

УДК 616.1

DOI 10.17802/2306-1278-2024-13-2-15-25

## СРАВНЕНИЕ ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЭТАПНОГО ПОДХОДА СО СТЕНТИРОВАНИЕМ ВЫХОДНОГО ОТДЕЛА ПРАВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ОДНОЭТАПНОЙ РАДИКАЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ У ДЕТЕЙ С ТЕТРАДОЙ ФАЛЛО

А.А. Ляпин, Р.С. Тарасов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

### Основные положения

- Проведение стентирования выводного отдела правого желудочка у детей с тетрадой Фалло в качестве паллиативного этапа позволило впоследствии эффективно и безопасно выполнить радикальную коррекцию порока.

### Цель

Оценка краткосрочных и отдаленных результатов поэтапной коррекции тетрады Фалло (ТФ) со стентированием выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ) в сравнении с одноэтапной радикальной коррекцией (РК) порока.

### Материалы и методы

Были сформированы две группы пациентов с ТФ: группа 1 ( $n = 25$ ; медиана возраста 72 дня) с детьми с ТФ с более тяжелым клиническим статусом, многие из них были не доношены (медиана веса 3,8 кг), с более выраженным цианозом, имели пренатальные поражения центральной нервной системы, пороки развития головного мозга, задержки внутриутробного развития; группа 2 ( $n = 25$ ) была представлена более старшими по возрасту пациентами, с большими массой тела и уровнем  $SpO_2$ . Детям группы 1 первым этапом проведено стентирование ВОПЖ, вторым этапом – РК ТФ, в группе 2 выполнена одномоментная РК.

### Результаты

В рамках данной работы применение подхода поэтапной коррекции ТФ со стентированием ВОПЖ у маловесных детей с выраженной гипоксемией продемонстрировало равнозначное влияние на динамику  $SpO_2$  и обратное ремоделирование сердца при сравнении с менее тяжелой когортой пациентов, подвергшихся одномоментной РК ТФ. После стентирования ВОПЖ у детей группы 1 медиана  $SpO_2$  выросла с 80 до 94,5%, медиана Z-value ствола легочной артерии – с 16,1 до ЛА 16,9 мм, медиана индекса конечного диастолического объема левого желудочка – с 23,07 до 57,6 мл/м<sup>2</sup>. Исходно не равнозначные по клиническому статусу группы детей практически выровнялись по показателям после стентирования ВОПЖ с пациентами, подвергшимися одномоментной РК ТФ. В группе 2 на момент проведения РК медиана  $SpO_2$  составила 94%, медиана Z-value ствола ЛА – 15,4 мм, медиана индекса конечного диастолического объема левого желудочка – 57,6 мл/м<sup>2</sup>. РК ТФ у детей из группы 1 с поэтапной стратегией коррекции порока прошла не менее успешно, чем у детей, подвергшихся одномоментной РК. В отдаленном периоде наблюдения дети после РК ТФ из неравнозначных по исходному статусу групп были практически сопоставимы по клиническим характеристикам, особенностям ремоделирования сердца, достижению конечных точек. При оценке отдаленных результатов мы акцентировали внимание на таких конечных точках, как смерть от всех причин (3 случая в группе стентирования ВОПЖ, 1 в группе одномоментной РК), реоперации по поводу основного заболевания (не проводились ни в одном случае), нарушения проводимости сердца, требующие установку электрокардиостимулятора (по одному ребенку в каждой группе), острое нарушение мозгового кровообращения (у одного ребенка из группы 2). Между двумя группами не выявлено достоверных различий при одно-, трех- и пятилетнем периоде наблюдения в частоте достижения конечных точек.

### Заключение

Стентирование ВОПЖ с последующей РК ТФ в тяжелой группе детей продемонстрировало сопоставимые с одномоментной РК результаты у более

стабильных пациентов на протяжении госпитального, одно-, трех- и пяти-летнего периода наблюдения.

