

К.Т. Щеглова, В.В. Базылев, С.Е. Щеглов, А.И. Магилевец, И.Е. Черногровов, Н.В. Венедиктова

Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии, Пенза, Российская Федерация

Реперфузионное повреждение легких у детей после процедуры унифокализации легочных артерий: описание клинического случая и краткий обзор литературы

Автор, ответственный за переписку:

Щеглова Клара Тамирановна, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации № 2 ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Минздрава России

Адрес: 440071, Пенза, ул. Стасова, 6, тел.: +7 (927) 383-33-08, e-mail: klara-tamir@yandex.ru

Развитие реперфузионного повреждения легких (РПЛ) после процедуры унифокализации легочных артерий — сравнительно недавно описанное осложнение раннего послеоперационного периода. В статье представлен случай развития РПЛ у пациента 2 лет на 3-и сут после процедуры унифокализации, что сопровождалось нарастанием дыхательной недостаточности с необходимостью протезирования дыхательной функции и искусственной вентиляции легких. Для уточнения диагноза было проведено лабораторное и бактериологическое обследование, выполнены компьютерная томография, ангиография. Положительная динамика отмечалась с пятых послеоперационных суток, к выписке симптомы полностью регрессировали.

Ключевые слова: унифокализация легочных артерий, реперфузионное повреждение легких, врожденные пороки сердца, атрезия легочной артерии, кардиохирургические операции

Для цитирования: Щеглова К.Т., Базылев В.В., Щеглов С.Е., Магилевец А.И., Черногровов И.Е., Венедиктова Н.В. Реперфузионное повреждение легких у детей после процедуры унифокализации легочных артерий: описание клинического случая и краткий обзор литературы. *Российский педиатрический журнал*. 2022;3(4):465–470. doi: <https://doi.org/10.15690/rpj.v3i4.2494>

ВВЕДЕНИЕ

Хирургическое лечение атрезии легочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки в сочетании с большими аорто-легочными коллатеральными артериями (БАЛКА) является сложной задачей, определяется как уровнем атрезии легочно-артериального дерева, так и вариантами коллатерального кровоснабжения

легких и требует создания контролируемого кровотока во всех сегментах легкого [1–3]. Основная концепция состоит в том, чтобы удалить БАЛКА из системного кровообращения и включить их в нормальную легочную циркуляцию [4, 5]. Выбор метода унифокализации — одномоментная радикальная коррекция или поэтапное лечение — зависит от степени гипоплазии системы легочных

Klara T. Shcheglova, Vladlen V. Bazylev, Savelii E. Shcheglov, Anton I. Magilevets, Igor E. Chernogrovov, Natalia V. Venediktova

Federal Center of Cardiovascular Surgery, Penza, Russian Federation

Pulmonary Reperfusion Injury in Children after Pulmonary Arteries Unifocalization: Clinical Case Description and Brief Literature Review

Pulmonary reperfusion injury (PRI) after pulmonary arteries unifocalization is relatively newly described complication of the early postoperative period. This article presents a case of PRI in 2 years old patient on the 3rd day after the unifocalization procedure that was accompanied by respiratory failure increase with the need of respiratory function restoration and mechanical ventilation implementation. Laboratory and bacteriological examination, as well as computed tomography and angiography were performed to clarify the diagnosis. Positive dynamics was observed on the fifth postoperative day. There were no symptoms at hospital discharge.

Keywords: pulmonary arteries unifocalization, pulmonary reperfusion injury, congenital heart disorders, pulmonary atresia, cardiac surgery

For citation: Shcheglova Klara T., Bazylev Vladlen V., Shcheglov Savelii E., Magilevets Anton I., Chernogrovov Igor E., Venediktova Natalia V. Pulmonary Reperfusion Injury in Children after Pulmonary Arteries Unifocalization: Clinical Case Description and Brief Literature Review. *Rossiiskij pediatrijskij zurnal — Russian Pediatric Journal*. 2022;3(4):465–470. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.15690/rpj.v3i4.2494>

артерий (ЛА) и типа коллатерального кровоснабжения легких [6, 7].

