

Сравнение методик суживания ветвей легочной артерии у пациентов с врожденными пороками сердца с дуктус-зависимым системным кровообращением

© В.В. СУВОРОВ, В.В. ЗАЙЦЕВ, Н.Г. ПИЛЮГОВ, Р.Б. БАДУРОВ, Д.Д. КУПАТАДЗЕ, М.И. КОМИССАРОВ, Е.В. ДОЛГОВА, Л.М. КОЛБАЯ, И.Ю. АЛЕШИН

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Резюме

Цель исследования. Определение интраоперационных критериев эффективности суживания ветвей легочной артерии (ЛА) при коррекции критических врожденных пороков сердца (ВПС).

Материал и методы. Исследованы результаты лечения 37 пациентов с критическими ВПС, которым выполнена гибридная операция: билатеральное суживание ветвей ЛА и стентирование открытого артериального протока (ОАП). Пациенты разделены на три группы с учетом метода операции. Операция по методу №1 проводится в один этап со стентированием ОАП. После срединной стернотомии накладываются две манжеты из сосудистого протеза Gore-Tex шириной 1—2 мм и диаметром 3—3,5 мм. Метод №2 основывается на применении лавсановой нити при суживании ветвей ЛА. Эффективность операций оценивали по изменению инвазивного артериального давления и насыщения крови кислородом после суживания ветвей ЛА. Метод №3 отличается интраоперационной оценкой кровотока в месте суживания ветвей ЛА. Манжету для билатерального суживания ЛА изготавливали из сосудистого протеза Gore-Tex. Операцию по методике №1 выполнили у 14 (37,8%) пациентов, по методике №2 — у 8 (21,6%), по методике №3 — у 15 (40,6%). Для выявления факторов, влияющих на гемодинамическую эффективность суживания ветвей ЛА, определения степени их влияния на результат применен метод множественной логистической регрессии.

Результаты. В результате применения методики №1 соотношение $Q_p/Q_s=1/1$ отмечено у 5 (35,7%) пациентов, методики №2 — у 3 (37,5%), методики №3 — у 14 (93,3%). По данным статистического анализа выявлено, что методика №3 (отношение шансов (ОШ) 0,013; 95% ДИ 0,001—0,314; $p=0,007$) в сочетании с интраоперационной оценкой показателей кровотока в месте суживания левой ветви ЛА (ОШ 17,526; 95% ДИ 1,944—325,462; $p=0,045$) являются значимыми критериями достижения $Q_p/Q_s=1/1$ при суживании ветвей ЛА у детей с критическими ВПС.

Вывод. Билатеральное суживание ветвей ЛА по методике №3 позволяет наиболее эффективно сбалансировать объемную нагрузку малого и большого кругов кровообращения у пациентов с критическими ВПС. Методика №3 в сочетании с интраоперационной оценкой кровотока в месте суживания ветвей ЛА является наиболее оптимальным критерием достижения соотношения $Q_p/Q_s=1/1$.

Ключевые слова: гибридная операция, гибридная операция Норвуда, билатеральное суживание легочной артерии, суживание легочной артерии, суживание ветвей легочной артерии, лечение критических ВПС.

Информация об авторах:

Суворов В.В. — <https://orcid.org/0000-0002-4683-1454>

Зайцев В.В. — e-mail: doctor812@rambler.ru

Пилюгов Н.Г. — <https://orcid.org/0000-0002-5905-683X>

Бадуров Р.Б. — e-mail: badurov.r@gmail.com

Купатадзе Д.Д. — <https://orcid.org/0000-0002-7806-4608>

Комиссаров М.И. — e-mail: komissarov_m_i@mail.ru

Долгова Е.В. — e-mail: dolgova.neonatologist@gmail.com

Колбая Л.М. — e-mail: levterletter@mail.ru

Алешин И.Ю. — e-mail: ivanaleshinspb@gmail.com

Автор, ответственный за переписку: Суворов В.В. — e-mail: vitalikkrak@gmail.com

Как цитировать:

Суворов В.В., Зайцев В.В., Пилюгов Н.Г., Бадуров Р.Б., Купатадзе Д.Д., Комиссаров М.И., Долгова Е.В., Колбая Л.М., Алешин И.Ю. Сравнение методик суживания ветвей легочной артерии у пациентов с врожденными пороками сердца с дуктус-зависимым системным кровообращением. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2023;16(1):24–31.

<https://doi.org/10.17116/kardio20231601124>

Techniques for pulmonary artery narrowing in patients with congenital heart disease and ductal-dependent systemic circulation

© V.V. SUVOROV, V.V. ZAITSEV, N.G. PILYUGOV, R.B. BADUROV, D.D. KUPATADZE, M.I. KOMISSAROV, E.V. DOLGOVA, L.M. KOLBAYA, I.YU. ALESHIN

St. Petersburg State Pediatric Medical University, St. Petersburg, Russia

Abstract

Objective. To determine intraoperative criteria of effectiveness of pulmonary artery narrowing in correction of critical congenital heart defects (CHD).

Material and methods. We analyzed treatment outcomes in 37 patients with critical CHD who underwent hybrid surgery (bilateral pulmonary artery narrowing and stenting of patent ductus arteriosus (PDA)). Patients were divided into 3 groups depending on surgery. The first procedure was carried out in one stage with PDA stenting. After median sternotomy, two Gore-Tex vascular cuffs 1—2 mm wide and 3—3.5 mm in diameter were applied. Method No. 2 was based on the use of lavsan thread for pulmonary artery narrowing. Effectiveness of surgeries was assessed considering invasive blood pressure and oxygen saturation after pulmonary artery narrowing. Method No. 3 was distinguished by intraoperative assessment of blood flow at the site of pulmonary artery narrowing. A cuff for bilateral narrowing was made from a Gore-Tex vascular prosthesis. Surgery No. 1 was performed in 14 (37.8%) patients, No. 2 — in 8 (21.6%) patients, No. 3 — in 15 (40.6%) patients. Multiple logistic regression was used to identify the factors influencing hemodynamic efficiency of pulmonary artery narrowing.

