

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАНИМАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКМО В МОДЕЛИ ОСТРОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ОСТАНОВКИ КРОВООБРАЩЕНИЯ У СВИНЕЙ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

© Г.Г. Хубулава^{1,2}, А.Б. Наумов¹, С.П. Марченко¹, В.В. Суворов¹, И.И. Аверкин¹, О.В. Невмержицкая¹, В.В. Зайцев¹, А.А. Селиверстова¹, В.В. Андреев¹, С.В. Власенко³

¹ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России;

²ФГБВОУ ВПО Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова МО РФ, Санкт-Петербург;

³Городская многопрофильная больница № 40, Сестрорецк

Резюме. В настоящее время одной из нерешенных проблем для врача является поддержание жизнедеятельности организма в момент острого нарушения функции сердца и/или легких. По разным данным, от 80 % до 95 % летальных исходов, связанных с острой сердечно-сосудистой недостаточностью и острым нарушением функции легких (двухсторонний пневмоторакс, тяжелая травма грудной клетки, респираторный дистресс-синдром взрослых, тяжелый сепсис и т.п.), происходят из-за невозможности поддержания функции этих систем с помощью стандартных реанимационных мероприятий даже на 50 % [2, 4, 8, 11]. Имеются данные европейских медицинских центров об успешных исходах при данных ситуациях, которые связаны с включением в стандартные мероприятия сердечно-легочной реанимации (СЛР) метода экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) [5, 12]. Для исследования применения этого метода при мероприятиях СЛР была смоделирована острая остановка кровообращения у животных. Результаты исследования в двух группах продемонстрирована высокая эффективность включения метода вспомогательной поддержки кровообращения (ЭКМО) в протокол СЛР. При оказании расширенного комплекса мероприятий сердечно-легочной реанимации при моделировании гипоксической остановки кровообращения у животных в группе с применением ЭКМО получена большая выживаемость к окончанию эксперимента, меньшая выраженность проявлений острой сердечной недостаточности. Межгрупповое сравнение дало предпосылки для разработки протоколов СЛР с применением ЭКМО, что приведет к уменьшению количества осложнений и летальных исходов у кардиохирургических пациентов.

Ключевые слова: экстракорпоральная мембранная оксигенация; мероприятия сердечно-легочной реанимации; кардиocereбральная протекция; церебральная перфузия; ЭКМО после операции на сердце.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из многих труднодостижимых задач в оказании сердечно-легочной реанимации является поддержание кровообращения. По разным источникам, за последние 25 лет выживаемость после СЛР при остановке сердца в условиях клиники улучшена в среднем на 27 % [1, 8]. В то же время при необходимости выполнения СЛР вне стационара благоприятный неврологический исход составляет от 5 до 10 % [3, 5, 6].

Во время СЛР сердечный выброс и легочный кровоток удается поддерживать не более чем 10–25 % от нормального. В связи с этим во время СЛР сохраняются предпосылки для возникновения гипоперфузионного механизма повреждения органов и тканей организма. Существует мнение, что основной причиной неблагоприятного клинического исхода после успешного восстановления естественного кровообращения в 35–80 % случаев является повреждение головного мозга во время реанимационных мероприятий [4–7]. Имеются данные о том, что при реанимационных мероприятиях, которые выполняются с применением открытого массажа сердца, возможность достигать нормального перфузионного давления в коронарных артериях и головном мозге выше, чем при выполнении закрытого масса-

жа сердца. Несмотря на это, при таких ситуациях торакотомия нецелесообразна в связи с высокой вероятностью возникновения осложнений, которые очевидно не улучшат исход. Но некоторые авторы считают необходимым пересмотреть показания к выполнению торакотомии при СЛР для осуществления открытого массажа сердца [8, 9].

Рядом исследований показано, что механическая поддержка кровообращения с помощью ЭКМО, в сравнении с выполненной СЛР без ЭКМО, значительно улучшает выживаемость [11]. Основными задачами ведения пациентов в постреанимационном периоде являются обеспечение адекватного артериального давления и достаточной доставки кислорода. Чтобы восстановить эффективное кровообращение во время сердечно-легочной реанимации и обеспечить контролируемую реперфузию после остановки сердца предпочтительно применение вено-артериального варианта подключения ЭКМО. Причем подключение в восходящий отдел аорты или через правую подключичную артерию обеспечивает лучший поток оксигенированной крови в коронарных артериях и в магистральных сосудах дуги аорты. По данным Морриса (Morris) и его коллег, подключение ЭКМО у 66 пациентов во время

резистентной к СЛР остановки кровообращения (более 50 минут) обеспечило 35 % выживаемость (22 пациента из 66) в этой категории [10].