Пациенты с атрезией легочной артерии и крайними формами тетрады Фалло с БАЛКА, перенесшие операцию унифокализации, подвержены риску длительной послеоперационной дыхательной недостаточности [8, 9]. Само развитие БАЛКА является компенсаторной реакцией при врожденных пороках сердца (ВПС) синего типа с обеднением малого круга кровообращения [6]. БАЛКА могут быть основным источником легочного кровотока, что приводит к гетерогенному кровотоку различных сегментов легкого [10].

Послеоперационное ведение данной группы пациентов также сопряжено с рядом трудностей. Непосредственно связанные с унифокализацией осложнения включают паралич диафрагмального нерва, легочное кровотечение, парез желудка, аневризму культи БАЛКА, спазм бронхов и трахеи (поскольку БАЛКА могут участвовать в их кровоснабжении), реперфузионное повреждение легких [2, 4, 5]. Реперфузионное повреждение легких (РПЛ) — достаточно новый термин, которым описывают локализованный отек легких в области повышенной перфузии легочной ткани. Развитие РПЛ после унифокализации легочного кровотока описано в литературе, но частота встречаемости, патогенез, факторы риска и особенности клинического течения данного явления остаются малоизученными [4].

Цель данного сообщения: представить случай наблюдения развития РПЛ после унифокализации легочных артерий.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Ребенок Б., 2 года 2 мес (май 2020), масса тела — 10 кг.

ВПС диагностирован пренатально. После рождения осмотрен кардиологом нашего центра, госпитализирован в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) с диагнозом: «Атрезия легочной артерии. Дефект межжелудочковой перегородки. Дефект межпредсердной перегородки. Атипично расположенный открытый артериальный проток (ОАП)? БАЛКА. Дилатация правых камер сердца». Проводилась инфузия алпростадилла. В ОРИТ под контролем сатурации введение алпростадилла было прекращено, закрытие артериального протока диагностировано на 4-е сут жизни. Состояние не ухудшилось. Учитывая достаточную сатурацию без кислородной поддержки, нали-

чие БАЛКА к ветвям ЛА, оперативное лечение было показано в более старшем возрасте либо при ухудшении состояния ребенка со снижением сатурации. Медикаментозного лечения не получал. Уровень транскутанной сатурации — 89–91% (в покое).

Из анамнеза жизни: ребенок от первой беременности, отягощенный акушерский анамнез — бесплодие, экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО). Роды в 39 нед, кесарево сечение. Масса тела при рождении — 3390 г, длина — 53 см, закричал сразу, оценка по APGAR — 8/8 баллов.

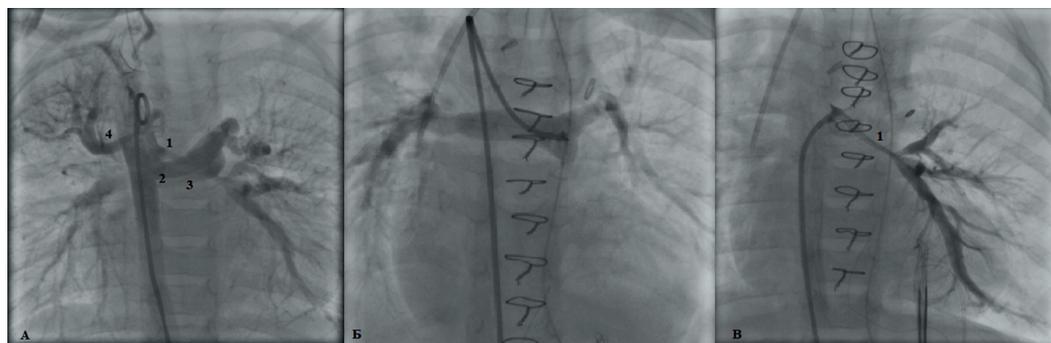
По результатам ангиопульмонографии: декстропозиция аорты; БАЛКА (ОАП?) в типичном месте около 4 мм к левой ветви; БАЛКА от нисходящего отдела аорты к левому легкому (отдает мелкую ветвь к правому легкому); две БАЛКА от нисходящего отдела аорты к верхней доле правого легкого; БАЛКА от нисходящего отдела аорты, предположительно, к средней доле правого легкого; БАЛКА от нисходящего отдела аорты, предположительно, к нижней доле правого легкого (рис. 1А).