Results. All procedures resulted Qp/Qs=1/1 in 5 (35.7%), 3 (37.5%) and 14 (93.3%) patients, respectively. Statistical analysis revealed that technique No. 3 (odds ratio (OR) 0.013; 95% CI 0.001—0.314; $p=0.007$) combined with intraoperative assessment of blood flow at the site of narrowing of the left pulmonary artery (OR 17.526; 95% CI 1.944—325.462; $p=0.045$) were significant criteria for achieving Qp/Qs=1/1 after surgery in children with critical CHD.

Conclusion. The third method of bilateral pulmonary artery narrowing contributes to the most effective balance of pulmonary and systemic circulation in patients with critical CHD. This approach combined with intraoperative assessment of blood flow at the site of pulmonary artery narrowing is the most optimal criterion for achieving the ratio Qp/Qs=1/1.

Keywords: hybrid surgery, Norwood hybrid surgery, bilateral pulmonary artery narrowing, pulmonary artery narrowing, treatment of critical CHD.

Information about the authors:

Suvorov V.V. — <https://orcid.org/0000-0002-4683-1454>

Zaitsev V.V. — e-mail: doctor812@rambler.ru

Pilyugov N.G. — <https://orcid.org/0000-0002-5905-683X>

Badurov R.B. — e-mail: badurov.r@gmail.com

Kupatadze D.D. — <https://orcid.org/0000-0002-7806-4608>

Komissarov M.I. — e-mail: komissarov_m_i@mail.ru

Dolgova E.V. — e-mail: dolgova.neonatologist@gmail.com

Kolbaya L.M. — e-mail: levterletter@mail.ru

Aleshin I.Yu. — e-mail: ivanaleshinspb@gmail.com

Corresponding author: Suvorov V.V. — e-mail: vitalikkrak@gmail.com

To cite this article:

Suvorov VV, Zaitsev VV, Pilyugov NG, Badurov RB, Kupatadze DD, Komissarov MI, Dolgova EV, Kolbaya LM, Aleshin IYu. Techniques for pulmonary artery narrowing in patients with congenital heart disease and ductal-dependent systemic circulation. *Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg. = Kard. i serd.-sosud. khir.* 2023;16(1):24–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio20231601124>

Актуальность

Одной из немногих групп врожденных патологий сердца и магистральных сосудов, которая за последнее время претерпела значимые изменения в диагностике, тактике, методах и результатах лечения, являются критические пороки, сопряженные с дуктус-зависимым системным кровообращением и функционально единственным желудочком (ФЕЖ) сердца. Зачастую временная стабилизация состояния таких пациентов после рождения обеспечивается фетальным кровообращением за счет функционирования внутриутробных коммуникаций. Крайним вариантом такой патологии является синдром гипоплазии левых отделов сердца (СГЛОС).

Врожденные пороки сердца (ВПС) с ФЕЖ составляют существенную долю среди критических пороков сердца. На сегодняшний день существует несколько методов хирургического лечения таких пациентов, но большинство кардиохирургических клиник придерживается трехэтапного подхода [1—3].

Цели и задачи каждого из этапов гемодинамической коррекции ВПС с физиологией ФЕЖ сердца, в том числе некоторых критических пороков сердца, едины. Уже на первом этапе лечения возникают сложности в выборе способа хирургической коррекции, каждый из которых имеет свои риски и особенности. Так, у пациентов с ВПС с СГЛОС операция Норвуда, безусловно, способствует достижению цели первого этапа гемодинамической коррекции, но требует

сложной хирургической реконструкции в условиях искусственного кровообращения в сочетании с необходимостью достижения оптимального баланса системного и легочного кровотока на фоне повышения потребностей миокарда в кислороде [4, 5]. Кроме того, последствия перенесенного искусственного кровообращения в неонатальном периоде, глубокой гипотермии, циркуляторного ареста и/или изолированной региональной церебральной перфузии при реконструкции дуги аорты способствуют повышению риска гемодинамической нестабильности в раннем послеоперационном периоде и инсульта, увеличивая тем самым риск летального исхода [6, 7]. Появление такого способа коррекции позволило сделать большой шаг в хирургии ВПС с ФЕЖ сердца и улучшить результаты лечения, что привело к снижению летальности [1, 8—10]. Однако среди группы новорожденных с повышенным риском фатальных осложнений летальность все еще остается высокой [11, 12, 14]. Согласно опубликованным данным, низкая масса тела при рождении, недоношенность, предоперационный шок, острая почечная недостаточность, гипоплазия восходящего отдела аорты, рестриктивное овальное окно, экстракардиальные и хромосомные аномалии являются наиболее значимыми факторами риска летального исхода после операции Норвуда в периоде новорожденности [13, 15, 16].

В связи с сопряженными рисками тяжелых осложнений, которые в значительной мере ухудшали прогноз лечения, гибридная модификация операции Норвуда возникла как альтернативный вариант «классической» операции первого этапа гемодинамической коррекции [17—19]. В отличие от операции Норвуда гибридное вмешательство не требует искусственного кровообращения, гипотермии и циркуляторного ареста или региональной мозговой перфузии. Таким образом, менее инвазивное вмешательство позволяет избежать нежелательных рисков, что значительно улучшает результаты хирургической коррекции [6, 20,

21, 26]. Кроме того, эти преимущества позволяют рассматривать гибридное вмешательство как операцию выбора для группы пациентов с высоким риском фатальных осложнений [22—24].

