

УДК 617-089

DOI 10.17802/2306-1278-2022-11-2-49-59

МЕТОДИКА И НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКТИВНОЙ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ И МИОКАРДИАЛЬНОЙ ПЕРФУЗИИ ПРИ ОБСТРУКЦИИ ДУГИ АОРТЫ У ДЕТЕЙ

Р.М. Шехмаметьев¹, Ю.С. Синельников¹, А.С. Вронский^{1,2}, Е.М. Лыжин¹, П.В. Лазарьков^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Маршала Жукова, 35, Пермь, Российская Федерация, 614013; ² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Петропавловская, 26, Пермь, Российская Федерация, 614990

Основные положения

• Врожденные пороки сердца в сочетании с гипоплазией дуги и коарктацией аорты – частое явление в практике кардиохирургов. При лечении данных пороков важную роль играет защита внутренних органов. Предложено несколько способов протекции: от гипотермического ареста до селективных перфузий различных сосудистых бассейнов. С учетом разнообразия методик эффективность и преимущества каждой из них остаются дискуссионными. В статье отражен опыт использования церебро-миокардиальной перфузии у детей при хирургической коррекции патологии дуги аорты.

Цель

Проанализировать перспективность использования метода регионарной селективной контролируемой церебральной и миокардиальной перфузии при хирургической коррекции обструкции дуги аорты у детей.

Материалы и методы

Проведен ретроспективный одноцентровый анализ лечения 29 пациентов педиатрической группы. Представлены непосредственные результаты применения церебро-миокардиальной перфузии у детей с хирургической коррекцией обструкции дуги аорты в период с 2016 по 2020 г. Медиана возраста составила 6 (1 день – 15 лет) дней, медиана веса – 3,6 (1,8–47) кг; среди них 15 девочек и 14 мальчиков. Критерии включения – все больные с церебро-миокардиальной перфузией для реконструкции дуги аорты.

Результаты

Медиана времени искусственного кровообращения – 78 (43–206) мин. Среднее время церебро-миокардиальной перфузии – 22,4±6,4 (12–35) мин. Медиана продолжительности операции – 3,1 (2,25–5,5) ч. Медиана длительности искусственной вентиляции легких – 101 (6–744) ч, пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии – 8,5 (1–31) дня. Среднее время нахождения в стационаре составило 18,2±6,7 (7–31) дня. Ранняя послеоперационная летальность – 3,4%. Заместительная почечная терапия потребовалась двум (7%) новорожденным. Оперативные риски согласно Aristotle score достоверно выше у новорожденных ($\chi^2 = 3,9277$, $df = 1$, $p = 0,0475$). Не выявлено кардиальных событий, связанных с перфузией миокарда. Тип кардиоплегии (кровяная или «Кустодиол») значимо не влиял на насосную функцию сердца, оцененную с помощью эхокардиографии трансторакально на 1-е сут. после операции ($\chi^2 = 0,27273$, $df = 1$, $p = 0,6015$). Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу отмечено у одного (3,5%) пациента.

Заключение

Контролируемая селективная церебро-миокардиальная перфузия воспроизводима без дополнительных ресурсных затрат. При использовании данного метода продолжительность операции и искусственного кровообращения значительно ниже в сравнении с глубоким гипотермическим арестом или изолированной селективной церебральной перфузией, поскольку на охлаждение и согревание организма уходит меньше времени. Также снижается или вообще исключается (при изолированной реконструкции дуги аорты) время кардиального ареста. Методика эффективна и безопасно воспроизводима как у новорожденных, так и детей более старшего возраста. Результаты летальности и осложнений внушают оптимизм, но требуют дальнейшей оценки и сравнения.

Ключевые слова Врожденный порок сердца • Церебро-миокардиальная перфузия • Гипоплазия дуги аорты • Коарктация аорты

Поступила в редакцию: 14.02.2022; поступила после доработки: 18.04.2022; принята к печати: 04.05.2022

METHODOLOGY AND IMMEDIATE RESULTS OF SELECTIVE CONTROLLED CEREBRAL AND MYOCARDIAL PERFUSION FOR AORTIC ARCH OBSTRUCTION IN CHILDREN

R.M. Shekhmametiev¹, Yu.S. Sinelnikov¹, A.S. Vronsky^{1,2}, E.M. Lyzhin¹, P.V. Lazarkov^{1,2}

¹ S.G. Sukhanov Federal Center for Cardiovascular Surgery, 35, Marshal Zhukov St., Perm, Russian Federation, 614013; ² State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Training "Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner", the Ministry of Health of the Russian Federation, 26, Petropavlovskaya St., Perm, Russian Federation, 614000

Highlights

• Congenital heart defects in combination with aortic arch hypoplasia or coarctation of aorta are quite common in cardiac surgeon's practice. The protection of internal organs is an important point in the treatment of these defects. Several methods have been proposed from hypothermic arrest to selective perfusion of various vascular regions. Given the variety of techniques, the effectiveness and advantages of each one are still a topic of debates. The article reflects the experience of using cerebro-myocardial perfusion in children with surgical correction of the aortic arch pathology.

Aim To analyze the prospects of regional selective controlled cerebral and myocardial perfusion method in surgical correction of aortic arch obstruction in children.

Methods A retrospective single-center analysis of the treatment in 29 pediatric patients was carried out and immediate results of cerebral-myocardial perfusion used in children with surgical correction of aortic arch obstruction in the period from 2016 to 2020 are presented. Median age was 6 days (1 day – 15 years old). Median weight was 3.6 kg (1.8–47 kg). 15 patients were girls, 14 patients were boys. The inclusion criteria for all the patients were cerebro-myocardial perfusion for aortic arch reconstruction.

Results Cardiopulmonary bypass time median was 78 minutes (43–206 minutes). The average time of cerebro-myocardial perfusion was 22.4 + –6.4 min (12–35 min). The median duration of the surgery was 3.1 hours (2.25–5.5 hours). The median time for mechanical ventilation was 101 hours (6–744 hours), in the ICU – 8.5 days (1–31 days). The average time of hospital stay was 18.2 days + –6.7 days (7–31 days). Early postoperative mortality was 3.4%. Renal replacement therapy was required for 2 newborns (7%). Operational risks, according to the Aristotle Score, were significantly higher in newborns ($\chi^2 = 3.9277$, $df = 1$, p -value = 0.0475). There were no cardiac events associated with myocardial perfusion. The type of cardioplegia (blood or "Kustadiol") did not significantly affect the pumping function of the heart, assessed by transthoracic echocardiography on day 1 after the surgery ($\chi^2 = 0.27273$, $df = 1$, p -value = 0.6015). Acute ischemic cerebrovascular accident occurred in 1 patient (3.5%).

