

*Фирсова А. Г., Цилько А. А., Шалькевич А. Л., Рябушко Е. С., Башкевич А. В., Евграфова Л. В.,  
Пушкарева Л. В.*

## **УСПЕШНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ V-A ЭКМО В ДЕТСКОЙ КАРДИОХИРУРГИИ: СЛУЧАЙ ИЗ ПРАКТИКИ**

*Республиканский научно-практический центр детской хирургии, г. Минск*

**Введение.** Несмотря на мировой опыт использования экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) летальность среди кардиологических пациентов, получавших ЭКМО колеблется от 50 до 60%. Возможность проводить ЭКМО в Республиканском научно-практическом центре детской хирургии появилась в 2016 г.

**Клинический случай.** Мы представляем клинический случай успешного применения ЭКМО у пациента в возрасте 10 месяцев после выполнения второго этапа коррекции врожденного порока сердца: атрио-вентрикулярная коммуникация, полная форма.

**Заключение.** ЭКМО – эффективный метод протектирования кардио-респираторной функции, снижающий риск развития полиорганной дисфункции. Своевременное начало процедуры увеличивает вероятность благополучного исхода.

**Введение.** Экстракорпоральная сердечно-легочная поддержка с использованием метода вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации (V-A ЭКМО) является перспективной терапией критического состояния пациентов с выраженной сердечной недостаточностью, предотвращающей развитие мультиорганной дисфункции на фоне низкого сердечного выброса, и предоставляющей временную отсрочку для восстановления сердечной функции. Метод адаптирован к использованию как в отделении интенсивной терапии и реанимации при развитии фатальной сердечной недостаточности, так и в операционной в качестве продолжения искусственного кровообращения у кардиологических пациентов в послеоперационном периоде при невозможности отключения аппарата искусственного кровообращения (АИК).

ЭКМО достаточно давно используется зарубежными коллегами для лечения сердечно-легочной недостаточности как у взрослых пациентов, так и в педиатрической практике, в том числе у новорожденных. Однако, несмотря на сравнительно большой мировой опыт использования данной методики, летальность среди всех пациентов, получавших терапию методом ЭКМО по причине выраженной сердечной недостаточности, колеблется от 50 до 60% январь, 2017 г. [1]. В этой связи дискуссии относительно эффективности и целесообразности использования ЭКМО в тех либо иных случаях продолжают [2].

В республиканском научно-практическом центре детской хирургии возможность проводить ЭКМО появилась в 2016 году. За истекший период времени было выполнено более 10 процедур ЭКМО, среди которых 3 - с благоприятным исходом (пациенты были выписаны из центра по месту жительства).

Мы представляем клинический случай успешного проведения ЭКМО у педиатрического пациента с сердечной недостаточностью, развившейся в послеоперационном периоде после коррекции врожденного порока сердца (ВПС).

**Материалы и методы.** Ретроспективное описание и анализ клинического случая, сделанные на основании клинических и инструментально-лабораторных данных, данных истории пациента, карт интенсивной терапии и наркозного пособия.

**Описание клинического случая.** Ребенок Л. поступил в РНПЦ детской хирургии в возрасте 10 месяцев в плановом порядке для выполнения второго этапа хирургической коррекции врожденного порока сердца (ВПС). Диагноз при рождении: ВПС: полная форма атриовентрикулярной коммуникации, умеренно несбалансированный вариант, недостаточность атриовентрикулярного клапана 2 ст. Умеренная гипоплазия левого желудочка и дуги аорты. Открытый артериальный проток. Высокая легочная гипертензия.

В возрасте 7 недель жизни выполнен первый этап коррекции порока – бандирование легочной артерии, клипирование открытого артериального протока.

Во время второго этапа коррекции ВПС ребенку было выполнено оперативное вмешательство: дебандирование легочной артерии, пластика митрального и трикуспидального клапанов, пластика дефекта межжелудочковой перегородки, пластика дефекта межпредсердной перегородки. По данным эхокардиографии (ЭхоКГ) после коррекции на сформированном трикуспидальном клапане определялась регургитация 2 степени.

На 13 сутки после оперативного вмешательства состояние пациента резко ухудшилось: на фоне

вирусной инфекции развилась острая сердечная недостаточность, приведшая к выраженному альвеолярному отеку легких и тяжелой дыхательной недостаточности, потребовавшей проведения конвенциональной и высокочастотной искусственной вентиляции легких, кардиотонической и вазопрессорной поддержки. На момент ухудшения состояния по данным ЭхоКГ отмечалась недостаточность митрального клапана 3-4 степени, сократительная функция миокарда резко снижена, снижена диастолическая функция правого желудочка, а также легочная гипертензия (давление в лёгочной артерии составляет 70% от системного давления).