По данным компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ОГК) до операции: в легких патологических изменений не выявлено. Бронхи проходимы. Строение бронхиального дерева соответствует сегментарному строению легких.

В возрасте 2 лет 2 мес была выполнена операция: унифокализация ветвей ЛА справа, наложение центрального системно-легочного анастомоза протезом GORE-TEX® № 5, клипирование ОАП в условиях искусственного кровообращения. Из особенностей операции: справа от аорты и в промежутке между аортой и правой верхней полой веной выделена БАЛКА (диаметром 1,5 мм) к верхней доле левого легкого. При выделении БАЛКА слева не визуализируется. Учитывая недостаточное развитие создаваемой неосистемы легочной артерии — как правого, так и левого легкого, решено выполнить этапное лечение без закрытия дефекта межжелудочковой перегородки. Коллатераль справа отсечена от аорты, проксимальный фрагмент дважды клипирован. На боковом отжати сформирован анастомоз между правой ветвью ЛА и БАЛКА по типу «конец-в-бок». Между восходящей аортой и стволом ЛА шит сосудистый протез GORE-TEX® 5 мм. Уровень сатурации к концу операции составил 75–80%, длительность искусственного кровообращения — 55 мин.

Рис. 1. Ангиопульмограмма. А — до операции: 1 — БАЛКА (ОАП?) в типичном месте около 4 мм к левой ветви ЛА; 2 — БАЛКА от нисходящей аорты к левому легкому; 3 — две БАЛКА от нисходящей аорты к средней и нижней долям правого легкого; 4 — БАЛКА от нисходящей аорты к верхней доле правого легкого. Б — после операции: шунт проходим. В — после операции: визуализируется БАЛКА к левому легкому, оставшаяся интраоперационно не подверженной унифокализации (1)

Fig. 1. Angiopulmonogram. А — before surgery: 1 — MAPCAs (PDA?) in a typical location of about 4 mm to the left branch of pulmonary artery; 2 — MAPCA from descending aorta to the left lung; 3 — two MAPCAs from the descending aorta to the middle and lower lobes of the right lung; 4 — MAPCA from the descending aorta to the upper lobe of the right lung. В — after surgery: patent bypass. С — after surgery: MAPCA to the left lung can be visualised, it remained intraoperatively and was not a subject of unifocalization (1)



Примечание. MAPCAs (БАЛКА) — major aortopulmonary collateral arteries.
Note. PDA (ОАП) — patent ductus arteriosus.

Послеоперационный период в течение первых двух суток расценивался как неосложненный, ребенок был экстубирован через 21 ч, в течение 27 ч проводилась вазопрессорная поддержка норэпинефрином 0,05–0,02 мкг/кг/мин. К концу вторых суток планировался перевод в профильное отделение. Однако через 16–18 ч спонтанного дыхания отмечается быстро прогрессирующая отрицательная динамика за счет нарастания дыхательной и сердечно-сосудистой недостаточности, снижения транскутанной сатурации с 90 до 60%, эпизодов гипотонии, что потребовало перевода на искусственную вентиляцию легких (ИВЛ), возобновления вазопрессорной поддержки норэпинефрином в дозе 0,05–0,07 мкг/кг/мин и подключения инотропов — эпинефрина в дозе 0,05–0,075 мкг/кг/мин. При подборе параметров вентиляции требовалась высокая фракция кислорода — до 70%, при этом потребности в высоком P_{reak} не было — 17 см вод. ст. Обращало на себя внимание крайне скудное количество мокроты из трахеобронхиального дерева.

По данным плановой рентгенографии ОГК через 14 ч после экстубации отмечалась отрицательная динамика: гетерогенное снижение прозрачности в среднем и средне-базальном отделах справа, аналогичные изменения в прикорневом отделе слева. Приподнят левый купол диафрагмы (рис. 2А).

На контрольной рентгенограмме ОГК через 3 ч после клинического ухудшения и перевода на ИВЛ: субтотальное гетерогенное снижение прозрачности в среднем и базальном отделах справа. При рентгеноскопии — признаки дисфункции левого купола диафрагмы (рис. 2Б).