Conclusion The technique of controlled selective cerebro-myocardial perfusion is reproducible without any additional resource costs. We can confidently say that the time of surgery and cardiopulmonary bypass is much shorter than in case of using deep hypothermic arrest or isolated selective cerebral perfusion, as soon as there is less time needed for cooling and re-warming the body. Also, the time of cardiac arrest was reduced or completely eliminated (with isolated reconstruction of the aortic arch). The technique is effective and safely reproducible in both newborns and older children. The results for mortality and complications are encouraging but must be further evaluated and compared.

Keywords Congenital heart disease • Cerebro-myocardial perfusion • Hypoplasia of the aortic arch • Coarctation of the aorta

Received: 14.02.2022; received in revised form: 18.04.2022; accepted: 04.05.2022

Список сокращений

БЦС	– брахиоцефальный ствол	ЛЖ	– левый желудочек
ДМЖП	– дефект межжелудочковой перегородки	ОАП	– открытый артериальный проток
ИК	– искусственное кровообращение	ЭКГ	– электрокардиограмма

Введение

Врожденные пороки сердца в сочетании с гипоплазией дуги или коарктацией аорты – частое явление в практике кардиохирургов. По данным Общества торакальных хирургов (The Society of Thoracic Surgeons, STS), встречаемость изолированной коарктации и гипоплазии дуги аорты у новорожденных составляет 7,3 и 2,9% [1], а у детей до года эти показатели увеличиваются до 17 и 20% соответственно, что составляет значительную часть врожденных пороков, требующих хирургической коррекции [1]. Существует достаточное количество способов защиты внутренних органов при коррекции обструкции аорты на различных уровнях. Так, при дискретной коарктации или в сочетании с гипоплазией дистальной дуги аорты правый торакотомный доступ с резекцией суженного участка и разного рода анастомоз является эффективной и быстровыполнимой процедурой, не требующей регионарной перфузии. Данная методика широко распространена в ведущих кардиохирургических центрах [2, 3]. При наличии гипоплазии проксимального сегмента дуги аорты, особенно в сочетании с внутрисердечными аномалиями, требуется вмешательство из стернотомического доступа с обеспечением защиты от повреждения внутренних органов, головного мозга и миокарда. Методом защиты органов был тотальный циркуляторный арест, описанный В.Г. Barratt-Voyes и соавт. в 1970 г. [4]. Однако полный арест несет в себе ряд недостатков, связанных с высоким риском осложнений, в первую очередь острого повреждения почек и повреждения головного мозга, а также последствиями увеличенного времени искусственного кровообращения (ИК), необходимого на охлаждение и согревание пациента [5, 6]. Для снижения негативных неврологических и нейрокогнитивных последствий полного ареста в 1996 г. Т. Asou и коллеги [7] предложили метод низкочастотной регионарной перфузии головного мозга. Другие авторы модернизировали и оптимизировали заявленную методику [8–11], используя кардиоплегические растворы для защиты миокарда. Первыми результатами операции на дуге аорты с перфузией миокарда поделились S. Sano и соавт. [12]. В последующем коллектив сообщил о выполнении одностадийной реконструкции коарктации аорты с дефектом межжелудочковой перегородки (ДМЖП) с использованием церебро-миокардиальной перфузии.

Цель исследования – оценка перспективности использования метода регионарной селективной

контролируемой церебральной и миокардиальной перфузии при патологии дуги аорты с учетом послеоперационных летальности и повреждения миокарда (инфаркт миокарда), острого нарушения мозгового кровообращения.

Материалы и методы

Характеристика пациентов

С января 2016 г. по декабрь 2020 г. в ФГБУ «ФЦССХ им. С.Г. Суханова» Минздрава России (Пермь, Россия) прооперированы 29 детей (15 девочек и 14 мальчиков) с использованием церебро-миокардиальной перфузии для реконструкции дуги аорты. Критерии включения: 1) пациенты с перерывом дуги аорты; 2) больные с коарктацией аорты и гипоплазией проксимальной дуги аорты, которым невозможно выполнить полноценную реконструкцию дуги аорты из бокового доступа; 3) пациенты после резекции коарктации аорты с остаточной гипоплазией дуги аорты с градиентом давления более 20 мм рт. ст.; 4) возраст 0 до 18 лет; 5) операция с использованием церебральной и миокардиальной перфузии. Критерии исключения: в исследование включены все больные, которым проведена церебро-миокардиальная перфузия.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России (протокол № 1 от 31.01.2022).

Техника операции и перфузии

У всех пациентов в качестве доступа использована срединная стернотомия. Тимус полностью удаляли. Производили тщательную диссекцию дуги аорты и брахиоцефальных артерий, нисходящую аорту выделяли дистально (насколько возможно). У новорожденных канюляцию аорты осуществляли через брахиоцефальный ствол (БЦС) и вшитый в него конец-в-бок протез GORE-TEX (Gore, США) диаметром 3,5 или 4 мм, вторую артериальную канюлю такого же диаметра через У-отводку заводили через открытый артериальный проток в нисходящую аорту. У детей более старшего возраста канюлировали восходящую аорту под устьем БЦС. При потребности во внутрисердечных манипуляциях канюлировали обе полые вены, при изолированной реконструкции дуги венозную канюлю ставили в правое предсердие. Обязательно дренировали левые отделы через правые легочные вены.

Начинали ИК (при канюляции открытого артериального протока у новорожденных проток с установленной магистралью перевязывали либо пережимали главные ветви легочной артерии), охлаждали до умеренной гипотермии. Выше синусов Вальсальвы устанавливали плевическую канюлю для перфузии миокарда и кардиоплегии при внутрисердечных манипуляциях. При достижении целевой температуры последовательно пережимали левую подключичную, левую общую сонную артерии, в БЦС заводили аортальную канюлю (у новорожденных пережимали устье БЦС), накладывали зажим на нисходящую аорту, восходящую аорту сразу над плевической канюлей, начинали изолированную селективную антеградную контролируемую перфузию головного мозга через аортальную канюлю, перфузию миокарда – через плевическую канюлю.

Перфузию миокарда осуществляли через Т-отводку артериальной магистрали сразу за оксигенатором, которая далее проходила через отдельный роликовый насос аппарата ИК, таким образом контролируя скорость перфузии миокарда. Скорость работы основного насоса артериальной магистрали суммировали из скорости перфузии головного мозга и миокарда. Головной мозг перфузировали из расчета 30–50 мл/кг/мин, миокард – 15–20 мл/кг/мин. Контроль и адекватность перфузии церебрального бассейна оценивали по артериальному давлению в правой лучевой артерии и мониторингом мозговой спектроскопии NIRS (Near-Infrared Reflectance Spectroscopy) (датчик фиксировали на лоб пациента). Миокардиальную перфузию контролировали с помощью мониторинга электрокардиограммы (ЭКГ), при необходимости корректируя скорость работы роллера насоса. Извлекали артериальную магистраль из открытого артериального протока, иссекали дуктальные ткани и суженный перешеек.