Данное исследование посвящено изучению эффективности СЛР с применением метода экстракорпоральной мембранной оксигенации при остановке кровообращения. Работа направлена на определение адекватности поддержания системного кровообращения, оценку возможности редукции неврологических осложнений после реанимационных мероприятий, изучение постреанимационных изменений в тканях различных органов.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить эффективность сердечно-легочной реанимации с применением метода экстракорпоральной мембранной оксигенации при остановке кровообращения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальное исследование выполнено на базе лаборатории экспериментальной медицины Научно-исследовательского центра СПбГПМУ. В исследование включены 20 лабораторных свиней («минипиги») массой тела 8–15 кг (два животных по 8 кг, два — 9 кг, три 11 кг, пять — 12 кг, пять — 14 кг, три — 15 кг ($\pm 0,5$ кг)) без соматической и инфекционной патологии.

Для реализации поставленных целей на модели острой гипоксической остановки кровообращения на лабораторных свиньях выполнено исследование эффективности реанимационных мероприятий в двух группах по десять животных в каждой: в первой группе (контроль) выполнены мероприятия расширенного реанимационного комплекса без подключения ЭКМО (обеспечение функции дыхания с помощью аппарата искусственной вентиляции легких (ИВЛ), обеспечение циркуляции крови за счет выполнения открытого массажа сердца). Во второй (экспериментальной) группе применялся метод ЭКМО через 15 минут от начала осуществления реанимационных мероприятий.

До начала исследования, после выполненной премедикации проводилось исходное обследование животного, включающее в себя: клинический анализ крови, биохимический анализ артериальной и венозной крови. Для этого использовался экспресс-анализатор показателей крови Abbott I-STAT с применением одноразовых картриджей CG8+. Все исследования крови выполнялись при одинаковых условиях внешней среды. Динамическое наблюдение и оценка показателей центральной гемодинамики производилась с помощью инвазивных и неинвазивных методов (определялась частота сердечных

сокращений, уровень артериального давления, перфузионное давление, центрального венозного давления, ударный объем, фракция выброса левого желудочка, уровень доставки кислорода). Для инвазивного мониторинга артериального давления выполнялась катетеризация артерии (после выполнения торакотомии, с использованием доступа к одной из ветвей плечеголового ствола). Чтобы оценить функцию сердца, клапанного и подклапанного аппарата, размеры камер сердца, произвести расчеты ударного объема левого желудочка, фракции выброса левого желудочка, выполнялось эхокардиографическое исследование. Определяли следующие показатели: конечно-диастолический размер левого желудочка (ЛЖ), конечно-систолический объем ЛЖ, ударный объем ЛЖ, сердечный выброс, фракцию выброса (ФВ) ЛЖ (рис. 1). Формулы для определения УО ЛЖ, ФВ ЛЖ, сердечного выброса (по методике Тейхольтс (Teicholtz)):

$УО (мл) = КДОЛЖ - КСОЛЖ$, где

КДОЛЖ — конечно-диастолический объем левого желудочка (мл);

КСОЛЖ — конечно-систолический объем левого желудочка (мл).

Во время проведения СЛР УО рассчитывался по формуле:

$УО (мл) = VTI \times CSA$, где

VTI — интеграл линейной скорости кровотока через аортальный клапан;

CSA — площадь поперечного сечения на уровне аортального клапана.

$СВ (мл/мин) = (УО \times ЧСС) / 1000$, где

УО — ударный объем по Тейхольтс (мл);

ЧСС — частота сердечных сокращений ($удар \times мин^{-1}$).

$ФВ (\%) = УО / КДОЛЖ$, где

УО — ударный объем по Тейхольтс (мл);

КДОЛЖ — конечный диастолический объем левого желудочка (мл) (рис. 1).