Дифференциальная диагностика проводилась между двусторонней пневмонией как бактериальной, так и вирусной этиологии, дисфункцией системно-легочного анастомоза и РПЛ.

Выполнена КТ ОГК: справа по всем легочным полям (кроме средней доли) отмечается интенсивное снижение прозрачности легочной паренхимы с признаками консолидации. На этом фоне видны полоски бронхов. Слева интенсивное снижение прозрачности легочной паренхимы с признаками консолидации в сегменте S2 верхней доли, сегменте S6 и в базальных сегментах нижней доли. На этом фоне видны полоски бронхов. В передних отделах нижней доли отмечается снижение прозрачности по типу «матового стекла». В передних отделах верхней доли слева

и в язычковых сегментах, в средней доле справа плотность легочной паренхимы сохранена. Бронхи проходимы (рис. 3А).

По данным эхокардиографии: фракция выброса 68%, центральный системно-легочный анастомоз диаметром 5 мм: V_{max} 2,2 м/с, G_{max} 19,0 mm Hg.

С целью исключения гипофункции шунта и оценки легочного кровотока выполнена ангиопульмонография, по результатам которой аорто-легочный шунт проходим (рис. 1Б), выявлена БАЛКА к левому легкому, которая интраоперационно была недоступна, и выделить ее не удалось (рис. 1В).

Учитывая неблагоприятную эпидемиологическую обстановку, был выполнен анализ методом полимеразной цепной реакции: ПНК SARS-CoV-2 не обнаружена.

Лабораторные маркеры воспаления были повышены незначительно, только лишь за счет С-реактивного белка (35,4 Ед/мл), что соответствовало раннему послеоперационному и постперфузионному периодам. Однако до получения результатов бактериологического исследования была назначена эмпирическая антибактериальная терапия меропенемом и ванкомицином. При бактериологическом исследовании (посевы крови, мазки из зева, трахеи) роста микрофлоры выявлено не было.

Через 5 сут по данным КТ отмечена положительная динамика: справа в верхней доле в сегменте S3 и сегменте S1 пристеночно отмечается повышение прозрачности легочной паренхимы, в задних сегментах верхней и нижней долей сохраняется интенсивное снижение прозрачности легочной паренхимы с признаками консолидации. Слева динамика также положительная. Интенсивное пристеночное снижение прозрачности в сегменте S2, повышение прозрачности легочной паренхимы в базальных сегментах нижней доли (рис. 3Б).

Принимая во внимание высокое стояние купола диафрагмы слева, выполнена его пликация. Через 36 ч пациент экстубирован, респираторная поддержка — высокопоточная подача кислородно-воздушной смеси в течение 67 ч.

На 13-е сут после операции пациент переведен в профильное отделение, выписан на 23-и сут. Общее время ИВЛ составило 160,2 ч, после развития РПЛ — 139 ч; вазопрессорная поддержка норадреналином — 47,5 ч, кардиотоническая поддержка адреналином — 8,1 ч.

Рис. 2. Динамика рентгенологической картины. А — 2-е сут после операции, развитие РПЛ (гетерогенное снижение прозрачности в среднем, средне-базальном отделах справа и в прикорневом отделе слева); снимок выполнен через 43 ч после окончания операции. Б — 2-е сут после операции, прогрессирование картины РПЛ, справа субтотальное гетерогенное снижение прозрачности в среднем и базальном отделах; снимок выполнен через 46 ч после окончания операции. В — регрессия симптомов РПЛ на 6-е сут после операции

Fig. 2. Dynamics of radiological picture. А — 2nd day after surgery, PRI development (heterogeneous transparency decrease in the middle, mid-basal parts on the right and in the juxtahilar part on the left); scan was performed 43 hours after surgery. В — 2nd day after surgery, progressive PRI, subtotal heterogeneous transparency decrease in the middle and basal parts on the right; scan was performed 46 hours after the surgery. С — PRI symptoms regression on the 6th day after surgery

