для ЭКМО разработаны таким образом, что в них отсутствуют области застоя крови и они позволяют применять минимальный уровень гепаринизации. Наиболее важным компонентом экстракорпорального контура для ЭКМО является газообменное устройство или оксигенатор, остальные составляющие контура служат для обеспечения его работы. При подборе оксигенатора необходимо учи-

тывать антропометрические данные больного и вид предполагаемой перфузии: вено-венозная или вено-артериальная. Оксигенатор выбирают в зависимости от необходимой объемной скорости потока (ОСП), которая обеспечивает потребности ребенка в кислороде и метаболизме. Если при проведении ЭКМО у пациентов с сердечно-легочной недостаточностью необходимо 100%-ное замещение насосной функции сердца и ОСП рассчитывается как 180–200 мл/кг/мин (150–180 по данным разных авторов), то при проведении интраоперационной ЭКМО использовался расчет 120–150 мл/кг/мин. Это связано с тем, что у оперированных детей не было явлений сердечной недостаточности. Сосуды канюлировали непосредственно во время операции. Размер канюль подбирали соответственно массе тела и возрасту.

В предоперационном периоде проводили ЭхоКГ исследование сердца и УЗИ яремных вен, верхней полой вены и общей сонной артерии для определения их диаметра и отсутствия или наличия признаков тромбоза. Помимо этого в комплекс обследования включали коагулограмму, биохимию крови, общий анализ крови и маркеры воспаления, компьютерную томографию грудной клетки, трахеобронхоскопию, рутинное определение кислотно-основного состояния (КОС) и газового состава крови, а также группы крови. Всем детям перед основным этапом операции открытым способом были канюлированы общая сонная артерия и внутренняя яремная вена (рис. 1).

Артериальную канюлю продвигали до уровня входа в аорту, венозную канюлю устанавливали в правое предсердие. Положение канюль контролировалось визуально хирургами и подтверждалось рентгенологически (рис. 2).

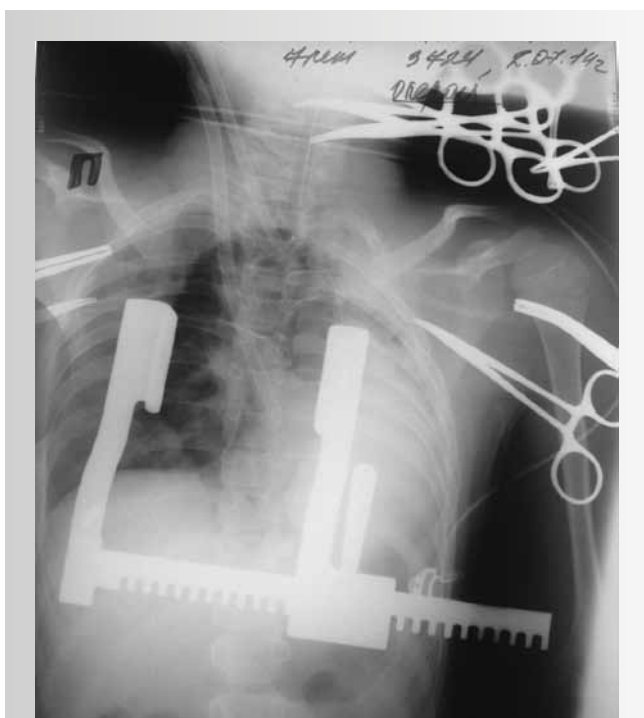
Перед операцией на фоне ЭКМО подготавливали эритроцитарную массу в объеме, необходимом для заполнения контура ЭКМО, и на случай развития кровотечения 2 единицы свежезамороженной плазмы. Интраоперационный мониторинг включал непрерывный мониторинг жизненно важных функций организма (частоту сердечных сокращений (ЧСС), чрескожную сатурацию крови ( $SpO_2$ ), неинвазивное артериальное давление (нАД)), церебральную оксиметрию ( $rSO_2$ ), КОС и газовый состав крови, венозную сатурацию ( $SvO_2$ ). Для мониторинга церебральной оксигенации использовали аппарат Somanetics (USA). Датчики располагали на лобной области. Также проводился онлайн-мониторинг параметров