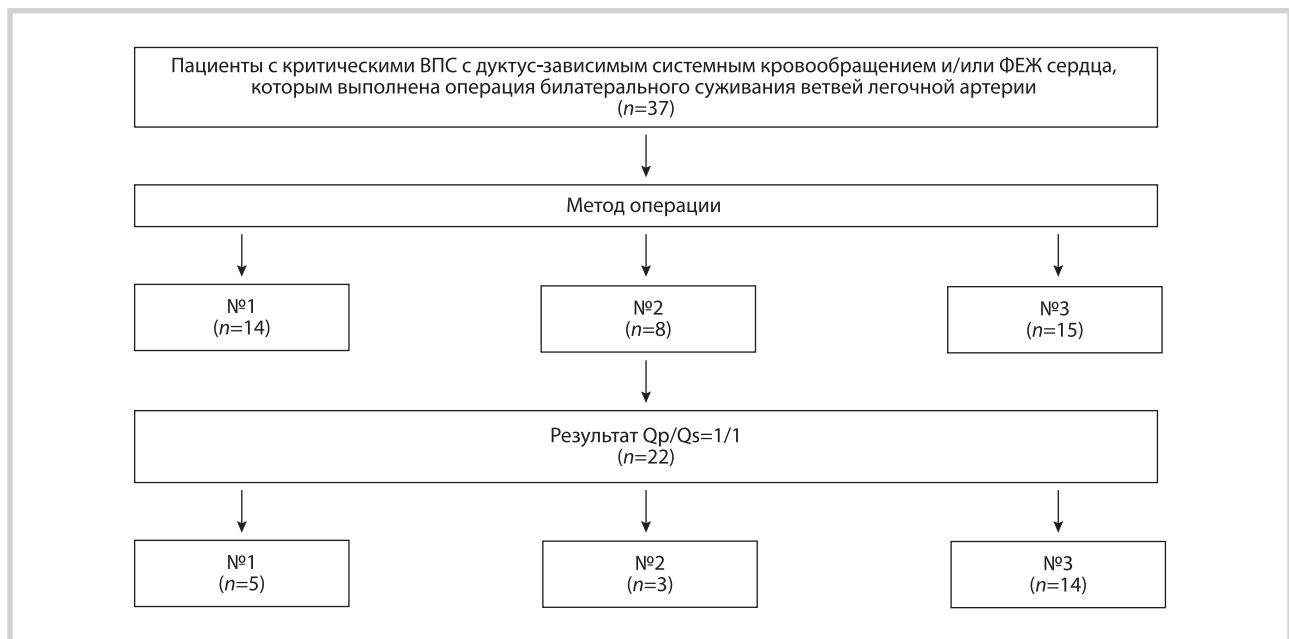
Такой способ позволил достичь высокой эффективности гемодинамической коррекции путем суживания ветвей легочных артерий (ЛА). Учитывая результаты различных методик, а также их вариабельность в хирургических критериях, одной из главных сложностей при суживании ветвей ЛА до сих пор является интраоперационное определение эффективности балансирования кровотока между малым и большим кругами кровообращения.

Цель исследования — определение интраоперационных критериев эффективности суживания ветвей ЛА при коррекции критических ВПС.

Материал и методы

Ретроспективное одноцентровое когортное исследование базируется на результатах анализа лечения 37 пациентов с критическими ВПС, которым выполнена гибридная операция: билатеральное суживание ветвей легочной артерии и стентирование открытого артериального протока (ОАП) (заключение локального Этического комитета СПбГПМУ №04/06 от 26.04.21). Конечная точка: достижение критериев балансирования кровотока между малым и большим кругами кровообращения в результате выполненной операции. Схема исследования представлена на **рисунке**.

Критериям включения в исследование отвечали дети с критическим ВПС с дуктус-зависимым системным кровообращением и/или ФЕЖ сердца, которым выполнена операция билатерального суживания ветвей ЛА. *Критериями исключения* из исследования были иные ВПС и операции, отличные от билатерального суживания ветвей ЛА.



Формирование выборки исследования.

Study flowchart.

Интраоперационные критерии эффективности суживания ветвей ЛА при коррекции критических ВПС определяли по достижению показателей балансирования кровотока между малым и большим кругами кровообращения.

Критериями эффективности операции в нашем исследовании являлись:

1) целевые значения различных показателей сбалансированного кровотока в малом и большом кругах кровообращения (Qr/Qs); последние оценивали в соответствии с рекомендациями D. Klauwег и соавт. [28]:

— PaO₂ >40±5 мм рт.ст.;

— SpO₂ 75—85% при нормальной функции легких (т.е. при SaO₂ в легочных венах 100%), нормовентиляции (FiO₂ 21—30%), нормальных показателях АД и гемоглобина крови;

2) интраоперационная оценка кровотока с помощью эхокардиографии (ЭхоКГ) в месте суживания ветвей ЛА: максимальная скорость потока >3 м/с, стенотический характер потока в фазу диастолы.

Методика операции отличалась в связи с различными интраоперационными критериями билатерального суживания с целью балансирования малого и большого кругов кровообращения. Таким образом, пациенты разделены с учетом метода операции, которые предложены К. Kitahori и соавт. (2010), М. Galantowicz и соавт. (2009) и Д.О. Биришвили и соавт. (2010).