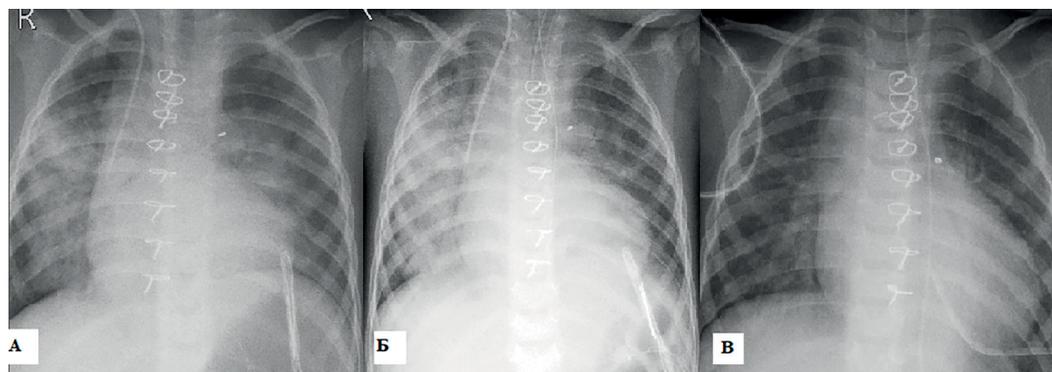


Рис. 3. Динамика картины КТ. А — 2-е сут после операции, развитие РПЛ. Интенсивное снижение прозрачности легочной паренхимы по всем легочным полям (кроме средней доли) справа и в сегменте S2 верхней доли, сегменте S6 и в базальных сегментах нижней доли слева. Б — 5-е сут после операции, положительная динамика, уменьшение выраженности симптомов РПЛ. Справа в задних сегментах верхней и нижней долей сохраняется интенсивное снижение прозрачности легочной паренхимы. Слева интенсивное пристеночное снижение прозрачности сохраняется в сегменте S2. В — КТ при выписке, отсутствие изменений в легких

Fig. 3. CT picture dynamics. A — 2nd day after surgery, PRI development. Acute decrease in pulmonary parenchyma transparency in all pulmonary fields (except the middle lobe) on the right and in segment S2 of the upper lobe, segment S6 and in basal segments of the lower lobe on the left. B — 5th day after surgery, positive dynamics, reduced PRI symptoms severity. Acute decrease in pulmonary parenchyma transparency remains in the posterior segments of the upper and lower lobes on the right. Acute parietal decrease in pulmonary parenchyma transparency persists in segment S2 on the left. C — CT at hospital discharge, no changes in the lungs

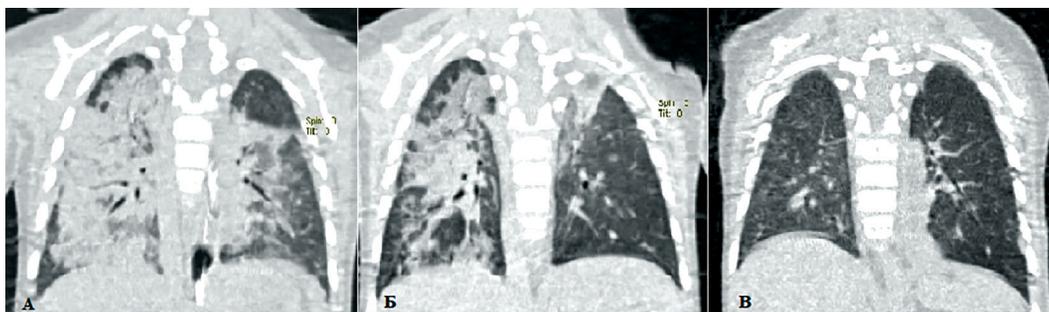


Рис. 4. Картина КТ после операции: 1 — системно-легочный анастомоз между восходящей аортой и стволом ЛА; 2 — анастомоз между правой ветвью ЛА и БАЛКА; 3 — БАЛКА к левому легкому, не выделенная интраоперационно; 4, 5 — металлические клипсы на БАЛКА

Fig. 4. CT picture after surgery: 1 — systemic-pulmonary anastomosis between ascending aorta and pulmonary artery; 2 — anastomosis between right branch of pulmonary artery and MAPCA; 3 — MAPCA to the left lung not isolated intraoperatively; 4, 5 — clips on MAPCA