Учитывая выраженную отрицательную динамику состояния пациента и данные эхокардиографии, принято решение о выполнении экстренного оперативного вмешательства – повторной пластики митрального и трикуспидального клапанов.

В операционной, после выполнения основного этапа хирургической коррекции (выполнения пластики клапанов) в течение двух часов проводились

попытки отключения АИК. В это время нарастали симптомы сердечно-легочной недостаточности: прогрессировала артериальная гипотензия, инвазивное артериальное давление снизилось с 72/35 мм рт. ст. до 53/29 мм рт. ст. Для поддержания гемодинамики потребовались эскалация кардиотонической и вазопрессорной терапии (увеличена доза титрующегося внутривенно адреналина с 0,1 до 0,3 мкг/кг/мин, фенилэфрина с 1 до 10 мкг/кг/мин), проводились болюсные введения глюконата кальция до 120 мг/кг. Для поддержания газов крови в физиологических значениях была усилена респираторная поддержка: на аппарате ИВЛ  $P_{in}$  увеличено с 22 до 26 мбар, РЕЕР с 5 до 8 мбар,  $FiO_2$  с 0,8 до 1,0. Несмотря на проводимую терапию, состояние пациента стабилизировать не удавалось. Прогрессировал метаболический ацидоз: рН артериальной крови снизилось с 7,32 до 7,12, уровень лактата увеличился с 4,9 до 7,9 ммоль/л (подробная динамика состояния пациента в операционной отражена в таблице 1).

Таблица 1 Динамика состояния пациента в операционной

Время (09.03.2017)	Этапы операции	Препараты			Лабораторные данные		Клинические данные			Параметры ИВЛ		Параметры ЭКМО		
		Адреналин, мкг/кг/мин	Мезатон, мкг/кг/мин	Нитропруссид натрия, мкг/кг/мин	рН	Лактат, ммоль/л	ЧСС, уд/мин	Артериальное давление, мм рт. ст.	$SpO_2$ , %	$FiO_2$ , %	$EtCO_2$ , мм рт. ст.	Поток от расчетной скорости, %	Общий поток газа, л/мин	Поток кислорода в газовой смеси, %
11:35	Начало операции	0,1	1	1	-	-	138	79/47	91	100	37	-	-	-
12:14		0,1	1	1	7,23	2,7	148	83/45	91	100	40	-	-	-
12:35	Начало ИК, зажим на аорте	0,1	1	1	7,43	1,5	145	35	95	100	43	-	-	-
13:17		0	0	1	7,37	2,0	-	55	-	-	-	-	-	-
14:28	Снятие зажима с аорты	0	0	1	7,41	2,3	110	88/55	100	60	40	-	-	-
15:38	Зажим на аорте	0	0	-	7,48	1,4	-	47	-	-	-	-	-	-
15:56		0,25	1	-	7,45	1,5	-	68	-	-	-	-	-	-
16:49	Снятие зажима с аорты	0,25	1	-	7,41	3,2	125	72/35	100	100	22	-	-	-
17:04	Стоп ИК	0,25	3	-	7,32	4,9	125	65/31	87	100	25	-	-	-
17:52		0,27	7	-	7,19	6,6	120	71/32	88	100	23	-	-	-
18:44		0,3	10	-	7,15	7,9	120	55/30	89	100	25	-	-	-
19:20	Начало ЭКМО	0,3	10	-	-	-	120	53/29	95	60	28	100	0,4	50
19:34		0,2	5	-	7,12	8,6	125	55/25	96	60	28	100	0,4	50
20:26		0,15	1	-	7,20	3,9	125	56/28	97	60	27	100	0,4	50

С учетом вышеописанной отрицательной динамики, в условиях операционной был подключен аппарат экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) открытым способом с использованием канюль, установленных для искусственного кровообращения. Начата процедура вено-артериальной сердечно-легочной поддержки (V-A ЭКМО) со стартовыми параметрами: 100% от расчетной скорости потока, общий поток газа 0,4 л/мин,  $FiO_2$  в газовом смесителе 50%. В течение последующего часа отмечалась положительная динамика: удалось снизить кардиотоническую и вазопрессорную терапию (уменьшена доза титрующегося внутривенно адреналин до 0,15 мкг/кг/мин, фенилэфрина до 1 мкг/кг/мин), нормализовалось кислотно-основное состояние (рН артериальной крови 7,20, лактат 3,9 ммоль/л).