Описание методик билатерального суживания ветвей ЛА

Методика №1 [27]

Операцию выполняют в гибридной операционной одноэтапно со стентированием ОАП. После срединной стернотомии изготавливают две манжеты из протеза Gore-Tex диаметром 3,5 мм (3 мм для пациентов с массой тела <2 кг). Отрезают кольца шириной 1—2 мм. Каждое кольцо разрезают и накладывают горизонтальный матрацный шов нитью 5/0.

Правую ЛА (ПЛА) необходимо мобилизовать на небольшом протяжении между восходящим отделом аорты и верхней полой веной. Следует обойти сосуд без включения какой-либо местной ткани, чтобы суживание артерии определялось исключительно диаметром манжеты. Затем манжету необходимо провести вокруг ПЛА и затянуть сформированным швом. Для предотвращения миграции манжеты нужно фиксировать ее к адвентиции артерии дополнительным швом.

Степень суживания ветви ЛА определяют во время операции, учитывая вес ребенка, размер ЛА, реакцию системного артериального давления и сатурации на затягивание повязки (обычно это повышение артериального давления на 10 пунктов и падение насыщения кислородом (SpO₂)). Манжеты, затянутые примерно до 3,3 мм (немного меньше, чем исходный диаметр протеза), способствуют адекватному балансированию системного и легочного кровотока и не приводят к избыточному суживанию артерий.

Мобилизация левой ЛА (ЛЛА) значительно облегчается перемещением хирурга на левую сторону от пациента. Это позволяет более точно разместить манжету в устье ЛЛА. С левой стороны верхняя долевая ветвь ЛЛА начина-

ется раньше, чем у ПЛА, что подвергает ее большему риску компрометации в случае расположения манжеты дистальнее устья.

ЛЛА также необходимо мобилизовать на минимальном участке, затем манжету позиционируют, шов затягивают. Дополнительным швом выполняют фиксацию манжеты к адвентиции артерии. После суживания ЛЛА появляются типичные изменения гемодинамики: повышение артериального давления на 10 пунктов и снижение сатурации на 10 пунктов. Если есть сомнения в достаточном суживании просвета ветвей ЛА, возможна контрольная ангиография.

После билатерального суживания ЛА выполняют стентирование ОАП через интродьюсер, введенный в ствол ЛА.

Методика №2 [17]

Первый этап выполняли в стандартной кардиохирургической операционной. Для эндоваскулярного этапа применяли мобильную ангиографическую установку. Операцию выполняли через левосторонний боковой торако-отомный доступ или срединную стернотомию. Поочередно суживали ЛА (сначала левую, затем правую). Для создания манжет применяли лавсановую нить толщиной 1 мм. Суживание выполняли на буже диаметром 3 мм при массе пациента >2,5 кг и 2 мм при массе ребенка <2,5 кг. Стентирование ОАП производили через интродьюсер, установленный в легочный ствол. Длину и диаметр протока измеряли в латеральной проекции. Диаметр стента подбирали так, чтобы он превосходил минимальный размер области протока на 2 мм.

Методика №3 [21]

Во время операции целевые значения насыщения крови кислородом (SaO₂) необходимо поддерживать на уровне около 80%. Хирургическим доступом является срединная стернотомия. Манжету для суживания ветвей ЛА изготавливают из сосудистого политетрафторэтиленового протеза. Протез разрезают в продольном направлении так, чтобы получилась полоса шириной 2 мм. Длина полоски, необходимая для ЛЛА, определяется по формуле «7 мм + вес пациента», выраженного как 1 мм на каждый 1 кг. Для ПЛА используют формулу «7,5 мм + вес пациента». Длину отмечают маркером на каждом конце манжеты. Если вес ребенка является не круглым числом, то его округляют с шагом 0,5 мм на каждые 0,5 кг, а доли 0,25 и 0,75 кг — в меньшую и большую сторону соответственно. Таким образом, длина может отличаться на величину, кратную 0,5 мм. Во время суживания ветвей ЛА долю вдыхаемого кислорода рекомендовано поддерживать на уровне 21%. Интраоперационно необходимо выполнять эхокардиографию для выявления снижения кровотока в легочной вене и ускорения кровотока в месте суживания легочных артерий. Если после суживания ветвей легочных артерий определяется SaO₂ >85%, а ускорение потока <2 м/с, манжету необходимо дополнительно сузить с шагом 0,5 мм, начиная с ПЛА. Напротив, если SaO₂ <75%, манжету ЛА необходимо ослабить в обратном порядке. Идеальная цель — интраоперационное ускорение потока >3 м/с, однако ускорение в пределах от 2 до 3 м/с приемлемо.

Стентирование ОАП выполняют интервенционным способом при необходимости следующим этапом. Предпочтение отдается постоянной инфузии препаратов простагландинов для профилактики закрытия ОАП до операции Норвуда.

Статистический анализ

Статистическую обработку осуществляли с помощью программы IBM SPSS Statistics (США) для Windows. Сравнение трех групп с количественными данными и при их нормальном распределении проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA). При ненормальном распределении использован критерий Краскела—Уоллиса. Для сравнения групп с качественными данными анализ выполнен с помощью теста Кохрейна (Cochrane's Q-test).

Для выявления факторов, влияющих на гемодинамическую эффективность суживания ветвей легочной артерии, определения степени их влияния на результат ($Q_p/Q_s=1/1$) применены методы однофакторной и многофакторной логистической регрессии. В анализ включен 31 фактор риска. Уровень статистической значимости принят за 0,05.

Результаты

Пациенты разделены на группы с учетом диагноза ВПС: СГЛОС, комплекс гипоплазии левых отделов сердца (КГЛОС), другие формы ФЕЖ сердца и критических ВПС.