У новорожденных реконструкцию дуги аорты производили по типу анастомоза нисходящей аорты с восходящей конец-в-бок либо конец-в-бок с дополнительным расширением по малой кривизне аутоперикардиальной заплатой. Заплату обрабатывали в 2% растворе глутаральдегида с предварительным моделированием малой кривизны путем фиксирования аутоперикарда к трубчатой изогнутой силиконовой магистрали нужного диаметра (авторская методика, рис. 1). Детям более старших возрастных групп выполняли пластику дуги аорты по малой кривизне либо другие варианты пластики.

После этапа на дуге аорты восстанавливали перфузию организма, распуская пережатые брахиоцефальные артерии и БЦС. При необходимости внутрисердечного этапа через плевическую канюлю в корне аорты подавали кардиоплегический раствор. По завершении внутрисердечных манипуляций согревали организм до нормотермии, снимали зажим с аорты; сход с ИК по стандартной процедуре. Всем новорожденным после гемостаза ставили перитонеальный дренаж.

Статистические методы

Для оценки результатов использовали статистические пакеты R. Описательные статистики количественных переменных представлены медианой и 1-м и 3-м квартилями. Описательные статистики номинативных переменных отражены в виде количества наблюдаемого признака и процентов. Номинативные переменные оценивали при помощи точного критерия Фишера, количественные переменные – с использованием непараметрического аналога дисперсионного анализа – критерия Краскела – Уоллиса.

Результаты

Основные дооперационные данные представлены в табл. 1, послеоперационные – в табл. 2. Двадцать детей были новорожденными. В связи с тем, что наше наблюдение кластеризируется по возрасту, пациентов разделили на две подгруппы: подгруппа 1 – новорожденные (до 30 дней); подгруппа 2 – дети старше 30 дней. Во 2-й подгруппе возраст детей был старше 2 лет. Общая ранняя послеоперационная летальность составила 3,4% (один новорожденный): девочка 4 дней, на момент коррекции вес 3,1 кг, с диагнозом «перерыв дуги аорты тип Б и межжелудочковый дефект». Пациентке выполнена радикальная коррекция с реконструкцией дуги аорты по типу анастомоза нисходящей аорты с восходящей конец в бок и закрытие

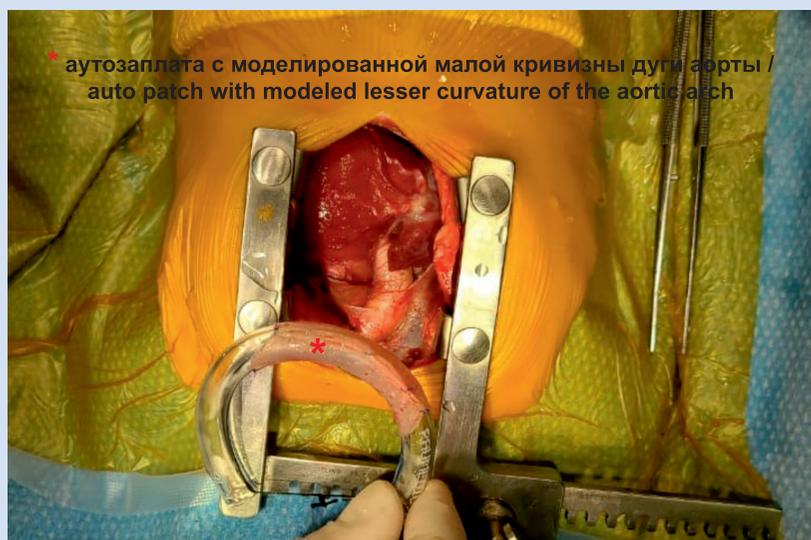


Рисунок 1. Интраоперационное моделирование заплаты с формированием кривизны под малую кривизну аорты
Figure 1. Intraoperative patch modeling with the formation of the lesser aorta curvature

межжелудочкового дефекта заплатой. Основной этап операции прошел стандартно. Во время селективной миокардиальной перфузии изменений по ЭКГ не наблюдали. После снятия зажима с аорты при сходе с ИК обратило на себя внимание расширение комплекса QRS по мониторингу ЭКГ, по данным чреспищеводной эхокардиографии диффузное выраженное снижение сократимости левого желудочка (ЛЖ). При ревизии ЛЖ выявлена обширная межмышечная и субэпикардальная гематома боковой стенки, скорее всего, вызванная травматизацией установленным в ЛЖ дренажем левых отделов. При попытке подключить экстракорпоральную мембранную оксигенацию – выраженное кровотечение, смерть констатирована на операционном столе.

Двенадцати (41,4%) пациентам требовалась коррекция внутрисердечных аномалий, 11 из которых – новорожденные. Трем новорожденным выполнено суживание ствола легочной артерии в качестве I этапа унiventрикулярной гемодинамики. Десяти новорожденным закрыт межжелудочковый дефект, двум выполнено артериальное переключение и закрытие ДМЖП с формированием выхода из ЛЖ, одному пациенту из подгруппы 2 выполнена резекция субаортальной мембраны. Послеоперационная оценка эффективности перфузии миокарда включала оценку ЭКГ в стандартных и грудных отведениях, трансторакальную эхокардиографию сократительной функции желудочков (фракция выброса

ЛЖ по Симпсону и Тейхольцу). Поскольку в нашем исследовании не выявлено характерных ишемических изменений по данным ЭКГ в послеоперационном периоде, уровень кардиоспецифичных ферментов не определяли. Неврологический статус оценивали после пробуждения. При появлении неврологического дефицита или судорожного синдрома выполняли мультиспиральную компьютерную томографию головного мозга. В одном наблюдении у девочки в возрасте 30 дней после резекции коарктации аорты с пластикой дуги диагностировано острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу в бассейне правой средней мозговой артерии с полным регрессом симптоматики к моменту выписки. Из прочих осложнений: у 4-дневного ребенка после операции артериального переключения, закрытия ДМЖП и реконструкции дуги аорты на 7-е сут. возникла перфорация тонкого кишечника на фоне некротизирующего энтероколита, пациенту проведена экстренная операция в профильном учреждении; в одном случае потребовалась ревизия средостения по поводу кровотечения. У остальных детей послеоперационный период протекал относительно благоприятно. Отсроченное закрытие грудной клетки выполнено 17 новорожденным.