Через 2 часа после начала V-A ЭКМО пациент переведен из операционной в отделение реанимации и интенсивной терапии. Состояние ребенка на момент поступления очень тяжелое, относительно стабильное. Проводилась ИВЛ в режиме ViPAP ( $P_{in}$  24 мбар,  $T_{in}$  0,7 сек, РЕЕР 6 мбар,  $FiO_2$  0,6, Fr 28 вд/мин).  $SpO_2$  артериальной крови составляла 98%. Однако следует отметить, что при проведении пульсоксиметрии кривая фотоплетизмографии имела вид изолинии, ввиду отсутствия пульсовой разницы АД. Собственный сердечный выброс пациента был резко снижен, аппарат ЭКМО выполнял 100% замещение насосной функции сердца. Пульсация на центральных артериях была снижена, на периферических – не определялась. Кардиотоническая и вазопрессорная терапия оставалась в прежнем объеме. Среднее артериальное давление составляло 75-80 мм рт. ст. Собственный ритм - узловый с частотой 85-87 в минуту.

Уже на следующие послеоперационные сутки начала восстанавливаться сократительная функция миокарда, фракция сердечного выброса увеличилась до 58%, установился собственный синусовый ритм с частотой 95-120 сокращений в минуту. Через 12 часов с момента поступления в отделение интенсивной терапии, начал определяться периферический пульс, появились кривая фотоплетизмографии. Согласно результатам лабораторных исследований рН артериальной крови составил 7,43, уровень лактата снизился до 1,1 ммоль/л. Учитывая положительную динамику был отключен фенилэфрин, доза внутривенно титруемого адреналина снижена до 0,07 мкг/кг/мин.

Пациенту проводилось V-A ЭКМО, ИВЛ в течение последующих 3 суток. Достаточный для стабильной гемодинамики и комфорта пациента уровень анальгезии и седации поддерживался вну-

тривенным титрованием фентанила 2,2 мкг/кг/ч, а также комбинацией морфина и клофелина – 50 мкг/кг/ч и 0,5 мг/кг/ч.

На 4 сутки от начала проведения процедуры было выполнено отключение аппарата вспомогательного кровообращения. Параметры ЭКМО на момент отключения были следующими: 10% уровень потока от расчетного, общий поток газа 1,5 л/мин, поток газа в газовой смеси 30%. Кардиотоническая поддержка - адреналин 0,07 мкг/кг/мин. По данным ЭхоКГ сердца сократительная функция миокарда была удовлетворительная, фракция выброса левого желудочка составила 68%.

На шестые сутки после прекращения процедуры V-A ЭКМО пациент был переведен на неинвазивную ИВЛ (лицевая маска). Общая продолжительность ИВЛ составила 14 дней.

На 18 сутки после отключения ЭКМО пациент был переведен из отделения интенсивной терапии в кардиохирургическое отделение, еще через 10 дней - переведен в учреждение здравоохранения по месту жительства. Для лечения сердечной недостаточности ребенок получал поддерживающую терапию: дигоксин 10 мкг/кг/сут *per os*, эналаприл 0,1 мг/кг/сут *per os*, спиронолактон 1 мг/кг/сут *per os*, фуросемид 3,3 мг/кг/сут *per os*. Общая продолжительность пребывания пациента в стационаре составила 52 дня.

Через месяц после выписки из РНПЦ детской хирургии, пациенту проведен плановый консультативный осмотр: состояние ребенка средней степени тяжести, обусловлено компенсированной сердечной недостаточностью. По данным эхокардиографии размеры камер сердца в норме. Фракция выброса левого желудочка составляет 75%, сократительная функция удовлетворительная. Центральная регургитация на митральном клапане 2-3 степени, регургитация 1-2 степени у основания передней створки. Функционирует фенестрация в межпредсердной перегородке с градиентом систолического давления 5 мм рт. ст. На трехстворчатом клапане регургитация 1-2 степени с градиентом систолического давления 23 мм рт. ст. Резидуальных шунтов в области пластики дефекта нет. Жидкости в перикарде и плевральных полостях нет. В повторной госпитализации пациент не нуждался.