СГЛОС был у 17 (46%) пациентов, КГЛОС — у 11 (29,7%). Среди этой группы пациентов критический стеноз аортального клапана (АК) с пограничными размерами фиброзного кольца имелся у 9 (24,3%) пациентов. При этом у 3 (8,1%) детей в первые часы после рождения развился острый отек легких, который потребовал мероприятий сердечно-легочной реанимации с последующей хирургической коррекцией в экстренном порядке. Пять (13,5%) пациентов имели перерыв дуги аорты. Полная несбалансированная форма атриоventрикулярной коммуникации (АВК) в сочетании с критической коарктацией аорты (КоА) была у 3 (8,1%) детей. У 1 (2,7%) пациента отмечена корригированная транспозиция магистральных артерий с эбштейноподобным трикуспидальным клапаном в сочетании с его тяжелой недостаточностью и тяжелым стенозом АК. Средний возраст пациентов на момент операции был 10,3 сут (минимальный — 0 сут, максимальный — 74 сут). Средний вес составил 3250 г (минимальный — 1800 г, максимальный — 4240 г). Более детальная характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Операцию по методике №1 выполнили у 14 (37,8%) пациентов, по методике №2 — у 8 (21,6%), по методике №3 — у 15 (40,6%). Цель операции достигнута у 22 (59,5%) больных. В результате применения методики №1 соотношение $Q_p/Q_s=1/1$ было достигнуто у 5 (35,7%) из 14 пациентов, методики №2 — у 3 (36,5%) из 8, методики №3 — у 14 (93,3%) из 15. Госпитальная летальность составила 27% ($n=10$). Среди последних 7 (18,9%) пациентов поступили в нестабильном декомпенсированном клиническом состоянии: у 5 (13,5%) больных отмечали лактат-ацидоз выше 4 ммоль/л, у 7 (18,9%) — явления острой почечной недостаточности (ОПН) с олиго- или анурией, у 4 (10,8%) — при-

знаки некротического энтероколита (НЭК), у 1 (2,7%) — перфорацию кишки и перитонит. Выраженные нарушения сократительной функции левого или функционально единственного желудочка (<50%) в дооперационном периоде были у всех пациентов этой группы. Кроме того, в 4 (10,8%) случаях имелась тяжелая недостаточность АВ-клапана. Среди пациентов этой группы 5 (13,5%) были недоношенными, масса их составила <3000 г на момент операции. Хромосомные аномалии отмечали у 7 (18,9%) пациентов (синдром Дауна, синдром Шерешевского—Тернера, синдром Ди-Джорджи). Четыре пациента умерли в результате вторичных осложнений (НЭК, перитонит). Тромбоз стента ОАП отмечен у 1 (2,7%) пациента. При ОПН выполняли дренирование брюшной полости с целью перитонеального диализа. Также следует отметить, что в раннем послеоперационном периоде у 2 (5,4%) пациентов 1-й группы выполнена повторная операция в связи с признаками недостаточного ограничения легочного кровотока.

По результатам статистического анализа выявлено, что методика операции №3 в сочетании с интраоперационной оценкой показателей кровотока в месте суживания ЛЛА является статистически значимым критерием достижения $Q_p/Q_s=1/1$ при суживании ветвей легочной артерии у детей с критическими ВПС с дуктус-зависимым системным кровообращением (табл. 2).

Обсуждение

Несмотря на недостатки гибридной операции, во многих клиниках мира на сегодняшний день этот способ коррекции остается одним из сравнительно безопасных и предпочтительных при лечении детей со сложными ВПС [15, 20, 21]. Возможность коррекции критического порока с меньшими рисками позволит поддержать тенденцию по снижению смертности среди новорожденных детей и сохранить приоритет развития неонатальной хирургии врожденных пороков развития [17].

По данным [21, 25], у пациентов с некоторыми формами критических ВПС, такими как перерыв дуги аорты, тяжелый стеноз АК, корригированная транспозиция магистральных артерий с обструкцией левых отделов сердца, и другими дуктус-зависимыми ВПС операция по суживанию ветвей ЛА и стентированию ОАП способствует стабилизации клинического состояния.

В опубликованных материалах описано несколько методик этой операции, которые имеют различные критерии достижения балансирования малого и большого кругов кровообращения [17, 21, 27]. Для определения отношения объемного кровотока в кругах кровообращения (Q_p/Q_s) некоторые авторы рекомендуют ориентироваться на перкутанную сатурацию крови кислородом (SpO_2) и изменение показателей инвазивной манометрии артериального давления в момент суживания ветвей ЛА [21, 27]. Однако при наличии, например, патологии легких, нарушений насосной функции сердца, гемодинамических эффектов от ИВЛ, анагоседации и интенсивной терапии эти показатели могут исказить реальные данные, свидетельствующие о степени ограничения кровотока в ЛА. Такие критерии способствуют увеличению риска повторной операции в связи с избыточным или недостаточным суживанием ЛА.