КТ ОГК при выписке: легочные поля прозрачные с обеих сторон, без дополнительных очаговых и инфильтративных теней (рис. 3В). Картина легочного сосудистого русла после операции представлена на рис. 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из осложнений послеоперационного периода при восстановлении легочного кровотока является РПЛ. В хирургии ВПС подобное состояние развивается при устранении стеноза легочной артерии у пациентов с тетрадой Фалло, атрезией легочной артерии. Впервые развитие данного осложнения после процедуры унифокализации ЛА описал S.A. Maskatia в 2012 г. [4]. В литературе употребляются термины «реперфузионное повреждение» и «реперфузионный отек», однако последний встречается реже [2, 4, 11]. Обычно данный синдром проявляется временным локализованным отеком легких в области повышенной перфузии легочной ткани, которая ухудшает

газообмен [4]. По определению R. Asija и соавт., РПЛ представляет собой локализованный отек легких, встречающийся как минимум в двух сегментах легких, регрессирующий без последствий. Авторы связывают появление отека с областью сосудистой обструкции [2].

Относительно частоты развития и факторов риска указанного осложнения на данный момент проведено 2 исследования. В ретроспективном анализе R. Asija и соавт., включавшем 35 пациентов после процедуры унифокализации, РПЛ развивалось в 50% случаев, при этом изучалось содержание биомаркеров легочного повреждения и воспаления у пациентов с РПЛ и без него. Примечательно, что уровни биомаркеров не отличались у пациентов двух групп, что позволяет предположить иную природу РПЛ после унифокализации и отсутствие связи с повреждением легочных сосудов и альвеолярного эпителия [2].

По данным работы S.A. Maskatia и соавт., частота развития РПЛ после унифокализации достигала 65%, а фак-

торами риска данного осложнения являлись двусторонняя унифокализация и стеноз БАЛКА (определяемый по предложенному исследователями коэффициенту стеноза). Высокая частота развития РПЛ, вероятно, обусловлена тем, что в данное исследование были включены лишь те пациенты, у которых БАЛКА были единственным источником легочного кровотока [4].

Относительно патогенеза РПЛ в настоящее время представлено мало работ, однако по имеющимся данным, механизм развития указанного состояния отличается от легочного повреждения после искусственного кровообращения [4, 12]. В эксперименте на животных после пневмонэктомии описан механизм гидростатического отека как следствие чрезмерной перфузии в ранее ограниченном сосудистом русле [13]. После операции унифокализации кровотока в легочном сосудистом русле увеличивается, что приводит к повышению давления в сосудах. Развитие РПЛ после эндоваскулярного устранения стенозов легочных артерий подтверждает данную теорию. М.В. Potenciano и соавт. описан клинический случай развития РПЛ у пациента с синдромом извитых сосудов после стентирования легочных артерий, потребовавший проведения экстракорпоральной мембранной оксигенации в течение 9 сут. Реперфузионные изменения были полностью обратимы, и пациент был переведен из ОРИТ на 37-е сут после операции [11].

В нашем случае стенозы БАЛКА не были выявлены ни на дооперационном этапе, ни после операции. Изменения в легких, соответствующие реперфузионному повреждению, развивались практически во всех зонах, кровотока в которых обеспечивался включенными в систему неолегочной артерии коллатеральными. Кровоснабжение нижней доли левого легкого преимущественно осуществлялось за счет БАЛКА, однако данную коллатераль интраоперационно не удалось выделить, соответственно объем поступающей крови в данную зону легких после операции не изменился, что объясняет минимальные проявления реперфузионных изменений в левом легком.

Несмотря на выраженность РПЛ, описанные изменения носят временный характер, возникают лишь в зоне восстановления кровоснабжения легких и полностью обратимы. Кроме того, при сравнении пациентов с РПЛ и без него не было выявлено различий в длительности ИВЛ и сроках госпитализации [4, 8, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При ведении пациентов после процедуры унифокализации следует принимать во внимание риск развития реперфузионного повреждения легких. Своевременное

проведение КТ в совокупности с данными предоперационной ангиопульмонографии позволит диагностировать РПЛ, начать респираторную терапию и избежать дальнейших диагностических и лечебных процедур.