В экспериментальной группе на первом этапе показатели гемодинамики оценивались так же как и в контрольной группе, а на втором — по расчетным данным, выставленным на аппарате ЭКМО.

Исследование проводилось в несколько этапов.

Первый этап. Моделирование острой остановки кровообращения, выполнение реанимационных мероприятий.

На данном этапе проводилось изучение эффективности проведения расширенной СЛР у животных без применения метода вспомогательного кровообращения в условиях экспериментальной кардиохирургической операционной. Для проведения исследования в двух исследуемых группах была смоделирована острая гипоксическая остановка

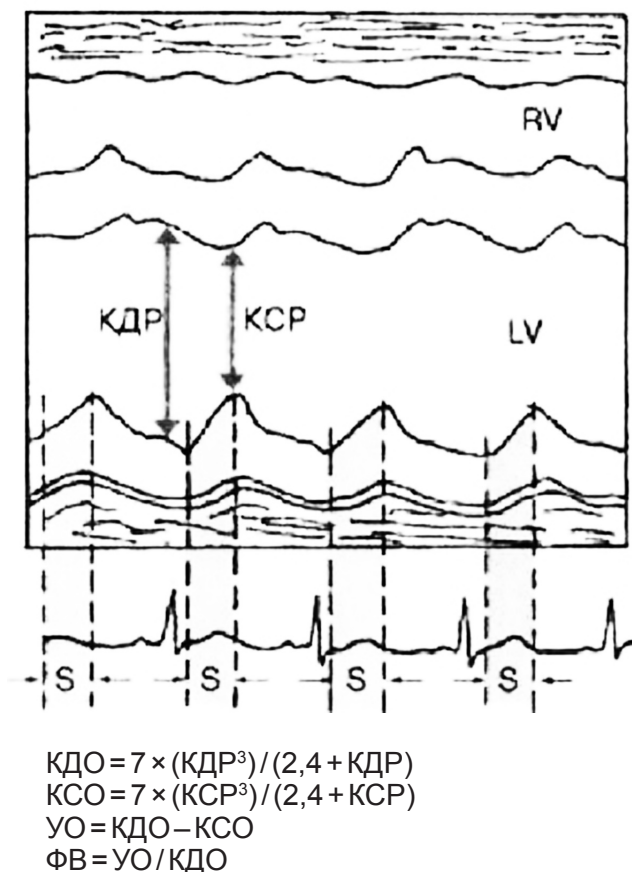


Рис. 1. М-режим ЭХОКГ, методика расчета по Тейхольтс (КСР, КДР — конечный систолический и диастолический размер)

кровообращения методом системной миорелаксации. В момент диагностирования прогрессирования нарушения ритма по типу желудочковых аритмий или асистолии начинались реанимационные мероприятия. Алгоритм действия представляет собой стандартизованные мероприятия СЛР. Отличительной особенностью оказания СЛР в данном исследовании является выполнение открытого массажа сердца, которое осуществлялось хирургом после выполнения срединной стернотомии.

После индукции в анестезию и достижения хирургической стадии наркоза моделировалась системная миоплегия с помощью миорелаксантов, производилась интубация трахеи для последующего проведения вспомогательной вентиляции легких. ИВЛ не начиналась до момента регистрации острой остановки кровообращения. После появления признаков циркуляторного ареста (фибрилляция желудочков или асистолия) начиналась ИВЛ (с параметрами $V_t = 6$ мл/кг, $f = 10$, $FiO_2 = 21\%$). Параллельно хирургической бригадой выполнялась срединная стернотомия (требуемое время 4 минуты). На 4-й минуте от момента остановки кровообращения хи-

рург начинал открытый массаж сердца. В обеих группах в течение 15 минут проводился открытый массаж сердца, искусственная вентиляция легких и поддержание нормальной функции органов и систем, регистрировались показатели гемодинамики, оценивалась эффективность оказания помощи. На 15-й минуте открытого массажа сердца, не прерывая его, осуществлялся контроль лабораторных исследований артериальной и венозной крови.

Второй этап. Продолжение СЛР, применение метода ЭКМО в экспериментальной группе.