**Рис. 1.** Выделение сосудов для канюляции



**Рис. 3.** Контур ЭКМО заполнен эритроцитарной массой



**Рис. 2.** Рентгенологический контроль положения канюль



**Рис. 4.** Внешний вид пациента с установленными канюлями в общую сонную артерию и яремную вену

ЭКМО: ОСП, давления в контуре перед оксигенатором, на оксигенаторе и сразу после него. Для предотвращения свертывания крови в экстракорпоральном контуре необходима инфузия гепарина, при этом, проводя забор венозной крови, ориентируются на значения АСТ (Activated Clotting Time – активированное время свертывания) для оценки противосвертывающего эффекта гепарина. При изолированном применении гепарина АСТ адекватно отражает его

эффект, однако при наличии разных факторов, влияющих на свертывающую систему организма, АСТ позволяет оценить их суммарный эффект. Использовали портативный экспресс-анализатор свертывающей системы крови с использованием микрокоагуляционной технологии HEMOCHRON Jr. Signature.

#### Результаты исследования и их обсуждение

У всех пациентов была проведена пластика трахеи на фоне ЭКМО без интраоперационных осложнений с положительным эффектом. В среднем длительность ЭКМО составила 165 мин, длительность основного этапа операции – 135 мин.

Рекомендаций в печатных работах, а также руководств по применению ЭКМО во время операций на трахее и бронхах у детей нет. С увеличением количества пациентов стала вырабатываться определенная тактика при проведении ЭКМО. При проведении подобных операций работают две команды анестезиологов-реаниматологов: одна команда обеспечивает анестезиологическое пособие пациенту, вторая – непосредственно ЭКМО. Перед операцией готовят аппарат ЭКМО: его контур изначально заполняют кристаллоидным препаратом, а затем одноклеточной эритроцитарной массой (рис. 3).

После этого в контур вводили гепарин из расчета 50 ЕД/кг массы тела. В это время пациенту уже проводилась эндотрахеальная сбалансированная анестезия с миорелаксантами. Одновременно бригада хирургов подготавливала сосудистый доступ и проводила канюляцию сосудов. Непосредственно перед канюляцией в организм больного вводили гепарин из расчета 100 ЕД/кг массы тела. У первых двух пациентов сразу после начала ЭКМО проводили инфузию гепарина из расчета 20 ЕД/кг/ч. Планировалось поддерживать АСТ в пределах 150–180 с. АСТ измеряли непосредственно после канюляции и начала ЭКМО, а затем каждые 20–30 мин. В связи с высоким АСТ и повышенной кровоточивостью в операционной ране, а также достаточно коротким временем операции в последующем было решено отказаться от инфузии гепарина во время операции. При этом при первом измерении АСТ во всех случаях сначала превышало 300 с, а затем поддерживалось в допустимых пределах. На фоне измененной тактики гепаринизации хирурги отметили снижение кровоточивости тканей и более комфортные условия работы.

Практически у всех детей применялись венозные и артериальные канюли соответствующих возрасту и массе тела размеров (рис. 4). В одном случае у ребенка 2-х лет (масса тела 13 кг), несмотря на данные предоперационного УЗИ, которые указывали, что размер сосудов оптимален для использования стандартных для этой массы тела канюль (артериальная 14 Fr и венозная 16–18 Fr), возникли трудности во время проведения венозной канюли. От размера венозной канюли зависит забор крови в контур ЭКМО. Если диаметра канюли не хватает для обеспечения должного забора крови, начинает страдать весь процесс экстракорпоральной оксигенации, автоматически увеличивается отрицательное давление, пытаясь увеличить забор венозной крови, а это в свою очередь приводит

к гемолизу. Было принято решение использовать венозную канюлю размером 14 Fr.

Опасений за невозможность обеспечить должный забор крови, а значит, и необходимую ОСП не было, так как не планировалось 100%-ное замещение кровотока. После подключения аппарата ЭКМО расчетная ОСП составила 120 мл/кг/мин, что составило 70–80%-ное замещение. При этом все показатели гемодинамики и оксигенации были удовлетворительными.