Таблица 1. Основные демографические и клинические характеристики пациентов

Table 1. Demographic and clinical characteristics of patients

Характеристика	1-я группа	2-я группа	3-я группа	p-критерий
Общее число пациентов, n (%)	14 (37,8)	8 (21,6)	15 (40,5)	—
Мужской пол, n (%)	6 (42,9)	0	7 (46,7)	0,069
Возраст на момент операции, сут	13±5,8	4,8±2,1	10,7±1,7	0,93
Вес, г	3249±109,4	2840±290	3468±139,2	0,053
Недоношенность, n (%)	2 (14,3)	3 (37,5)	1 (6,7)	0,097
МВПР, n (%)	2 (14,3)	0	6 (40)	0,018
СГЛОС (тип), n (%):	6 (42,8)	4 (50)	7 (46,7)	0,687
АМК, ААК	2 (14,3)	1 (12,5)	4 (26,7)	
СМК, ААК	2 (14,3)	0	0	
АМК, САК	1 (7,1)	1 (12,5)	1 (6,7)	
СМК, САК	1 (7,1)	2 (25)	2 (13,3)	
КГЛОС, n (%)	6 (42,8)	2 (25)	3 (20)	
Другие ВПС с ФЕЖ, n (%)	2 (14,3)	2 (25)	5 (33,3)	
Тяжелая недостаточность АВ-клапана, n (%)	1 (7,1)	1 (12,5)	3 (20)	0,449
Фракция выброса левого (или функционально единственного) желудочка по Тейхольц <50%, n (%)	7 (50)	2 (25)	5 (33,3)	0,417
Декомпенсированное клиническое состояние при поступлении, n (%)	6 (42,8)	4 (50)	3 (20)	0,607
RACHS-1 (модифицированная)	51,9±2,4	54,2±2,7	51,7±1,8	0,596
Генетические аномалии, n (%)	4 (28,6)	0	4 (26,7)	0,174
Неотложная операция, n (%)	5 (35,7)	2 (25)	4 (26,7)	0,846
Длительность искусственной вентиляции легких, сут	9,4±1,9	14,8±6,1	20,9±11,9	0,487
Длительность нахождения в отделении реанимации, сут	17,3±5	17,6±5,6	26,5±11,5	0,986
Атриосептостомия, n (%)	4 (28,6)	5 (62,5)	9 (60)	0,247
Периметр манжеты ЛЛА, мм	9±0,2	9,4±0,2	10,5±0,2	<0,001
Периметр манжеты ПЛА, мм	9,1±0,2	9,5±0,2	10,6±0,2	<0,001
V _{max} ПЛА интраоперационно, м/с	3,4±0,1	3,2±0,2	3,6±0,1	0,013
V _{max} ЛЛА интраоперационно, м/с	3,4±0,2	3,2±0,2	3,8±0,1	0,008
V _{mean} ПЛА интраоперационно, м/с	1,6±0,1	1,5±0,2	1,6±0,1	0,514
V _{mean} ЛЛА интраоперационно, м/с	1,6±0,1	1,4±0,2	1,7±0,1	0,064
Перитонеальный диализ, n (%)	6 (42,8)	4 (50)	5 (33,3)	0,819
РаО ₂ до операции, мм рт.ст.	61,4±2,4	53,8±2,0	54,1±1,9	0,029
РаО ₂ после операции, мм рт.ст.	43,7±1,6	40,1±1,7	41,5±1,9	0,256
SaO ₂ до операции, %	96,2±0,9	97,8±0,7	92,9±2,3	0,149
SaO ₂ после операции, %	88,1±1,6	83,6±3,0	80,0±1,8	0,015
Уровень лактата до операции, ммоль/л	3,8±0,5	5,3±2,2	2,5±0,4	0,067
Уровень лактата после операции, ммоль/л	4,3±1,3	4,6±1,1	1,8±1,2	0,017
Qp/Qs=1/1 после операции, n (%)	5 (35,7)	3 (37,5)	14 (93,3)	0,03

Примечание. МВПР — множественные врожденные пороки развития; АМК — атрезия митрального клапана; ААК — атрезия аортального клапана; СМК — стеноз митрального клапана; САК — стеноз аортального клапана; АВ — атриовентрикулярный; RACHS — шкала риска операции при врожденных пороках сердца; V_{max} — максимальная скорость кровотока; V_{mean} — средняя скорость кровотока; Qp/Qs=1/1 — сбалазирование малого и большого кругов кровообращения.

Таблица 2. Влияние факторов риска на эффективность операции

Table 2. Influence of risk factors on effectiveness of surgery

Фактор	Однофакторный регрессионный анализ		Множественный регрессионный анализ	
	ОШ [ДИ 95%]	p-критерий	ОШ [ДИ 95%]	p-критерий
Наличие генетической аномалии	0,1 [0,011—0,93]	0,043	0,04 [0,002—2,852]	0,1
Методика операции №3	0,29 [0,003—0,296]	0,003	0,013 [0,001—0,314]	0,007
СтОАП + БС ЛА	6,8 [1,199—38,558]	0,03	4,9 [0,38—51,7]	0,29
V _{max} ПЛА	18,052 [1,816—179,461]	0,014	0,13 [0,639—138,6]	0,909
V _{max} ЛЛА	15,872 [2,265—111,231]	0,005	0,69 [0,094—106,71]	0,406
V _{mean} ЛЛА	26,395 [2,184—319]	0,01	17,526 [1,944—325,462]	0,045
SaO ₂ после операции	0,866 [0,775—0,969]	0,012	0,012 [0,185—17,19]	0,914

Примечание. СтОАП + БС ЛА — стентирование ОАП в один этап с билатеральным суживанием ЛА.

Основной задачей нашего исследования являлось выявление интраоперационных критериев эффективности балансирования кровотока между малым и большим кругами кровообращения при операции суживания ветвей ЛА. Мы изучили результаты трех методик билатерального суживания ветвей ЛА и стентирования ОАП у детей с критическими ВПС, которые предложены К. Kitahogi и соавт., М. Galantowicz и соавт. и Д.О. Берншвили и соавт. [17, 21, 27]. Основными отличиями этих методик являлись критерии оценки эффективности выполненной операции. Сложность достижения этой цели заключается в том, что на гемодинамику малого и большого кругов кровообращения оказывает воздействие множество периоперационных факторов (парциальное давление кислорода и углекислого газа в артериальной и венозной крови, ИВЛ, применение препаратов из группы простагландинов, инотропных и вазопрессорных медикаментов, инфузионная нагрузка, гидробаланс и др.) [28]. Избежать влияния большинства из них невозможно, что требует определения универсального критерия оценки Qp/Qs у данной группы пациентов. РаО₂ и SpO₂ зачастую не соответствуют целевым значениям и не отражают истинный эффект от суживания ветвей ЛА при некоторых критических пороках, при которых имеется антеградный поток в аорту из левого желудочка. Среди пациентов с критическим состоянием, например при остром отеке легких или централизации кровообращения в результате нарушения системной перфузии, оценить эффективность выполненной операции по этим критериям также сложно. Поэтому зачастую в послеоперационном периоде имеются признаки недостаточного или избыточного суживания ветвей легочной артерии, что может потребовать повторной операции.