На данном этапе выполнялось исследование по изучению эффективности проведения СЛР у животных с применением метода вспомогательного кровообращения с помощью аппарата ЭКМО (фирмы Maquet Cardiohelp-i) в условиях операционной в лаборатории экспериментальной медицины Научно-исследовательского центра СПбГПМУ. Применение метода ЭКМО в экспериментальной группе началось спустя 15 минут оказания СЛР. В контрольной группе животных оказание реанимационных мероприятий продолжалось без применения ЭКМО — выполнялся открытый массаж сердца, ИВЛ. Подготовка аппарата ЭКМО к работе и проведение сеанса вспомогательного кровообращения осуществлялись врачом-перфузиологом. Канюляция сосудов с целью осуществления вспомогательного кровообращения выполнялась хирургами с соблюдением правил асептики и антисептики, по экспериментальному алгоритму. При этом условия для проведения эксперимента были идентичны таковым при выполнении исследования в первой группе животных (контрольной).

По истечению 15 минут выполнения открытого массажа сердца, не прерывая его, началась механическая поддержка кровообращения. До этого производились контрольные исследования крови, дополнительная инфузия кристаллоидных растворов в дозе 10 мл/кг. Для обеспечения системной гипокоагуляции внутривенно вводился нефракционированный гепарин в дозе 100 ЕД/кг. С началом работы аппарата ЭКМО осуществлялась постоянная инфузия гепарина в дозе 50 ЕД/кг/ч с помощью инфузомата. Степень гипокоагуляции контролировалась каждые 20 минут: производили контроль активированного времени свертывания крови (ВСК). ВСК поддерживалось в пределах от 180 до 250 секунд.

Подключение системы вспомогательного кровообращения (аппарат ЭКМО) в экспериментальной группе выполнялось по схемам вена-артерия (полые вены — дуга аорты, или правая бедренная вена — правая бедренная артерия) и вено-венозного подключения. Схема вено-венозного типа подклю-

чения ЭКМО, с применением двухпросветной канюли, с доступом через правую бедренную вену, применена у двух животных. В течение 5 минут мониторинга гемодинамики, при применении метода вено-венозного ЭКМО, отмечалось прогрессивное снижение системного среднего давления, замедление кровотока по сосудам брахиоцефального ствола. Это связано с тем, что при вено-венозном подключении нет возможности адекватной поддержки системной гемодинамики (например, при повышении давления в контуре ЭКМО центральное венозное давление не изменялось). Поэтому главный недостаток такого способа подключения — невозможность полной поддержки системного кровообращения. Соответственно при циркуляторном аресте или тяжелом нарушении системной гемодинамики целесообразно применять только метод вено-артериального ЭКМО. Учитывая недостаточное поддержание системной гемодинамики, было принято решение о переходе на метод вено-артериального ЭКМО.

В экспериментальной группе через 30 минут от начала СЛР производились мероприятия направленные на восстановление сердечного ритма, а также контроль лабораторных показателей. В случае брадиаритмии навязывался ритм с помощью временной эпикардиальной трехкамерной бивентрикулярной ресинхронизирующей кардиостимуляции. Чтобы достичь максимально физиологичного проведения импульса по миокарду применялись биполярные электроды для временной электрокардиостимуляции, которые подшивались по следующей схеме: предсердный электрод в область медиальной части крыши правого предсердия (наиболее близкое расположение к пучку Бахмана), правожелудочковый электрод в среднюю часть передней стенки правого желудочка ближе к межжелудочковой борозде, левожелудочковый электрод — в среднюю часть области боковой стенки левого желудочка. В случае фибрилляции желудочков (четыре эксперимента), выполнялась дефибрилляция, которая была эффективна в трех случаях. Отключение животных от аппарата ЭКМО производилось при стабилизации центральной гемодинамики на фоне опережающей кардиостимуляции через 6 часов от начала СЛР с последующим переводом животного на естественную циркуляцию и наблюдением в течение часа. По истечении семи часов от начала СЛР выполнялись контрольные исследования (ЭКГ, ЭХОКГ с измерением исследуемых параметров, лабораторные исследования крови, оценка показателей центральной гемодинамики).

В контрольной группе спустя 30 минут от начала СЛР производились мероприятия по восстановле-

нию сердечного ритма. Эвтаназия экспериментальных животных производилась в соответствии с нормами биоэтики под наркозом, с помощью эксфузии крови.