Подгруппа 1 (новорожденные) по естественным причинам более тяжелая категория больных, поскольку представлена пациентами с дуктус-зависимым статусом, а также более тяжелым коморбидным

Таблица 1. Основные предоперационные данные
Table 1. Basic preoperative data

Показатель / Parameter	Подгруппа 1 / Subgroup 1, n = 20	Подгруппа 2 / Subgroup 2, n = 9
Пол (м/ж) / Sex (m/f), n	9/11	5/4
Возраст / Age	4 (2; 6,25) дня	6 (2; 7) лет
Вес, кг / Weight, kg	3,1 (2,8; 3,6)	17,6 (16; 22)
Простагландин E2 / Prostaglandin E2, n (%)	13 (65)	–
Искусственная вентиляция легких / Mechanical ventilation, n (%)	3 (15)	–
КоАо с гипоплазией дуги аорты / CoAo with hypoplasia of the aortic arch, n	6	7 (рекоарктация с гипоплазией после резекции КоАо либо коррекции перерыва дуги аорты) / 7 (recoarctation with hypoplasia after resection of CoAo or correction interrupted aortic arch)
КоАо, гипоплазия, ДМЖП / CoAo, hypoplasia, VSD, n	5	–
КоАо, ЕЖС / CoAo, SHV, n	3	–
Перерыв дуги аорты / Interrupted aortic arch, n	4	1 (+ субаортальная резекция) / 1 (+ subaortic resection)
ДОС от ПЖ типа ТМС с КоАо или перерыв дуги аорты / DORV from the pancreas type TGA with CoAo or Interrupted aortic arch, n	2	–
Сосудистое кольцо с гипоплазией дуги аорты / Vascular ring with hypoplasia of the aortic arch, n	–	1

Примечание: ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки; ДОС от ПЖ – двойное отхождение сосудов от правого желудочка; ЕЖС – единый желудочек сердца; КоАо – коарктация аорты; ТМС – транспозиция магистральных сосудов.

Note: CoAo – coarctation of the aorta; DORV – Double-Outlet Right Ventricle; MV – mechanical ventilation; SHV – single heart ventricle; TGA – Transposition of the Great Arteries; VSD – ventricular septal defect.

фоном, в большинстве случаев требовавшими внутрисердечного этапа коррекции. Соответственно, длительность ИК и операции, потребность в кардиальном аресте добавляли риски осложненного послеоперационного течения. Данные больные дольше находились на искусственной вентиляции легких, в отделении реанимации и интенсивной терапии и на стационарном наблюдении. Также у новорожденных были выше оперативные риски, оцененные по шкале Aristotle score [13] (табл. 2).

Ни в одном из наблюдений не выявлено значимого кардиального события, связанного с перфузией миокарда, за исключением летального случая, при котором повреждение миокарда не было вызвано перфузией. Тип кардиоплегии (кровяная или «Кустадиол») значимо не влиял на насосную функцию сердца, оцененную по эхокардиографии трансторакально на 1-е сут. после операции ($\chi^2 = 0,27$, $df = 1$, $p = 0,60$). Острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу отмечено у одного (3,5%) пациента: девочка, 30 дней на момент коррекции, с коарктацией аорты и выражен-

ной гипоплазией дуги аорты. После пробуждения выявлен ишемический инсульт, подтвержденный по данным мультиспиральной компьютерной томографии головного мозга в бассейне центральных конечных ветвей правой среднемозговой артерии с формированием центрального левого гемипареза с постепенной регрессией очаговой симптоматики на момент перевода. Всем детям старшей возрастной группы операция с использованием церебро-миокардиальной перфузии выполнена в виде повторного вмешательства.

Обсуждение

Проблема протекции органов при оперативной коррекции аномалий дуги аорты до сих пор служит предметом дискуссий. Во многом уровень защиты органов зависит от опыта медицинского учреждения, операционной бригады, предпочтений хирурга. Однако современные технологии и техническое обеспечение операционной позволяют снижать время ишемии органов и тканей, работать без глубокой гипотермии, что тем самым уменьшает

Таблица 2. Основные послеоперационные данные
Table 2. Basic postoperative data

Показатель / Parameter	Новорожденные / Newborns, n = 20	Дети старше месяца / Children over one month old, n = 9
Время ИК, мин / Time CPB, min	79 (67,5; 85,7)	74 (54; 85)
Время зажима, мин / Clamping time, min	5,5 (0; 22)	0
Время ЦМП, мин / CMP time, min	20 (18,7; 23,3)	28 (18; 32)
Длительность операции, ч / Duration of surgery, h	3,3 (2,8; 3,6)	3,2 (3; 3,4)
Aristotle score, баллы	13 (7; 15)	7 (7; 7)
Коррекция внутрисердечных аномалий / Correction of intracardiac anomalies: ракрытие ДМЖП / closure of the VSD суживание ЛА / bending LA артериальное переключение, формирование ВТЛЖ / arterial Switch Operation, formation of LVOT резекция субаортальной мембраны / subaortic membrane resection	10 3 2	1
Отсроченное закрытие грудной клетки / Delayed chest closure, n (%)	17 (85)	–
ЗПТ (перитонеальный диализ) / RRT (peritoneal dialysis), n (%)	2 (10)	–
Время ИВЛ, ч / MV time, h	173 (101; 288)	11 (10; 15)
Инотропный индекс / Inotropic index	6,6 (6,1; 8,7)	0
ФВ ЛЖ на следующий день / LVEF on the next day, %	43 (33; 56)	60 (56; 62)
ФВ ЛЖ на момент выписки / LVEF at the time of discharge, %	58 (55; 60)	61 (59; 62)
Время в ОРИТ, дней / ICU time, days	12 (8,5; 18)	2 (1; 2)
Повреждение миокарда / Myocardial injury	–	–
Повреждение головного мозга / Brain damage, n (%)	1 (5%)	–
Госпитализация в стационаре, дней / Hospitalization in hospital, days	18 (13; 24,5)	19 (12; 20)
Летальность / Mortality, n (%)	1 (5)	–