*Обсуждение.* Поддержка и замещение функции сердца и/или легких заключается в заборе неоксигенированной крови пациента с последующей ее оксигенацией и возвратом в циркуляторное русло либо через вену (V-V ЭКМО для протезирования функции легких), либо через артерию (V-A ЭКМО для протезирования функции сердца и/или легких). Процедура ЭКМО относится к методам экстра-

Таблица 2 Динамика состояния пациента в отделении интенсивной терапии

Дата	Время	Препараты			Лабораторный данные		Клинические данные			FiO <sub>2</sub> , %	Параметры ЭКМО		
		Адреналин, мкг/кг/мин	Мезатон, мкг/кг/мин	Нитропруссид натрия, мкг/кг/мин	pH	Лактат, ммоль/л	ЧСС, уд/мин	Артериальное давление, мм рт. ст.	Диурез, мл/кг/ч		Поток от расчетной скорости, %	Общий поток газа, л/мин	Поток кислорода в газовой смеси, %
09.03.17	24:00*	0,15	1	-	7,42	1,1	119	70	4,5	40	100	0,4	50
10.03.17	06:00	0,1	0	-	7,43	1,1	120	79	2,5	60	85	1	70
	24:00	0,07	0	-	7,42	1,3	90	105/73	5,8	30	85	1,2	45
11.03.17	06:00	0,05	0	-	7,43	1,5	91	97/71	7,5	30	50	1,2	40
	12:00	0,05	0	-	7,38	1,4	102	91/60	5,3	30	50	1,2	40
12.03.17	06:00	0,07	0	-	7,40	1,9	114	87/56	4,0	30	20	1,5	30
	12:00**	0,07	0	-	7,55	1,7	123	105/64	4,0	40	10	1,5	30
	24:00	0,1	0	-	7,40	1,7	123	90/57	8,3	35	-	-	-
13.03.17	06:00	0,1	0	-	7,44	2,4	108	97/66	4,7	35	-	-	-
	24:00	0,08	0	-	7,44	1,8	124	84/53	4,0	30	-	-	-
14.03.17	18:00	0,08	0	1,5	7,40	1,3	97	101/64	3,8	30	-	-	-
15.03.17	12:00	0,05	0	2,0	7,45	1,9	110	101/62	3,5	30	-	-	-
16.03.17	06:00	0,08	0	2,0	7,45	1,8	131	96/63	4,3	30	-	-	-
18.03.17	18:00***	0,03	0	0,3	7,39	1,7	131	106/67	4,1	30	-	-	-
	24:00	0,03	0	0,3	7,34	1,7	142	102/67	3,7	30	-	-	-

\* - поступление в отделение интенсивной терапии

\*\* - отключение ЭКМО

\*\*\* - экстубация трахеи

корпоральной циркуляторной механической поддержки жизнеобеспечения и является стандартом лечения острой сердечной и/или дыхательной недостаточности, рефрактерной к конвенциональной (стандартной) терапии, у детей и взрослых [2, 3].

Одновременно с наличием статистических сведений о высоком уровне летальности среди пациентов, которым проводилась процедура ЭКМО, появляются все новые данные успешного использования метода экстракорпорального сердечно-легочной поддержки при развитии фатальной сердечной недостаточности. Экстракорпоральная сердечно-легочная поддержка позволяет избежать присоединения мультиорганного поражения на фоне синдрома низкого сердечного выброса, предотвратить дальнейшее развитие некупируемой сердечной недостаточности, требующей усиления кардиотонической терапии, что, в свою очередь, способствует дальнейшему повреждению миокарда и замыканию порочного круга. С помощью V-A ЭКМО удается получить дополнительное время для восстановления сердечной функции с последующим переводом пациента из отделения интенсивной терапии и выпиской из стационара [1].

Безусловно, на успех положительного исхода влияют множество факторов:

- Первичная патология, приведшая к декомпенсации, рефрактерной к консервативной терапии;
- Наличие сопутствующей патологии (системные заболевания с неблагоприятным прогнозом, врожденные аномалии)
- Время начала, продолжительность и эффективность сердечно-легочной реанимации
- Обстоятельства, при которых наступила остановка сердца (в стационаре, в отделении интенсивной терапии, при свидетелях) [1, 2, 3].

В данном случае состояние пациента ухудшилось остро, за короткий промежуток времени (на тринадцатые сутки после успешного оперативного лечения), ввиду присоединения вирусной инфекции. Из крови ребенка методом ПЦР выделен вирус Эпштейн-Барр, который явился триггером для последующей декомпенсации со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Вопрос о начале проведения процедуры ЭКМО был решен еще в операционной в связи с прогрессирующей отрицательной динамикой после хирургической коррекции порока и попытки отключения

аппарата искусственного кровообращения.