Во всех случаях после начала ЭКМО параметры ИВЛ постепенно снижали, вплоть до полного отключения. Параметры ЭКМО после отключения ИВЛ были следующими: ОСП 70–80% замещения,  $FiO_2$  1,0, поток кислородно-воздушной смеси был равен ОСП (при ОСП 1,5 л поток тоже составлял 1,5 л) (рис. 5).

Операция начиналась после оценки всех показателей жизнедеятельности во время ЭКМО без респираторной поддержки. Во всех случаях применялась вено-артериальная ЭКМО. В 4-х случаях производилась стернотомия, в 1 случае была выполнена торакотомия, так как у ребенка уже была проведена стернотомия при выполнении операции по поводу врожденного порока сердца. Затем производилась полное пересечение трахеи и скользящая пластика (рис. 6).

В течение всей операции состояние детей оставалось стабильным. Показатели гемодинамики и оксигенации были удовлетворительными. Кардиотонической и вазопрессорной терапии не потребовалось ни в одном случае.

Необходимо отметить, что у первых двух пациентов в возрасте 1 года и 2-х лет наблюдалась некоторая тенденция к гипотензии, которая купировалась увеличением скорости инфузионной терапии и дополнительным введением коллоидных препаратов в контур ЭКМО. Однако это приводило к развитию отеков в раннем послеоперационном периоде. В остальных ситуациях не было необходимости дополнительного введения жидкости в контур ЭКМО, достаточно было увеличить на 1/3 от установленной скорости инфузионной терапии. Дополнительная гемотрансфузия не проводилась интраоперационно ни одному пациенту.

Необходимость измерения церебральной оксиметрии была обусловлена наличием катетера в сонной артерии.

$rSO_2$  измеряли перед канюляцией, а затем в течение всего времени проведения ЭКМО и после деканюляции. В результате измерения были получены следующие данные: снижение  $rSO_2$  наблюдалось практически через 15 мин после начала ЭКМО с пра-





Рис. 5. Параметры ЭКМО

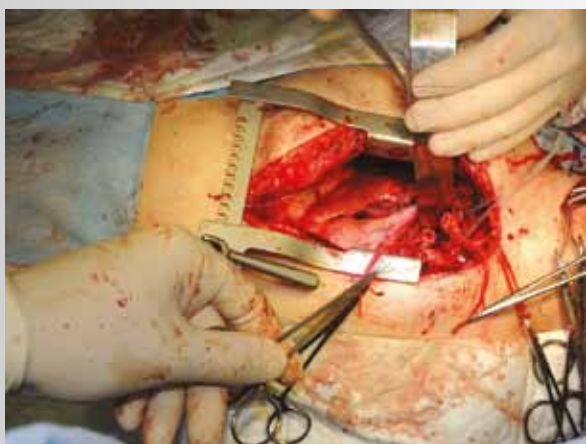


Рис. 6. Этап операции с пересеченной трахеей

вой стороны в среднем на 13–15%, но оставалось в пределах нормы в течение всей процедуры (рис. 7).

Практически сразу после деканюляции и восстановления целостности сонной артерии показатели с обеих сторон выравнивались и были в норме.

По окончании операции интубационную трубку устанавливали в трахею, возобновляли ИВЛ, постепенно снижая параметры ЭКМО. После оценки пара-

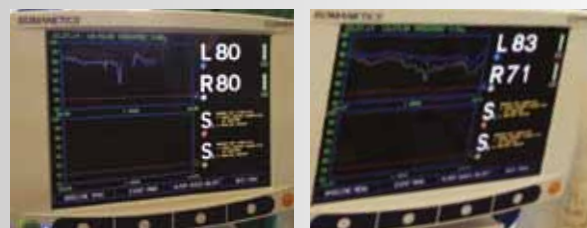


Рис. 7. Церебральная оксигенация до канюляции и через 60 мин ЭКМО

метров гемодинамики и оксигенации на ИВЛ с минимальным ОСП на ЭКМО аппарат ЭКМО выключали и проводили деканюляцию. Все пациенты были деканюлированы без технических сложностей, восстанавливалась целостность сосудов, и дети переводились в отделение реанимации на продленную ИВЛ.