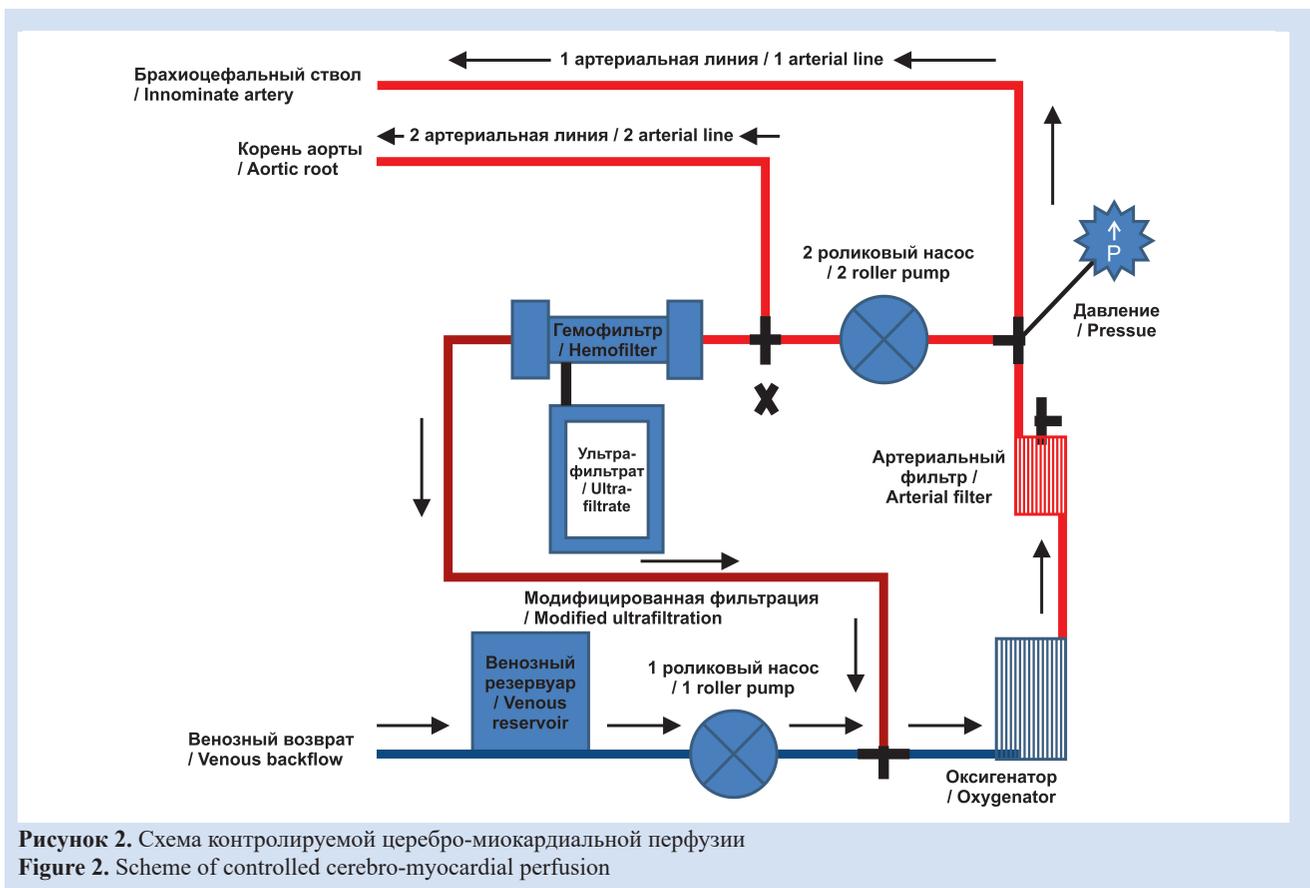
Примечание: ВТЛЖ – выносящий тракт левого желудочка; ДМЖП – дефект межжелудочковой перегородки; ЗПТ – заместительная почечная терапия; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ИК – искусственное кровообращение; ЛА – легочная артерия; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; ЦМП – церебро-миокардиальная перфузия.

Note: CMP – cerebro-myocardial perfusion; CPB – cardiopulmonary bypass; ICU – intensive care unit; LA – pulmonary artery; LVEF – left ventricular ejection fraction; LVOT – left ventricular outflow tract; MV – mechanical ventilation; RRT – renal replacement therapy; VSD – ventricular septal defect.

вероятность развития осложнений. Как отмечено ранее, на ранних этапах хирургии аорты для протекции внутренних органов, головного мозга и миокарда использован метод глубокого гипотермического циркуляторного ареста. Преимуществом этого способа выступает «чистое» (обескровленное) операционное поле. К недостаткам методики отнесены ранние и поздние осложнения в виде повреждения головного мозга, почек, а также послеоперационная гипокоагуляция, более длительное время ИК, связанное с охлаждением и согреванием. Многие авторы продемонстрировали, что регионарная антеградная перфузия головного мозга при коррекции заболеваний дуги аорты имеет преимущества перед глубоким циркуляторным арестом в отношении нейрокогнитивных нарушений [5, 11, 14, 16]. В связи с этим был предложен метод регионарной мозговой перфузии для снижения рисков повреждения головного мозга [7, 9, 15]. Описаны технические аспекты применения селективной регионарной мозговой перфузии [15, 17], однако большинство исследований имели ряд ограничений, связанных с отсутствием рандомизации.

D.V. Meyer и коллеги в 2016 г. проанализировали более 4,5 тыс. случаев лечения врожденных пороков сердца с реконструкцией дуги аорты, представленных в базе данных Общества торакальных хирургов (The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database). Авторы показали, что в Северной Америке широко применяют как метод глубокого гипотермического ареста, так и регио-

нарной мозговой перфузии, без значимых предикторов использования и преимуществ той или иной методики [18, 19]. Тенденции снижения времени кардиального ареста также имели место быть: в 1990 г. S. Sano и коллеги на нескольких пациентах до года описали возможность обходиться без кардиального ареста при реконструкции дуги аорты [12]. Исследовательская группа во главе с С. Lim представила статью по селективной перфузии головного мозга и миокарда у 48 пациентов до года, в которой рассказали о технических нюансах методики [20]. Позднее авторы опубликовали результаты сравнения пациентов с регионарной перфузией миокарда и головного мозга с больными без перфузии миокарда с оценкой неврологического статуса. У детей, перенесших реконструкцию с использованием миокардиальной перфузии, была значимо ниже продолжительность ишемии миокарда, они в меньшей степени требовали инотропной поддержки, реже – отсроченного закрытия грудины, а также менее длительно находились на искусственной вентиляции легких и в отделении реанимации и интенсивной терапии [21]. Несколько других авторов примерно в то же время, описывая свой опыт использования селективной контролируемой церебральной и миокардиальной перфузии при реконструктивных операциях на дуге аорты [22, 23], заключили, что методика перфузии миокарда является безопасной, недорогой и легко воспроизводимой. Кроме того, A. Rüffer и коллеги показали, что уровень кардиоспецифичных ферментов после операции значимо



ниже в группе церебро-миокардиальной перфузии, чем в группе селективной церебральной перфузии [23].

В нашем центре отдают предпочтение применению селективной контролируемой церебро-миокардиальной перфузии у всех детей с патологией дуги аорты, требующей реконструкции. Схема перфузии почти не отличается от таковой у A. Ruffer (рис. 2). Это более физиологичная методика вследствие снижения времени ишемии миокарда (либо полного отсутствия ишемии при изолированной реконструкции дуги аорты), отсутствия необходимости применения глубокой гипотермии и связанных с ней осложнений (коагулопатия и кровотечение, острое почечное повреждение). Для данной методики характерны полный контроль над процессом перфузии и возможность оперативно реагировать на какие-либо изменения как со стороны головного мозга, так и сердца.