В нашем исследовании эффективность операции составила 59,5% (22 из 37). С учетом разделения групп в соответствии с методикой операции соотношение Qp/Qs=1/1 было достигнуто у 5 (35,7%) из 14 пациентов в 1-й группе, у 3 (36,5%) из 8 — во 2-й группе и у 14 (93,3%) из 15 — в 3-й группе. В 1-й группе у 3 (21,4%) пациентов в раннем послеоперационном периоде отмечали признаки гиперволемии малого круга кровообращения, что потребовало повторного вмешательства. Рестрикция межпредсердного сообщения отмечена у 18 (48,7%) пациентов. У 3 (8,1%) из них этап атриосептостомии был выполнен в первую очередь. После процедуры Рашкинда у этих пациентов развились выраженные нарушения гемодинамики в виде гипотензии, брадикардии с эпизодами снижения SpO₂, что требо-

вало многокомпонентной инотропной терапии, увеличения волемической нагрузки, коррекции вентиляционных параметров, а также операции в экстренном порядке. Учитывая высокий риск такого осложнения при признаках рестрикции на уровне межпредсердной перегородки, целесообразно первым этапом выполнять суживание ветвей ЛА с последующей атриосептостомией.

К. Kitahogi и соавт. [17] отмечают высокую эффективность интраоперационной оценки потоковых характеристик в месте суживания ветвей ЛА с помощью ЭхоКГ. Такая методика применена у 15 (40,6%) из 37 пациентов, среди которых только в 1 случае отмечались признаки недостаточного ограничения кровотока в ПЛА, что впоследствии отразилось на развитии легочной гипертензии в бассейне ПЛА. При этом длительность ИВЛ у данного пациента составила 3 сут, что свидетельствует о незначительном негативном последствии нарушения гемодинамики. Доля пациентов, у которых удалось достигнуть цель операции (Qp/Qs=1/1), составила 93,3%. По результатам нашего исследования, применение этой методики значительно увеличивает шансы гемодинамически эффективной операции (ОШ 0,013; 95% ДИ 0,001—0,314; $p=0,007$). Кроме того, увеличение вероятности балансирования малого и большого кругов кровообращения достигалось путем интраоперационной оценки показателей кровотока в месте суживания левой ветви легочной артерии (ОШ 17,526; 95% ДИ 1,944—325,462; $p=0,045$). Для минимизации рисков гиперволемии малого круга кровообращения считаем целесообразным оценивать эффективность суживания, в том числе правой ветви ЛА.

Вывод

Билатеральное суживание ветвей ЛА позволяет эффективно сбалансировать объемную нагрузку малого и большого кругов кровообращения у пациентов с критическими ВПС. В результате проведенного исследования выявлено, что применение методики операции №3 в сочетании с интраоперационной оценкой показателей кровотока в месте суживания ветвей ЛА является наиболее оптимальным критерием достижения соотношения Qp/Qs=1/1.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Павличев Г.В., Подоксенов А.Ю., Янулевич О.С., Ершова Н.В., Кривошеков Е.В. Обструкция дуги аорты после операции Норвуда у детей с синдромом гипоплазии левых отделов сердца. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2014;18(2):13-16. Pavlichev GV, Podoksenov AYU, Yanulevich OS, Ershova NV, Krivoshechekov EV. Aortic arch obstruction after the Norwood procedure in children with hypoplastic left heart syndrome. *Circulatory pathology and cardiac surgery*. 2014;18(2):13-16. (In Russ.). <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2014-2-13-16>
2. Schidlow DN, Anderson JB, Klitzner TS, et al. Variation in interstage outpatient care after the Norwood procedure: a report from the Joint Council on Congenital Heart Disease National Quality Improvement Collaborative. *Congenit Heart Dis*. 2011;6:98-107. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0803.2011.00509.x>
3. Davies RR, Pizarro C. Decision-making for surgery in the management of patients with univentricular heart. *Front Pediatr*. 2015;3:61-80. <https://doi.org/10.3389/fped.2015.00061>
4. Norwood WI, Kirklin JK, Sanders SP. Hypoplastic left heart syndrome: experience with palliative surgery. *The American journal of cardiology*. 1980;45:87-91. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(80\)90224-6](https://doi.org/10.1016/0002-9149(80)90224-6)