Уже в течение часа после подключения аппарата ЭКМО отмечалась положительная динамика в состоянии, что позволило нам убедиться в правильности принятого решения. На фоне проводимой терапии снижались дозы кардиотонических и вазопрессорных препаратов, снизился уровень лактата в артериальной крови, уменьшились проявления метаболического ацидоза. Через 4 часа после начала ЭКМО при минимальной кардиотонической поддержке и параметрах ИВЛ основные константы гомеостаза были нормализованы: pH, уровень лактата артериальной крови,  $p_aO_2$  и  $p_aCO_2$ , SpO<sub>2</sub>, цифры диуреза.

Благодаря VA-ЭКМО у нас появляется возможность управлять гемодинамикой пациента за счет изменения скорости потока крови, установленном на аппарате ЭКМО, и подстраивать ее соответственно потребностям пациента. Адекватность уровня поддержки оценивалась по следующим признакам: 1) уровню среднего артериального давления, соответствующего возрастным нормам; 2) степени экстракции кислорода (по уровню сатурации венозной крови); 3) уровню лактатемии.

Нашей конечной целью является восстановление функции миокарда и выздоровление пациента. Именно поэтому экстракорпоральную сердечно-легочную поддержку следует рассматривать в качестве терапии, позволяющей выиграть время и дать пациенту шанс на выздоровление.

Однако несмотря на все прилагаемые усилия,

исход может быть неблагоприятным. Предикторами подобной ситуации являются:

- Развитие почечной и печеночной недостаточности во время проведения ЭКМО;
- Поражение ЦНС и развитие полиорганной дисфункции;
- Отсутствие снижения уровня лактата;
- Персистирующий метаболический ацидоз;
- Неконтролируемая вазоплегия – невозможность поддерживать адекватный уровень перфузионного давления;
- Отсутствие признаков восстановления сердечной деятельности в течение 72 часов после кардиохирургического вмешательства [3, 4].

С нашей точки зрения, благоприятный исход у данного больного обусловлен во многом своевременным началом проведения ЭКМО: на момент подключения аппарата ЭКМО дозы кардиотонических препаратов не превышали верхней границы, декомпенсация кислотно-основного состояния крови носила обратимый характер.

*Выводы.* Таким образом, экстракорпоральная мембранная оксигенация – эффективный метод протезирования кардио-респираторной функции, дающий пациенту шанс на выздоровление за счет снижения риска возникновения полиорганной дисфункции на фоне низкого перфузионного давления (на фоне низкого сердечного выброса – в нашем случае), либо выраженной гипоксемии (на фоне тяжелого поражения легких). Своевременное начало процедуры увеличивает вероятность благоприятного исхода.

#### Список источников:

1. Boscamp NS, Turner ME, Crystal M, Anderson B, Vincent JA, Torres AJ: Cardiac Catheterization in Pediatric Patients Supported by Extracorporeal Membrane Oxygenation: A 15-Year Experience. *Pediatr Cardiol.* 2017 Feb;38(2):332-337
2. MacLaren G, Dodge-Khatami A, Dalton HJ, Adachi I et al: Joint statement on mechanical circulatory support in children: a consensus review from the Pediatric Cardiac Intensive Care Society and Extracorporeal Life Support Organization. *Pediatr Crit Care Med.* 2013 Jun; 14 (5 Suppl 1): S1-2
3. Prodhan P, Stroud M, El-Hassan N et al: Prolonged extracorporeal membrane oxygenator support among neonates with acute respiratory failure: a review of the Extracorporeal Life Support Organization registry. *ASAIO J.* 2014 Jan-Feb;60(1):63-9
4. Prodhan P, Gossett JM, Rycus PT, Gupta P: Extracorporeal membrane oxygenation in children with heart disease and del22q11 syndrome: a review of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Perfusion.* 2015 Nov;30(8):660-5.

### *Firsova AG, Tsilko AA, Shalkevich AL, Ryabushko ES, Bashkevich AV, Evgrafova LV, Pushkareva LV* **SUCCESSFUL APPLICATION OF V-A ECMO IN PEDIATRIC CARDIAC SURGERY: CASE FROM PRACTICE**

#### Summary

Despite the world experience in the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), the lethality among cardiac patients receiving ECMO ranges from 50 to 60%. The possibility to conduct ECMO in the Republican Scientific and Practical Center for Pediatric Surgery appeared in 2016.

We present a clinical case of the successful use of ECMO in a patient aged 10 months after the second stage of correction of congenital heart disease: atrioventricular communication, complete form.

ECMO is an effective method of cardiopulmonary function prophylaxis, which reduces the risk of multiple organ dysfunction. Timely initiation of the procedure increases the likelihood of a successful outcome.