Заключение

По нашим данным, методика контролируемой селективной церебро-миокардиальной перфузии воспроизводима без дополнительных ресурсных затрат. С учетом использования при данном методе умеренной гипотермии можно с уверенностью сказать, что продолжительность операции и ИК гораздо ниже, чем при применении глубокого гипотермического ареста или изолированной селективной церебральной перфузии, поскольку на охлаждение и согревание организма тратится меньше времени. Также снижается или вообще исключается (при изолированной реконструкции дуги аорты) вре-

мя кардиального ареста. Методика изолированной контролируемой церебральной и миокардиальной перфузии не несет риска повреждения миокарда и головного мозга. Данный способ перфузии не требует дополнительных затрат и обеспечения, воспроизводим как у новорожденных, так и у детей более старшего возраста. Показатели летальности и осложнений внушают оптимизм. Исследование промежуточное, в дальнейшем планируются сравнение с другими методиками перфузии и оценка отдаленных результатов, качества жизни.

Ограничения исследования

Исследование является ретроспективным одноцентровым. Необходима группа сравнения с изолированной церебральной перфузией и, возможно, группа пациентов с глубоким гипотермическим арестом для более полной оценки преимуществ церебро-миокардиальной перфузии.

Конфликт интересов

Р.М. Шехмаматьев заявляет об отсутствии конфликта интересов. Ю.С. Синельников заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.С. Вронский заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.М. Лыжин заявляет об отсутствии конфликта интересов. П.В. Лазарьков заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Шехмаматьев Роман Маратович, врач – сердечно-сосудистый хирург, заведующий кардиохирургическим отделением № 4 федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-0601-1486

Синельников Юрий Семенович, доктор медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург, главный врач федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-6819-2980

Вронский Алексей Сергеевич, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 2 федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; аспирант кафедры хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-0465-8964

Author Information Form

Shekhmametyev Roman M., a cardiovascular surgeon, Head of Cardiac Surgery Department No. 4, the Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov", the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-0601-1486

Sinelnikov Yury S., PhD, a cardiovascular surgeon, Head Doctor, Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov", the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-6819-2980

Vronsky Alexei S., a cardiovascular surgeon at Cardiac Surgery Department No. 2, Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov", the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; 2nd year postgraduate student specializing in cardiovascular surgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Medical University Academician E.A. Wagner", Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-0465-8964

Лыжин Егор Михайлович, врач – анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-4299-1167

Лазарьков Петр Владимирович, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 4 федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; аспирант кафедры хирургии с курсом сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-7165-9134

Lyzhin Egor M., an anesthesiologist-resuscitator at the Department of Anesthesiology-Resuscitation, Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov", the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-4299-1167

Lazarkov Pyotr V., a cardiovascular surgeon at Cardiac Surgery Department No. 4, Federal State Budgetary Institution "Federal Center for Cardiovascular Surgery named after S.G. Sukhanov", the Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; a postgraduate student specializing in the course of cardiovascular Surgery and invasive Cardiology at the Department of Surgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner" Ministry of Health of the Russian Federation, Perm, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-7165-9134

Вклад авторов в статью

ШРМ – вклад в концепцию исследования, анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

СЮС – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ВАС – анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЛЕМ – анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЛПВ – вклад в концепцию исследования, анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

ShRM – contribution to the concept of the study, data analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

SyUS – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

VAS – data analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

LEM – data analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

LPV – contribution to the concept of the study, data analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Jacobs J.P. The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database Public Reporting Initiative. Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery. Pediatric Cardiac Surgery Annual. 2017; 20:43-48. doi: 10.1053/j.pcsu.2016.09.008
- Poirier N.C., Van Arsdell G.S., Brindle M., Thyagarajan G.K., Coles J.G., Black M.D., Freedom R.M., Williams W.G. Surgical treatment of aortic arch hypoplasia in infants and children with biventricular hearts. Ann Thorac Surg. 1999;68(6):2293-7. doi: 10.1016/s0003-4975(99)01144-3.
- Tulzer A., Mair R., Kreuzer M., Tulzer G. Outcome of aortic arch reconstruction in infants with coarctation: Importance of operative approach. J Thorac Cardiovasc Surg. 2016;152(6):1506-1513.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.08.029.
- Barratt-Boyes B.G., Simpson M., Neutze J.M. Intracardiac surgery in neonates and infants using deep hypothermia with surface cooling and limited cardiopulmonary bypass. Circulation. 1971; 43 (5 Suppl.): I25-30. doi: 10.1161/01.cir.43.5s1.i-25.
- Kornilov I.A., Sinelnikov Y.S., Soinov I.A., Ponomarev D.N., Kshanovskaya M.S., Krivoshapkina A.A., Gorbatykh A.V., Omelchenko A.Y. Outcomes after aortic arch reconstruction for infants: deep hypothermic circulatory arrest versus moderate hypothermia with selective antegrade cerebral perfusion. Eur J Cardiothorac Surg. 201;48(3):e45-50. doi: 10.1093/ejcts/ezv235
- Wypij D., Newburger J.W., Rappaport L.A., duPlessis A.J., Jonas R.A., Wernovsky G., Lin M., Bellinger D.C. The effect of duration of deep hypothermic circulatory arrest in infant heart surgery on late neurodevelopment: the Boston Circulatory Arrest Trial. J Thorac Cardiovasc Surg. 2003;126(5):1397-403. doi: 10.1016/s0022-5223(03)00940-1.
- Asou T., Kado H., Imoto Y., Shiokawa Y., Tominaga R., Kawachi Y., Yasui H. Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates. Ann Thorac Surg. 1996;61(5):1546-8. doi: 10.1016/0003-4975(96)80002-S.
- McElhinney D.B., Reddy V.M., Silverman N.H., Hanley F.L. Modified Damus-Kaye-Stansel procedure for single ventricle, subaortic stenosis, and arch obstruction in neonates and infants: midterm results and techniques for avoiding circulatory arrest. J Thorac Cardiovasc Surg. 1997;114(5):718-25; discussion 725-6. doi: 10.1016/S0022-5223(97)70075-8.
- Pigula F.A., Nemoto E.M., Griffith B.P., Siewers R.D. Regional low-flow perfusion provides cerebral circulatory support during neonatal aortic arch reconstruction. J Thorac Cardiovasc Surg. 2000;119(2):331-9. doi: 10.1016/S0022-5223(00)70189-9.