### Выводы

Необходимость интраоперационного применения ЭКМО была обусловлена несколькими причинами: во-первых, пациенты с врожденными стенозами трахеи очень часто болеют воспалительными заболеваниями легких и верхних дыхательных путей, что в свою очередь отражается в виде паренхиматозной недостаточности, во-вторых, при проведении у этих пациентов пробы с применением однолегочной ИВЛ получали заметное снижение оксигенации и напряжения кислорода в крови. Интраоперационное применение ЭКМО создает оптимальные условия для работы хирургов и всей бригады анестезиологов-реаниматологов. Однако в настоящее время нет алгоритмов проведения ЭКМО во время операции, что требует проведения дальнейших исследований для определения необходимой гепаринизации, процента замещения кровообращения при сохранной сердечной деятельности, объемов интраоперационной инфузионной терапии.

### Список литературы

1. Angel C., Murillo C., Zwischenberger J., Swischuk L., Graves D., Chernin. Perioperative extracorporeal membrane oxygenation for tracheal reconstruction in congenital tracheal stenosis // J. Pediatr. Surg. Int. 2000. Vol. 16, N 1–2. P. 98–101.
2. Hines M.H., Hansell D.R. Elective extracorporeal support for complex tracheal reconstruction in neonates // Ann. Thorac. Surg. 2003. Vol. 76, N 1. P. 175–178; discussion 179.
3. Kunisaki S.M., Fauza D.O., Craig N., Jennings R.W. Extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to definitive tracheal reconstruction in neonates // J. Pediatr. Surg. 2008. Vol. 43, N 5. P. 800–804.

4. Manning P.B., Rutter M.J., Lisee A., Gupta R., Marino B.S. One slide fits all: the versatility of slide tracheoplasty with cardiopulmonary bypass support for airway reconstruction in children // J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 2011. Vol. 141, N 1. P. 155–161.
5. Chang X., Zhang X.F., Li X., Xu M.Y., Fang W.T., Zhao H. Airway management and use of miniature extracorporeal circulation in tracheal surgery: a single center experience // Feng. J. 2013. Vol. 51, N 9. P. 812–815.
6. Chang X., Zhang X., Li X., Xu M., Zhao H., Fang W., Yao F. Use of extracorporeal membrane oxygenation in tracheal surgery: a case series // Perfusion. 2014. Vol. 29, N 2. P. 159–162. Epub 2013 Aug 8.

### Авторы

<p><b>Контактное лицо:</b> <b>АФУКОВ</b> <b>Иван Игоревич</b></p>	<p>Заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова. Кандидат медицинских наук, доцент кафедры детской хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова. 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: Afukovdoc@yandex.ru</p>
<p><b>РАЗУМОВСКИЙ</b> <b>Александр Юрьевич</b></p>	<p>Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой детской хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова, заведующий отделением торакальной хирургии ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова, главный детский хирург г. Москвы. 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: 1595105@mail.ru.</p>
<p><b>ГЕОДАКЯН</b> <b>Оганес Спартакович</b></p>	<p>Кандидат медицинских наук, врач анестезиолог-реаниматолог ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова. 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: Osgeodakyan@yandex.ru.</p>
<p><b>КУЛАЕВ</b> <b>Артем Дзантемирович</b></p>	<p>Врач анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации и интенсивной терапии ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова. 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: kulaevart@gmail.com.</p>
<p><b>БИРЮКОВ</b> <b>Петр Евгеньевич</b></p>	<p>Врач анестезиолог-реаниматолог отделения реанимации и интенсивной терапии ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова. 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: petr21-rgmu@mail.ru.</p>
<p><b>СТЕПАНЕНКО</b> <b>Сергей Михайлович</b></p>	<p>Доктор медицинских наук, профессор кафедры детской хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова, главный детский специалист по анестезиологии и реаниматологии РФ. 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: steven54@mail.ru.</p>
<p><b>СТЕПАНЕНКО</b> <b>Никита Сергеевич</b></p>	<p>Кандидат медицинских наук, ассистент кафедры детской хирургии Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова, детский хирург. E-mail: n1k1tk@yandex.ru.</p>