Третий этап. Анализ и обработка полученных данных.

Оценка эффективности СЛР в обеих группах оценивалась по показателям инвазивной гемодинамики, ультразвуковой оценки кровотока внутренних органов, лабораторным данным артериальной и венозной крови, ультразвуковой оценки работы системы кровообращения (ЧСС, уровень среднего АД, центральное венозное давление (ЦВД), ударный объем (УО), фракция выброса левого желудочка (ФВ), уровень доставки кислорода (ДО₂)), а также по данным посмертной магнитно-резонансной компьютерной томографии (МРТ) головного мозга.

Статистический анализ данных осуществлялся с применением программы SPSS с помощью критерия Вилкоксона. Уровень значимости принят за 0,05. Сравнивались показатели центральной гемодинамики в спокойном состоянии до моделирования остановки кровообращения с показателями центральной гемодинамики во время проведения СЛР (в одной группе СЛР с ЭКМО, в другой СЛР с открытым массажем сердца).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя имеющиеся данные в двух группах, и акцентируя внимание на адекватности СЛР, а именно поддержании центральной гемодинамики и постреанимационных последствиях, мы получили следующие результаты.

В группе животных, которым мероприятия СЛР осуществлялись без ЭКМО с проведением открытого массажа сердца, показатели гемодинамики во время проведения СЛР существенно отличались от таковых в обычном состоянии, т. е. до начала моделирования остановки кровообращения. Различия были статистически значимы при сравнении всех параметров (табл. 1).

Во второй группе животных, которым мероприятия СЛР осуществлялись с ЭКМО, исследуемые параметры гемодинамики соответствовали физиологичным.

Сравнивая показатели системной гемодинамики получены сходные по характеру данные, которые продемонстрировали превосходство метода ЭКМО в поддержании нормальной функции системы кровообращения во время проведения реанимационных мероприятий (рис. 2–4). Так, в группе «без ЭКМО» ударный объем снизился в среднем в 4,5 раза. Уровень перфузионного (среднего) давления при открытом массаже сердца был в среднем меньше

Таблица 1

Показатели гемодинамики в группе животных, которым мероприятия СЛР осуществлялись без проведения ЭКМО с проведением открытого массажа сердца

Показатель	В покое	СЛР с открытым массажем сердца	Статистические критерии
УО	Me=48 мл, (Q1=46,75; Q3=51)	Me=10,5 мл, (Q1=3; Q3=12,25)	T=0, Z=-2,8, p=0,005
ФВ	Me=56 %, (Q1=51; Q3=58,5)	Me=0 %, (Q1=0; Q3=0)	T=0, Z=-2,8, p=0,005
СрАД	Me=88,7 мм Hg, (Q1=85,3; Q3=91,8)	Me=24 мм Hg, (Q1=17,9; Q3=28,8)	T=0, Z=-2,8, p=0,005
ЦВД	Me=4 мм Hg, (Q1=3; Q3=5)	Me=0,5 мм Hg, (Q1=0; Q3=1)	T=0, Z=-2,81, p=0,005
ДО ₂	Me=646,3 мл, (Q1=602,1; Q3=701,8)	Me=146,3 мл, (Q1=44,8; Q3=190,5)	T=0, Z=-2,8, p=0,005

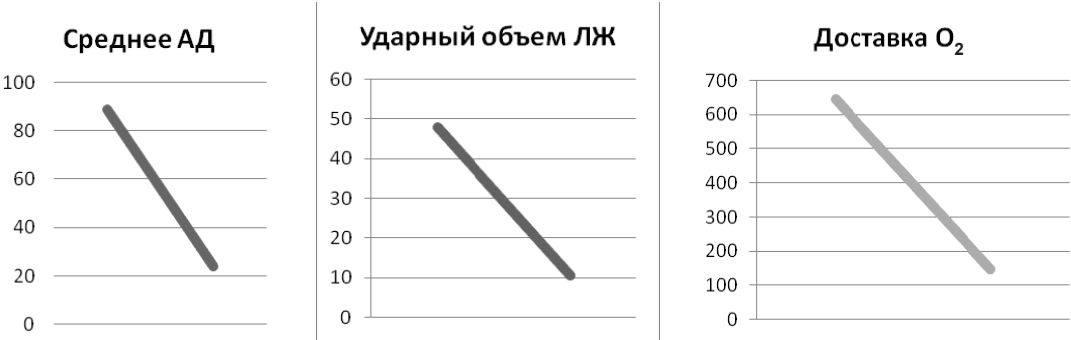


Рис. 2–4. Уровень срАД, УО ЛЖ и ДО₂ до исследования и во время проведения мероприятий СЛР с открытым массажем сердца