ВКЛАД АВТОРОВ

К.Т. Щеглова — концепция и дизайн статьи, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование.

В.В. Базылев — редактирование статьи.

С.Е. Щеглов — сбор и обработка материала, написание текста.

А.И. Магилевец — концепция и дизайн статьи.

И.Е. Черногринов — редактирование статьи.

Н.В. Венедиктова — оформление рисунков.

AUTHORS' CONTRIBUTION

Klara T. Shcheglova — study concept and design, data collection and processing, manuscript writing and editing.

Vladlen V. Bazylev — manuscript editing.

Savelii E. Shcheglov — data collection and processing, manuscript writing.

Anton I. Magilevets — study concept and design.

Igor E. Chernogrivov — manuscript editing.

Natalia V. Venediktova — figures preparation.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Отсутствует.

FINANCING SOURCE

Not specified.

РАСКРЫТИЕ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

DISCLOSURE OF INTEREST

Not declared.

ORCID

К.Т. Щеглова

<https://orcid.org/0000-0001-8468-4806>

В.В. Базылев

<https://orcid.org/0000-0001-6089-9722>

С.Е. Щеглов

<https://orcid.org/0000-0002-1126-0022>

А.И. Магилевец

<https://orcid.org/0000-0003-0586-5671>

И.Е. Черногринов

<https://orcid.org/0000-0002-6619-3875>

Н.В. Венедиктова

<https://orcid.org/0000-0003-3386-8271>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Чебан В.Н., Самсонов В.Б., Кокшенев И.В., Шинкарева Т.В. Случай успешной унифокализации легочного кровотока после реконструкции путей оттока из правого желудочка при атрезии легочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки // *Детские болезни сердца и сосудов*. — 2013. — № 1. — С. 48–51. [Cheban VN, Samsonov VB, Kokshenev IV, Shinkareva TV. The case of successful unifocalisation of the pulmonary blood flow after repair of the right ventricular outflow tract in the condition of pulmonary artery atresia with ventricular septal defect. *Detskie bolezni serdtsa i sosudov = Children's diseases of the heart and blood vessels*. 2013;(1):48–51. (In Russ).]
- Asija R, Hanley FL, Roth SJ. Postoperative respiratory failure in children with tetralogy of Fallot, pulmonary atresia, and major aortopulmonary collateral arteries: a pilot study. *Pediatr Crit Care Med*. 2013;14(4):384. doi: <https://doi.org/10.1097/pcc.0b013e318272062b>
- Бокерия Л.А., Ким А.И., Махачев О.М. и др. Результаты хирургической коррекции тетрады Фалло у детей первого года жизни // *Детские болезни сердца и сосудов*. — 2005. — № 3. — С. 52–57.

[Bokeriya LA, Kim AI, Makhachev OM, et al. Rezul'taty khirurgicheskoi korrektsii tetrady Fallo u detei pervogo goda zhizni. *Detskie bolezni serdtsa i sosudov = Children's diseases of the heart and blood vessels*. 2005;(3):52–57. (In Russ).]

4. Maskatia SA, Feinstein JA, Newman B, et al. Pulmonary reperfusion injury after the unifocalization procedure for tetralogy of Fallot, pulmonary atresia, and major aortopulmonary collateral arteries. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144(1):184–189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.12.030>

5. Ikai A. Surgical strategies for pulmonary atresia with ventricular septal defect associated with major aortopulmonary collateral arteries. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;66(7):390–397. doi: <https://doi.org/10.1007/s11748-018-0948-4>

6. Подзолков В.П., Зеленикин М.М., Юрлов И.А. др. Влияние дополнительного источника легочного кровотока при двунаправленном кавопульмональном анастомозе на результаты гемодинамической коррекции сложных врожденных пороках сердца // *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. — 2015. — Т. 57. — № 2. —