5. Ohye RG, Sleeper LA, Mahony L, et al. Comparison of shunt types in the Norwood procedure for single-ventricle lesions. *The New England journal of medicine*. 2010;362:1980-1992. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0912461>
6. Honjo O, Benson LN, Mewhort HE, et al. Clinical outcomes, program evolution, and pulmonary artery growth in single ventricle palliation using hybrid and Norwood palliative strategies. *The Annals of thoracic surgery*. 2009;87:1885-1892; discussion 92-93. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.03.061>
7. Kussman BD, Gauvreau K, DiNardo JA, et al. Cerebral perfusion and oxygenation after the Norwood procedure: comparison of right ventricle-pulmonary artery conduit with modified Blalock-Taussig shunt. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2007;133:648-655. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.09.034>
8. Norwood WI, Lang P, Hansen DD. Physiologic repair of aortic atresia-hypoplastic left heart syndrome. *N Engl J Med*. 1983;308:23-26.
9. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Марченко С.П. и др. Факторы риска стерильной инфекции у детей после кардиохирургических операций. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2014;48(4):218-223.
Khubulava GG, Shikverdiev NN, Marchenko SP, et al. Risk factors for sternal infection in children after cardiac surgery. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2014;48(4):218-223. (In Russ.).
10. Sano S, Ishino K, Kawada M, Arai S, Kasahara S, Asai T, et al. Right ventricle-pulmonary artery shunt in first-stage palliation of hypoplastic left heart syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126:504-510. [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(02\)73575-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(02)73575-7)
11. Azakie A, Martinez D, Sapru A, Fineman J, Teitel D, Karl TR. Impact of right ventricle to pulmonary artery conduit on outcome of the modified Norwood procedure. *Ann Thorac Surg*. 2004;77:1727-1733. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2003.10.002>
12. Ishino K, Stumper O, DeGiovanni JJ, Silove ED, Wright JG, Sethia B, et al. The modified Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome: Early to intermediate results of 120 patients with particular reference to aortic arch repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1999;117:920-930. [https://doi.org/10.1016/s0022-5223\(99\)70373-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5223(99)70373-9)
13. Gaynor JW, Mahle WT, Cohen MI, et al. Risk factors for mortality after the Norwood procedure. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002;22:82-89. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00198-7](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00198-7)
14. McGuirk SP, Griselli M, Stumper OF, et al. Staged surgical management of hypoplastic left heart syndrome: A single institution 12 year experience. *Heart*. 2006;92:364-370. <https://doi.org/10.1136/hrt.2005.068684>
15. Pizarro C, Derby CD, Baffa JM, Murdison KA, Radtke WA. Improving the outcome of high-risk neonates with hypoplastic left heart syndrome: Hybrid procedure or conventional surgical palliation? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008;33:613-618. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.042>
16. Tanem J, Rudd N, Rauscher J, Scott A, Frommelt MA, Hill GD. Survival After Norwood Procedure in High-Risk Patients. *Ann Thorac Surg*. 2020;109(3):828-833. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.07.070>
17. Беришвили Д.О. Паллиативные операции без искусственного кровообращения как средство неотложной помощи новорожденным с врожденными пороками сердца: Дис. ... д-ра мед. наук. М. 2010.
18. Berishvili DO. *Palliative off-pump surgery for emergency care in newborns with congenital heart defects*: Дис. ... д-ра. мед. наук. М. 2010. (In Russ.).
19. Brescia AA, Jureidini S, Danon S, et al. Hybrid versus Norwood procedure for hypoplastic left heart syndrome: contemporary series from a single center. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2014;147:1777-1782. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.02.066>
20. Dave H, Rosser B, Knirsch W, et al. Hybrid approach for hypoplastic left heart syndrome and its variants: the fate of the pulmonary arteries. *European journal of cardio-thoracic surgery: official journal of the European Association for Cardiothoracic Surgery*. 2014;46:14-19. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt604>
21. Galantowicz M, Cheatham JP, Phillips A, et al. Hybrid approach for hypoplastic left heart syndrome: intermediate results after the learning curve. *The Annals of thoracic surgery*. 2008;85:2063-2070; discussion 70-71. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2008.02.009>
22. Kitahori K, Murakami A, Takaoka T, Takamoto S, Ono M. Precise evaluation of bilateral pulmonary artery banding for initial palliation in high-risk hypoplastic left heart syndrome. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010;140(5):1084-1091. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.084>
23. Baba K, Kotani Y, Chetan D, et al. Hybrid versus Norwood strategies for single-ventricle palliation. *Circulation*. 2012;126:123-131. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.084616>
24. Photiadis J, Sinzobahamvya N, Hraska V, Asfour B. Does bilateral pulmonary banding in comparison to Norwood procedure improve outcome in neonates with hypoplastic left heart syndrome beyond second-stage palliation? A review of the current literature. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;60:181-188. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1295569>
25. Sakurai T, Kado H, Nakano T, et al. Early results of bilateral pulmonary artery banding for hypoplastic left heart syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;36:973-979. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.05.009>
26. Venugopal PS, Luna KP, Anderson DR, et al. Hybrid procedure as an alternative to surgical palliation of high-risk infants with hypoplastic left heart syndrome and its variants. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2010;139:1211-1215. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.11.037>
27. Хубулава Г.Г., Марченко С.П., Дубова Е.В., Суворов В.В. Роль модифицированной ультрафильтрации в уменьшении системных проявлений воспаления в кардиохирургии. *Педиатрия*. 2016;7(1):106-110.
Khubulava GG, Marchenko SP, Dubova EV, Suvorov VV. The role of modified ultrafiltration in reducing systemic manifestations of inflammation in cardiac surgery. *Pediatrics*. 2016;7(1):106-110. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/PED71106-110>
28. Galantowicz M. The Hybrid Approach to Hypoplastic Left Heart Syndrome. *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009;14(2):74-85. <https://doi.org/10.1053/j.optechstcvs.2009.06.005>
29. Klauwer D, Neuhaeuser C, Thul J, Zimmermann R. *A Practical Handbook on Pediatric Cardiac Intensive Care Therapy*. Springer. 2019;560. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92441-0>

Поступила 17.06.2021

Received 17.06.2021

Принята к печати 06.01.2022

Accepted 06.01.2022