в 3,7 раза. Это указывает на значительное снижение трофики тканей, в частности головного мозга. Кроме этого, в данной группе не исключен факт тяжелого кислородного голодания клеток организма, в связи с критическим снижением уровня доставки кислорода, который в среднем составлял 146,3 мл (в 4,4 раза меньше, чем до исследования).

По данным посмертной магнитно-резонансной томографии головы животных, которым осуществлялось подключение вспомогательного крово-

обращения (ЭКМО), на высокопольном томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла с получением диффузионно-, T1-и T2-взвешенных изображений во всех случаях был диагностирован локальный отек головного мозга, однако ни в одном случае не был выявлен диффузный отек головного мозга с преимущественным поражением корковых отделов, что может являться последствием внезапной остановки сердечной деятельности и перенесенной тяжелой гипоксии (рис. 5, 6).



Рис. 5. МРТ головы свиньи (продольный срез)

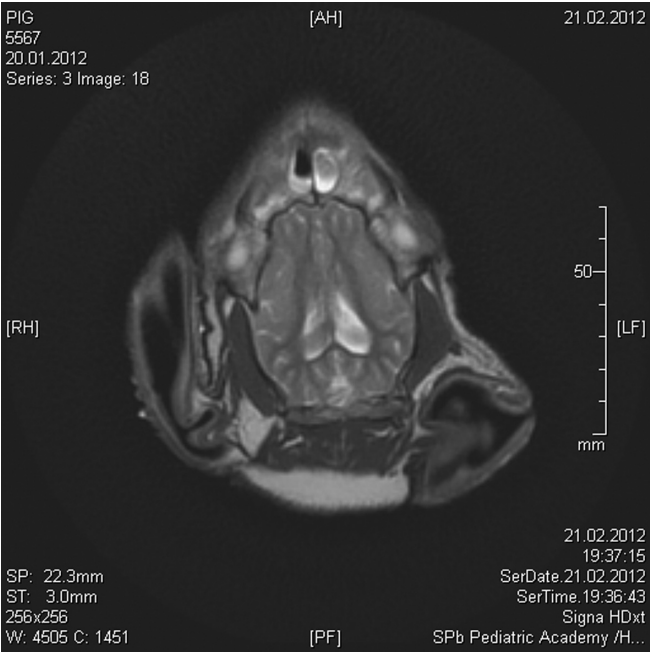


Рис. 6. МРТ головы свиньи (поперечный срез)

По заключению посмертной магнитно-резонансной томографии головы животных, которым мероприятия СЛР проводились без подключения ЭКМО, на высокопольном томографе с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла с получением диффузионно-, T1- и T2-взвешенных изображений имеются признаки диффузного отека головного мозга в 8 случаях, с поражением корковых отделов различной локализации, из них в двух случаях отмечаются признаки смещения срединных структур головного мозга. На двух снимках внутримозговые структуры не дифференцируются, что, вероятнее всего, связано с тяжелыми постгипоксическими повреждениями головного мозга.

Таким образом, результатами исследования в двух группах продемонстрирована высокая эффективность включения метода вспомогательной поддержки кровообращения (ЭКМО) в протокол СЛР.

При оказании расширенного комплекса мероприятий сердечно-легочной реанимации при моделировании гипоксической остановки кровообращения у животных в группе с применением ЭКМО получена большая выживаемость к окончанию эксперимента, меньшая выраженность проявлений острой сердечной недостаточности. Получены данные о патологических изменениях структур головного мозга во время СЛР в обеих группах с помощью МРТ. Межгрупповое сравнение дало предпосылки для разработки протоколов СЛР с применением ЭКМО, что приведет к уменьшению количества осложнений и летальных исходов у кардиохирургических пациентов.