10. Tchervenkov C.I., Chu V.F., Shum-Tim D., Laliberte E., Reyes T.U. Norwood operation without circulatory arrest: a new surgical technique. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(5):1730-3. doi: 10.1016/s0003-4975(00)01941-x.

11. Сойнов И.А., Кулябин Ю.Ю., Корнилов И. А., Синельников Ю.С., Омельченко А.Ю., Ничай Н.Р., Горбатов А.В., Дульцева Д.А., Зубрицкий А.В., Архипов А.Н., Чашин О.В., Горбатов Ю.Н., Богачев-Прокофьев А.В. Результаты коррекции дуги аорты у младенцев: глубокая гипотермия или селективная антеградная перфузия головного мозга. *Забайкальский Медицинский Вестник.* 2018;1: doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-3-43-51

12. Sano S., Mee R.B. Isolated myocardial perfusion during arch repair. *Ann Thorac Surg.* 1990;49(6):970-2. doi: 10.1016/0003-4975(90)90878-a.

13. Lacour-Gayet F., Clarke D., Jacobs J., Comas J., Daebritz S., Daenen W., Gaynor W., Hamilton L., Jacobs M., Maruszewski B., Pozzi M., Spray T., Stellin G., Tchervenkov C., Mavroudis A., Aristotle Committee. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25(6):911-24. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.03.027.

14. Newburger J.W., Jonas R.A., Wernovsky G., Wypij D., Hickey P.R., Kuban K.C., Farrell D.M., Holmes G.L., Helmers S.L., Constantinou J., Carrazana E., Barlow J.K., Walsh A.Z., Lucius K.C., Share J.C., Wessel D.L., Hanley F.L., Mayer J.E., Costaneda A.R., Ware J.H., et al. A comparison of the perioperative neurologic effects of hypothermic circulatory arrest versus low-flow cardiopulmonary bypass in infant heart surgery. *N Engl J Med.* 1993;329(15):1057-64. doi: 10.1056/NEJM199310073291501.

15. Tchervenkov C.I., Korkola S.J., Shum-Tim D., Calaritis C., Laliberte E., Reyes T.U., Lavoie J. Neonatal aortic arch reconstruction avoiding circulatory arrest and direct arch vessel cannulation. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(5):1615-20. doi: 10.1016/s0003-4975(01)03063-6.

16. Bellinger D.C., Jonas R.A., Rappaport L.A., Wypij D., Wernovsky G., Kuban K.C., Barnes P.D., Holmes G.L., Hickey

P.R., Strand R.D., et al. Developmental and neurologic status of children after heart surgery with hypothermic circulatory arrest or low-flow cardiopulmonary bypass. *N Engl J Med.* 1995;332(9):549-55. doi: 10.1056/NEJM199503023320901

17. Korkola S.J., Tchervenkov C.I., Shum-Tim D. Aortic arch reconstruction without circulatory arrest: review of techniques, applications, and indications. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2002;5:116-25. doi: 10.1053/pcsu.2002.31495

18. Meyer D.B., Jacobs J.P., Hill K., Wallace A.S., Bateson B., Jacobs M.L. Variation in Perfusion Strategies for Neonatal and Infant Aortic Arch Repair: Contemporary Practice in the STS Congenital Heart Surgery Database. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2016;7(5):638-44. doi: 10.1177/2150135116658458.

19. Синельников Ю. С., Корнилов И. А., Матюшов В. Н., Иванцов С. М., Горбатов Ю. Н., Сойнов И. А., Кшановская М. С., Васюнин Р. Л. Защита головного мозга при реконструкции дуги аорты у новорожденных. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2013;17(3):4-7. doi: 10.21688/1681-3472-2013-3-4-7

20. Lim C., Kim W.H., Kim S.C., Rhyu J.W., Baek M.J., Oh S.S., Na C.Y., Kim C.W. Aortic arch reconstruction using regional perfusion without circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23(2):149-55. doi: 10.1016/s1010-7940(02)00725-x

21. Lim H.G., Kim W.H., Park C.S., Chung E.S., Lee C.H., Lee J.R., Kim Y.J. Usefulness of regional cerebral perfusion combined with coronary perfusion during one-stage total repair of aortic arch anomaly. *Ann Thorac Surg.* 2010;90(1):50-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.03.067.

22. Luciani G.B., De Rita F., Faggian G., Mazzucco A. An alternative method for neonatal cerebro-myocardial perfusion. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14(5):645-7. doi: 10.1093/icvts/ivr152.

23. Ruffer A., Klopsch C., Münch F., Gottschalk U., Mir T.S., Weil J., Reichenspurner H.C., Cesnjevar R.A. Aortic arch repair: let it beat! *Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;60(3):189-94. doi: 10.1055/s-0030-1271042.

REFERENCES

- Jacobs J.P. The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database Public Reporting Initiative. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery. Pediatric Cardiac Surgery Annual.* 2017; 20:43-48. doi: 10.1053/j.pcsu.2016.09.008
- Poirier N.C., Van Arsdel G.S., Brindle M., Thyagarajan G.K., Coles J.G., Black M.D., Freedom R.M., Williams W.G. Surgical treatment of aortic arch hypoplasia in infants and children with biventricular hearts. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(6):2293-7. doi: 10.1016/s0003-4975(99)01144-3.
- Tulzer A., Mair R., Kreuzer M., Tulzer G. Outcome of aortic arch reconstruction in infants with coarctation: Importance of operative approach. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152(6):1506-1513.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.08.029.
- Barratt-Boyes B.G., Simpson M., Neutze J.M. Intracardiac surgery in neonates and infants using deep hypothermia with surface cooling and limited cardiopulmonary bypass. *Circulation.* 1971; 43 (5 Suppl.): I25-30. doi: 10.1161/01.cir.43.5s1.i-25.
- Kornilov I.A., Sinelnikov Y.S., Soinov I.A., Ponomarev D.N., Kshanoskaya M.S., Krivoshepkina A.A., Gorbatykh A.V., Omelchenko A.Y. Outcomes after aortic arch reconstruction for infants: deep hypothermic circulatory arrest versus moderate hypothermia with selective antegrade cerebral perfusion. *Eur J Cardiothorac Surg.* 201;48(3):e45-50. doi: 10.1093/ejcts/ezv235
- Wypij D., Newburger J.W., Rappaport L.A., duPlessis A.J., Jonas R.A., Wernovsky G., Lin M., Bellinger D.C. The effect of duration of deep hypothermic circulatory arrest in infant heart surgery on late neurodevelopment: the Boston Circulatory Arrest Trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;126(5):1397-403. doi: 10.1016/s0022-5223(03)00940-1.
- Asou T., Kado H., Imoto Y., Shiokawa Y., Tominaga R., Kawachi Y., Yasui H. Selective cerebral perfusion technique during aortic arch repair in neonates. *Ann Thorac Surg.* 1996;61(5):1546-8. doi: 10.1016/0003-4975(96)80002-S.
- McElhinney D.B., Reddy V.M., Silverman N.H., Hanley F.L. Modified Damus-Kaye-Stansel procedure for single ventricle, subaortic stenosis, and arch obstruction in neonates and infants: midterm results and techniques for avoiding circulatory arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1997;114(5):718-25; discussion 725-6. doi: 10.1016/S0022-5223(97)70075-8.
- Pigula F.A., Nemoto E.M., Griffith B.P., Siewers R.D. Regional low-flow perfusion provides cerebral circulatory support during neonatal aortic arch reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(2):331-9. doi: 10.1016/S0022-5223(00)70189-9.
- Tchervenkov C.I., Chu V.F., Shum-Tim D., Laliberte E., Reyes T.U. Norwood operation without circulatory arrest: a new surgical technique. *Ann Thorac Surg.* 2000;70(5):1730-3. doi: 10.1016/s0003-4975(00)01941-x.
- Soynov I.A., Kulyabin Y.Y., Kornilov I.A., Sinelnikov Y.S., Omelchenko A.Y., Nichay N.R., Gorbatykh A.V., Dultceva D.A., Zubritskiy A.V., Arhipov A.N., Chaschin O.V., Gorbatykh Y.N., Bogachev-Prokophkiev A.V. Outcomes after aortic arch reconstruction for infants: deep hypothermic circulatory arrest versus selective antegrade cerebral perfusion. *Transbaikalian Medical Bulletin.* 2018;1: doi: 10.17802/2306-1278-2019-8-3-43-51 (In Russian)