**Ключевые слова** Врожденный порок сердца • Тетрада Фалло • Стентирование ВОПЖ

*Поступила в редакцию: 15.02.2024; поступила после доработки: 29.03.2024; принята к печати: 17.04.2024*

## COMPARISON OF LONG-TERM RESULTS OF A PHASED APPROACH WITH STENTING OF THE RIGHT VENTRICULAR OUTFLOW TRACT AND ONE-STAGE RADICAL CORRECTION IN CHILDREN WITH TETRALOGY OF FALLOT

A.A. Lyapin, R.S. Tarasov

Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, Academician Barbarash blvd, Kemerovo, Russian Federation, 650002

### Highlights

- Right ventricular outflow tract stenting in children with the tetrad of Fallot as a palliative stage allowed to perform radical correction of the malformation effectively and safely afterwards.

**Aim** Evaluation of short-term and long-term results of a phased correction of the tetrad of Fallot (ToF) with stenting of the right ventricular outflow tract (RVOT) in comparison with a one-stage radical correction (RC) of the defect.

**Methods** Two groups of patients with classical ToF were formed. Group 1 (n = 25; median age 72 days) was initially represented by children with ToF with a more severe clinical status, many of them were premature (median weight 3.8 kg), with more pronounced cyanosis; there were prenatal lesions of the central nervous system, brain malformations, intrauterine development delays. The children of group 1 underwent the first stage of RVOT stenting, and the second stage of RC ToF. Group 2 (n = 25) was represented by older patients, with a higher body weight and SpO<sub>2</sub> level, and they underwent a single-stage RC of the defect.

**Results** The application of a step-by-step ToF correction approach with RVOT stenting in low-weight newborns with severe hypoxemia demonstrated an equivalent effect on SpO<sub>2</sub> dynamics, reverse remodeling of the heart when compared with a less severe cohort of patients who underwent simultaneous RC of classical ToF. After RVOT stenting in children from group 1, the median SpO<sub>2</sub> increased from 80% to 94.5%, the median Z value of the pulmonary artery (PA) trunk of the from 16.1 mm to 16.9 mm, the median index of end-diastolic volume (EDV) of left ventricle (LV) from 23.07 mm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> to 57.6 ml/m<sup>2</sup>. Initially, groups of children who were not equivalent in their clinical status practically leveled off in terms of their indicators after RVOT stenting with patients undergoing simultaneous RC of ToF. In group 2, at the time of the RC of defect, the median SpO<sub>2</sub> was 94%, the median Z value of the PA trunk was 15.4 mm, and the median index of EDV of LV was 57.6 ml/m<sup>2</sup>. RC ToF in children from group 1 with a phased strategy of correction of the defect was no less successful than in children who underwent simultaneous RC. In the long-term follow-up period, children after RC ToF from groups that were obviously unequal in their initial status were practically comparable in clinical characteristics, features of cardiac remodeling, and achievement of endpoints. In assessing the long-term results, we focused on such endpoints as: death from all causes (3 in the RVOT stenting group and 1 in the simultaneous RC group), re-operations for the underlying disease were not performed in any case, cardiac conduction disorders requiring the installation of a cardiac pacemaker (one child in each group), acute cerebrovascular accident was observed in only one child from group 2. And there were no significant differences between the two groups in the frequency of reaching the endpoints during the annual, three-year and five-year follow-up period.

**Conclusion** The strategy of RVOT stenting followed by RC ToF in a severe group of children demonstrated comparable results compared with the results of simultaneous RC of ToF in a more stable group of patients during the hospital, annual, three-year and five-year follow-up period.