ВЫВОДЫ

1. Исследуемые показатели гемодинамики в группе с применением метода ЭКМО были приближены к физиологическим, в сравнении с показателями гемодинамики в группе «без ЭКМО», что в результате может влиять на исход сердечно-легочной реанимации.
2. В исследовании показана возможность проведения высокоэффективной реанимации. Для более детальной и качественной оценки применения метода ЭКМО при мероприятиях СЛР и разработки рекомендаций необходимо продолжить исследования.

Благодарность

Эта статья подготовлена вместе с коллегами из «Центра детской кардиологии и кардиохирургии», г. Киев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alexis A.T., Robert A., Berg M., et al. Pediatric Cardiopulmonary resuscitation: advances in science, techniques, and outcomes. *Pediatr.* 2008; 122: 1086.

2. De Mos N., Van Litsenburg R.R., McCrindle B. et al. Pediatric in intensive care unit cardiac arrest: incidence, survival, and predictive factors. *Crit. Care Med.* 2006; 34 (4): 1209–15.
3. Dembitsky W.P., Moreno-Cabral R.J., Adamson R.M. et al. Emergency resuscitation using portable extracorporeal membrane oxygenation. *Ann. Thorac. Surg.* 1993; 55: 304–9.
4. Lopes-Herce J., Garcia C., Domingues P. et al. Characteristics and outcome of cardiorespiratory arrest in children. *Resuscitation.* 2004; 63: 311–20.
5. Lopez-Herce J., Garcia C., Dominguez P. et al. Outcome of out-of-hospital cardiorespiratory arrest in children. *Pediatr. Emerg. Care.* 2005; 21 (12): 807–15.
6. Nadkarni V.M., Larkin G.L., Pederdy M.A. et al. National registry of cardiopulmonary resuscitation investigators. First documented rhythm and clinical outcome from in-hospital cardiac arrest among children and adults. *JAMA.* 2006; 295 (1): 50–7.
7. Ravishankar C., Dominguez T.E., Kreutzer J. et al. Extracorporeal membrane oxygenation after stage I reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2006; 7 (4): 319–23.
8. Shindler M.B., Bohn D., Cox P.N. et al. Outcome of out of hospital cardiac or respiratory arrest in children. *N. Engl. J. Med.* 1996; 335 (20): 1473–9.
9. Tunstall-Pedoe H., Bailey L., Chamberlain D.A. et al. Survey of 3765 cardiopulmonary resuscitations in British hospitals (the BRESUS Study): methods and overall results. *BMJ.* 1992; 304 (6838): 1347–51.
10. Young K.D., Seidel J.S. Pediatric cardiopulmonary resuscitation: a collective review. *Ann. Emerg. Med.* 1999; 33 (2): 195–205.
11. Younger J.G., Schreiner R.J., Swaniker F. et al. Extracorporeal resuscitation of cardiac arrest. *Acad. Emerg. Med.* 1999; 6: 700–7.
12. Zaritsky A., Nadkarni V., Geston P. et al. CPR in children. *Ann. Emerg. Med.* 1987; 16 (10): 1107–11.

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF RESUSCITATION WITH EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION IN A MODEL OF ACUTE HYPOXIC CARDIAC ARREST IN PIGS (EXPERIMENTAL STUDY)

Khubulava G.G., Naumov A.B., Marchenko S.P., Suvorov V.V., Averkin I.I., Nevmerzhitskaya O.V., Zaytsev V.V., Seliverstova A.A., Andreyev V.V., Vlasenko S.V.

◆ **Resume.** Cardiopulmonary resuscitation (CPR) with closed-chest cardiac massage was developed to maintain circulation and ventilation until life-threatening problems could be corrected or reversed. Studies on the effect of CPR have shown that about 80–95 % cases of resuscitation are fatal or severe neurological consequences and survival to discharge

after CPR ranged from 6 to 22 % [2, 4, 8, 11]. Furthermore, the chances of survival decline rapidly if the resuscitation period more than 10 minute. At the same time, we know that successful neurologic outcomes are inversely associated with the time of brain hypoperfusion. Because of the low survival rate after prolonged CPR, more aggressive methods have been suggested to increase success. With the advancement of techniques, extracorporeal mechanical support has been applied in conjunction with CPR, with variable results [5, 12]. To assess the efficacy of resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation was modeled the acute hypoxic cardiac arrest in pigs. Results of the study in the two groups demonstrate efficient switching method supporting circulatory