12. Sano S., Mee R.B. Isolated myocardial perfusion during arch repair. *Ann Thorac Surg.* 1990;49(6):970-2. doi: 10.1016/0003-4975(90)90878-a.
13. Lacour-Gayet F., Clarke D., Jacobs J., Comas J., Daebritz S., Daenen W., Gaynor W., Hamilton L., Jacobs M., Maruszewski B., Pozzi M., Spray T., Stellin G., Tchervenkov C., Mavroudis A., Aristotle Committee. The Aristotle score: a complexity-adjusted method to evaluate surgical results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;25(6):911-24. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.03.027.
14. Newburger J.W., Jonas R.A., Wernovsky G., Wypij D., Hickey P.R., Kuban K.C., Farrell D.M., Holmes G.L., Helmers S.L., Constantinou J., Carrazana E., Barlow J.K., Walsh A.Z., Lucius K.C., Share J.C., Wessel D.L., Hanley F.L., Mayer J.E., Costaneda A.R., Ware J.H., et al. A comparison of the perioperative neurologic effects of hypothermic circulatory arrest versus low-flow cardiopulmonary bypass in infant heart surgery. *N Engl J Med.* 1993;329(15):1057-64. doi: 10.1056/NEJM199310073291501.
15. Tchervenkov C.I., Korkola S.J., Shum-Tim D., Calaritis C., Laliberté E., Reyes T.U., Lavoie J. Neonatal aortic arch reconstruction avoiding circulatory arrest and direct arch vessel cannulation. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(5):1615-20. doi: 10.1016/s0003-4975(01)03063-6.
16. Bellinger D.C., Jonas R.A., Rappaport L.A., Wypij D., Wernovsky G., Kuban K.C., Barnes P.D., Holmes G.L., Hickey P.R., Strand R.D., et al. Developmental and neurologic status of children after heart surgery with hypothermic circulatory arrest or low-flow cardiopulmonary bypass. *N Engl J Med.* 1995;332(9):549-55. doi: 10.1056/NEJM199503023320901
17. Korkola S.J., Tchervenkov C.I., Shum-Tim D. Aortic arch reconstruction without circulatory arrest: review of techniques, applications, and indications. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2002;5:116-25. doi: 10.1053/pcsu.2002.31495
18. Meyer D.B., Jacobs J.P., Hill K., Wallace A.S., Bateson B., Jacobs M.L. Variation in Perfusion Strategies for Neonatal and Infant Aortic Arch Repair: Contemporary Practice in the STS Congenital Heart Surgery Database. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2016;7(5):638-44. doi: 10.1177/2150135116658458.
19. Синельников Ю. С., Корнилов И. А., Матюшов В. Н., Иванцов С. М., Горбатов Ю. Н., Соинов И. А., Кшановская М. С., Васюнин Р. Л. Защита головного мозга при реконструкции дуги аорты у новорожденных. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2013;17(3):4-7. doi: 10.21688/1681-3472-2013-3-4-7 [Sinelnikov Yu. S., Kornilov I. A., Matyushov V. N., Ivantsov S. M., Gorbatykh Yu. N., Soynov I. A., Kshanovskaya M. S., Vasyunin R. L. Cerebral protection during aortic arch reconstruction in newborns. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2013;17(3):4-7. (In Russian)]
20. Lim C., Kim W.H., Kim S.C., Rhyu J.W., Baek M.J., Oh S.S., Na C.Y., Kim C.W. Aortic arch reconstruction using regional perfusion without circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2003;23(2):149-55. doi: 10.1016/s1010-7940(02)00725-x
21. Lim H.G., Kim W.H., Park C.S., Chung E.S., Lee C.H., Lee J.R., Kim Y.J. Usefulness of regional cerebral perfusion combined with coronary perfusion during one-stage total repair of aortic arch anomaly. *Ann Thorac Surg.* 2010;90(1):50-7. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.03.067.
22. Luciani G.B., De Rita F., Faggian G., Mazzucco A. An alternative method for neonatal cerebro-myocardial perfusion. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14(5):645-7. doi: 10.1093/icvts/ivr152.
23. Ruffer A., Klopsch C., Münch F., Gottschalk U., Mir T.S., Weil J., Reichenspurner H.C., Cesnjevar R.A. Aortic arch repair: let it beat! *Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;60(3):189-94. doi: 10.1055/s-0030-1271042.

Для цитирования: Шехмаматьев Р.М., Синельников Ю.С., Вронский А.С., Лыжин Е.М., Лазарьков П.В. Методика и непосредственные результаты селективной контролируемой церебральной и миокардиальной перфузии при обструкции дуги аорты у детей. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2022;11(2): 49-59. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-2-49-59

To cite: Shekhmametiev R.M., Sinelnikov Yu.S., Vronsky A.S., Lyzhin E.M., Lazarkov P.V. Methodology and immediate results of selective controlled cerebral and myocardial perfusion for aortic arch obstruction in children. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(2): 49-59. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-2-49-59