**Keywords** CHD • Tetrad of Fallot • stenting of RVOT

*Received: 15.02.2024; received in revised form: 29.03.2024; accepted: 17.04.2024*

### Список сокращений

ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка	ЛЖ – левый желудочек
ВПС – врожденный порок сердца	ПЖ – правый желудочек
КДО – конечный диастолический объем	РК – радикальная коррекция
ЛА – легочная артерия	ТФ – тетрада Фалло

## Введение

Тетрада Фалло (ТФ) – тяжелый многокомпонентный порок сердца, который характеризуется наличием стеноза выводного отдела правого желудочка (ВОПЖ), дефекта межжелудочковой перегородки, декстрапозиции аорты и гипертрофии правого желудочка (ПЖ) [1]. Данная патология является самым распространенным цианотическим врожденным пороком сердца (ВПС) [2]. Синий оттенок кожи является результатом того, что из-за выраженного стеноза ВОПЖ кровь в организме ребенка обходит легкие стороной и циркулирует по органам и тканям, так и не будучи насыщенной кислородом. Половина детей с ТФ без оперативного вмешательства умирают, не дожив до трехлетнего возраста. Первым, кто осмелился выполнить хирургическое вмешательство при данном пороке, был А. Блелок. 29 ноября 1944 г. в городе Балтимор он со своей командой прооперировал трехлетнюю девочку, наложив ей системно-легочный анастомоз, который впоследствии будет назван шунт Блелока – Тауссиг [3]. Это была не радикальная коррекция (РК) ВПС, однако впервые у таких детей появился шанс на продление жизни.

Уже в 1955 г. команда хирургов во главе с У. Лиллехаем впервые выполнила радикальную хирургическую коррекцию ТФ [4]. Однако после первоначального успеха коррекции ТФ в грудном возрасте последующие попытки раннего вмешательства сопровождались высокой смертностью, что способствовало широкому распространению поэтапной коррекции порока. Именно наложение модифицированного шунта Блелока – Тауссига на сегодняшний день является методикой выбора паллиативной помощи при тяжелых формах ТФ. Существующие актуальные национальные рекомендации по ТФ свидетельствуют о необходимости выполнения паллиативного вмешательства пациентам при наличии следующих критериев: насыщение артериальной крови кислородом менее 70%, уровень гемоглобина более 190 г/л, частые одышечно-цианотические приступы (2–3 раза в день), длительная терапия бета-блокаторами, сопутствующие патологии – врожденные внесердечные аномалии (центральная нервная система, легкие, печень, поч-

ки), инфекционные осложнения, острое нарушение мозгового кровообращения [5].

Стентирование ВОПЖ является современным малоинвазивным видом паллиативного вмешательства именно у детей с цианотической формой ТФ. Впервые стентирование ВОПЖ описано Дж. Гиббсом и коллегами в 1997 г. Хирурги выполнили эту процедуру четырем пациентам с ВПС, в том числе при гипоплазии легочной артерии (ЛА) [6]. Однако отдаленные результаты данного паллиативного вмешательства остаются не до конца изученными – считается, что эффективность данного метода ограничивается коротким периодом времени.

**Цель данной работы** заключалась в оценке краткосрочных и отдаленных результатов поэтапной коррекции ТФ со стентированием ВОПЖ в сравнении с одноэтапной радикальной коррекцией.

## Материалы и методы

В рамках данного исследования сформированы две группы пациентов. С целью уменьшения влияния на результаты исследования различий предоперационных факторов проведена «псевдорандомизация» (propensity score matching) между группами с использованием метода поиска «ближайшего соседа» в отношении 1:1 по следующим семи предоперационным факторам: возраст, пол, масса тела, градиент давления ВОПЖ, диагноз «форма ТФ со стенозом ВОПЖ, Z-value ствола ЛА». После псевдорандомизации в анализ вошли 50 пациентов: 1-я группа – стентирование ВОПЖ (n = 25), 2-я группа – одноэтапная РК ТФ (n = 25).