support (ECMO) in the minutes of CPR. In the provision of an extended set of measures of cardiopulmonary resuscitation in the modeling of hypoxic cardiac arrest in animals in the group with ECMO received great survival to the end of the experiment, less expressed manifestations of acute heart failure. Intergroup comparison given the prerequisites for the development of protocols with the use of ECMO CPR, which would reduce the number of complications and death in patients undergoing cardiac surgery.

◆ **Key words:** cardiopulmonary resuscitation; resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation; ECMO after cardiac surgery; cerebral perfusion; cerebral protection.

◆ Информация об авторах

Хубулава Геннадий Григорьевич — член-корреспондент РАМН, д-р мед. наук, профессор. Кафедра сердечно-сосудистой хирургии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2.

Наумов Алексей Борисович — канд. мед. наук, доцент. Кафедра анестезиологии и реаниматологии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: naumov99@gmail.com.

Марченко Сергей Павлович — д-р мед. наук, профессор. Кафедра сердечно-сосудистой хирургии. ГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: sergeimarchenkospb@gmail.com.

Суворов Виталий Владимирович — ассистент. Кафедра сердечно-сосудистой хирургии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: vitalikkrak@gmail.com.

Аверкин Игорь Игоревич — ассистент. Кафедра сердечно-сосудистой хирургии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: averkin.igor@gmail.com.

Невmerzжикская Оксана Владимировна — канд. мед. наук, заместитель главного врача по неонатологии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: ovnevmer@gmail.com.

Зайцев Владимир Владимирович — ассистент. Кафедра сердечно-сосудистой хирургии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: doktor812@rambler.ru.

Селиверстова Анастасия Алексеевна — ассистент. Кафедра сердечно-сосудистой хирургии. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: alisa-0072006@yandex.ru.

Андреев Вадим Владимирович — ассистент. Кафедра анестезиологии-реаниматологии и неотложной педиатрии ФПК и ПП. ГБОУ ВПО СПбГПМУ Минздрава России. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2. E-mail: smpgmu@mail.ru.

Власенко Сергей Васильевич — канд. мед. наук. СПб ГБУЗ «Городская больница № 40». 197706, Санкт-Петербург, Сестро-рецк, ул. Борисова, д. 9. E-mail: vlasenko@gmail.com.

Khbulava Gennadiy Grigoryevich — MD, PhD, Dr Med Sci, Professor. Department of Cardiac Surgery. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia.

Naumov Aleksey Borisovich — MD, PhD, Associate Professor. Department of Anaesthesiology and Resuscitation. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: naumov99@gmail.com.

Marchenko Sergey Pavlovich — MD, PhD, Dr Med Sci, Professor, Department of Cardiac Surgery. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: sergeimarchenkospb@gmail.com.

Suvorov Vitaliy Vladimirovich — Assistant Professor, Department of Cardiac Surgery. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: vitalikkrak@gmail.com.

Averkin Igor Igorevich — Assistant Professor, Department of Cardiac Surgery. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: averkin.igor@gmail.com.

Nevmerzhitskaya Oksana Vladimirovna — MD, PhD, Chief of Neonatology. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: ovnevmer@gmail.com.

Zaytsev Vladimir Vladimirovich — Assistant Professor, Department of Cardiac Surgery. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: doktor812@rambler.ru.

Seliverstova Anastasiya Alekseyevna — Assistant Professor, Department of Cardiac Surgery. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: alisa-0072006@yandex.ru.

Andreyev Vadim Vladimirovich — Assistant Professor, Department of Anesthesiology and Resuscitation. Saint Petersburg State Pediatric Medical University. 2, Litovskaya St., St. Petersburg, 194100, Russia. E-mail: smpgmu@mail.ru.

Vlasenko Sergey Vasilyevich — MD, PhD. City hospital N 40. 9, Borisova St., Sestroretsk, St. Petersburg, 197706, Russia. E-mail: vlasenko@gmail.com.