- C. 22–27. [Podzolkov VP, Zelenikin MM, Yurlov IA, et al. The impact of an additional source of pulmonary blood flow at bcp results hemodynamic correction of complex CHD. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015;57(2):22–27. (In Russ).]
7. Черногринов А.Е., Черногринов И.Е., Рыбакова Т.В. и др. Сравнительные результаты выполнения операции двунаправленного кавопульмонального анастомоза без искусственного кровообращения // *Детские болезни сердца и сосудов*. — 2017. — Т. 14. — № 1. — С. 25–31. — doi: <http://doi.org/10.24022/1810-0686-2017-14-1-25-31> [Chernogrirov AE, Chernogrirov IE, Rybakova TV, et al. The bidirectional cavopulmonary (Glenn) shunt without cardiopulmonary bypass: comparative results of the operation. *Detskie bolezni serdtsa i sosudov = Children's Heart and Vascular Diseases*. 2017;14(1):25–31. (In Russ). doi: <http://doi.org/10.24022/1810-0686-2017-14-1-25-31>]
8. Asija R, Hanley FL, Roth SJ, et al. Reperfusion pulmonary edema in children with tetralogy of Fallot, pulmonary atresia, and major aortopulmonary collateral arteries undergoing unifocalization procedures: A pilot study examining potential pathophysiologic mechanisms and clinical significance. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148(4):1560–1565. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.01.017>
9. Базылев В.В., Парамонова Т.И., Вдовкин А.В. и др. Оценка факторов, влияющих на развитие диспноэ в раннем послеопера-
- ционном периоде после кардиохирургических вмешательств // *Диагностическая и интервенционная радиология*. — 2016. — Т. 10. — № 4. — С. 19–27. [Basylev VV, Paramonova TI, Vdovkin AV, et al. Factors affecting the development of dyspnea in the early postoperative period after cardiac surgery. *Diagnostic Interventional Radiology*. 2016;10(4):19–27. (In Russ).]
10. *Critical Care of Children with Heart Disease*. Munoz R, Morell V, da Cruz E, et al., eds. Cham, Switzerland: Springer; 2020. 746 p. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-21870-6>
11. Potenciano MB, Borregas SP, Soto A, et al. Pulmonary reperfusion syndrome after pulmonary stent implants in a patient with vascular tortuosity syndrome. *An Pediatr (Barc)*. 2015;82(1):e17–e20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2014.06.016>
12. Su ZK, Sun Y, Yang YM, et al. Lung Function after Deep Hypothermic Cardiopulmonary Bypass in Infants. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2003;11(4):328–331. doi: <https://doi.org/10.1177/021849230301100412>
13. Landolt CC, Matthay MA, Albertine KH, et al. Overperfusion, hypoxia, and increased pressure cause only hydrostatic pulmonary edema in anesthetized sheep. *Circ Res*. 1983;52:335–341. doi: <https://doi.org/10.1161/01.res.52.3.335>
14. Clark SB, Soos MP. Noncardiogenic Pulmonary Edema. In: *StatPearls [Internet]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.

Статья поступила: 24.10.2022, принята к печати: 16.12.2022
The article was submitted 24/10/2022, accepted for publication 16/12/2022

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Щеглова Клара Тамирановна [Klara T. Shcheglova, MD]; адрес: 440071, г. Пенза, ул. Стасова, 6 [address: 6 Stasova Str., Penza, 440071, Russian Federation]; **телефон:** +7 (927) 383-33-08, **e-mail:** klara-tamir@yandex.ru; **eLibrary SPIN:** 5450-6674

Базылев Владлен Владленович, д.м.н., профессор [Vladlen V. Bazylev, MD, PhD, Professor]; e-mail: cardio-penza@yandex.ru; **eLibrary SPIN:** 3153-8026

Щеголов Савелий Евгеньевич [Savelii E. Shcheglov, MD]; e-mail: savelii-scheglov@mail.ru; **eLibrary SPIN:** 3838-3686

Магилевец Антон Игоревич [Anton I. Magilevets, MD]; e-mail: citadel1943@inbox.ru; **eLibrary SPIN:** 8965-1264

Черногринов Игорь Евгеньевич, д.м.н. [Igor E. Chernogrirov, MD, PhD]; e-mail: cardio-penza@yandex.ru; **eLibrary SPIN:** 3959-5479

Венедиктова Наталья Валерьевна [Natalia V. Venediktova, MD]; e-mail: cardio-penza@yandex.ru; **eLibrary SPIN:** 2554-8916