В проспективную часть исследования (группа 1) были включены 25 детей: 12 мальчиков и 13 девочек с цианотической формой ТФ, которым была выполнена двухэтапная коррекция ВПС (1-й этап – стентирование ВОПЖ, 2-й этап – РК ТФ). Медиана возраста детей на момент паллиативного вмешательства в виде стентирования ВОПЖ составила 72,0 [33,0; 111,0] дня, медиана массы тела – 3,6 [2,8; 4,4] кг, медиана насыщения артериальной крови кислородом (SpO<sub>2</sub>) – 80,0 [75,0; 83,5] %. Данная группа была исходно представлена более тяжелыми детьми, многие из них были не доношены, с более выраженным цианозом; отмечены пренатальные

поражения центральной нервной системы, пороки развития головного мозга, задержки внутриутробного развития.

Выполнить одномоментную РК пациентам группы 1 не представлялось возможным из-за выраженной гипоплазии легочного русла Z-value ствола ЛА  $-3,46$   $[-4,25; -1,98]$  и выраженной гипоплазии кЛА Z-value  $-4,2$   $[-5,14; -2,37]$ . Исходя из этого всем детям из группы 1 в рамках моста к РК проведено стентирование ВОПЖ. Впоследствии дети в плановом порядке поступали на выполнение РК. Медиана возраста в группе 1 на момент вмешательства составила 172,0 дня.

Анализ группы 2 проведен ретроспективно. В данную группу было также включено 25 детей, из них 12 мальчиков и 13 девочек, с формой ТФ, которым выполнена одномоментная РК ВПС. Данная группа пациентов была старше, с большей массой тела и уровнем SpO<sub>2</sub> на момент РК ТФ в сравнении с большими группы 1 с планируемой поэтапной коррекцией ТФ (табл. 1).

При поступлении в клинику всем пациентам из двух исследуемых групп проведена стандартная трансторакальная эхокардиография. Помимо изучения стандартных показателей, позволяющих оценить размеры и объемы камер сердца, клапанный аппарат, фракцию выброса левого желудочка (ЛЖ), давление в легочной артерии, анализировали также размер ствола и ветвей ЛА, градиент давления ВОПЖ. Полученные данные использованы для

комплексной оценки состояния легочного русла с расчетом показателя z-score для ЛА и ее ветвей. Индекс конечного диастолического объема (КДО) ЛЖ рассчитывали по формуле: КДО ЛЖ/площадь поверхности тела ребенка.

Первичной конечной точкой исследования стала комбинированная конечная точка, включающая совокупность таких неблагоприятных событий, как смерть от любой причины и не запланированная реоперация по поводу основного заболевания. Изучены конечные точки в виде: нарушения проводимости сердца, требующие установку электрокардиостимулятора, острое нарушение мозгового кровообращения, кровотечения, требовавшие рестернотомии. Также мы оценивали безопасность процедуры стентирования ВОПЖ с помощью таких показателей, как смерть и кровотечения, спровоцированные проводимой процедурой. Эффективность стентирования ВОПЖ мы оценивали в виде нарастания градиента, потребовавшего додувания стента или наложения модифицированного шунта Блелока – Тауссига.

Динамическое наблюдение продолжалось на протяжении 5 лет с визитами пациентов спустя 1, 3 и 5 лет после РК ТФ в двух группах.

#### Статистический анализ

Результаты исследования обработаны при помощи пакета прикладных программ Statistica for Windows 10.0 (StatSoft Inc., США). Первоначально

**Таблица 1.** Сравнение исходных клинико-демографических характеристик и параметров трансторакальной эхокардиографии у пациентов с планируемой поэтапной и одноэтапной коррекцией ТФ

**Table 1.** Comparison of initial clinical and demographic characteristics and parameters of transthoracic echocardiography in patients with planned phased and one-stage correction of TF

Показатель / Indicator	Стентирование ВОПЖ (группа 1; n = 25) / RVOT stenting (group 1; n = 25)	Радикальная коррекция (группа 2; n = 25) / Radical correction (group 2; n = 25)	Различия / Differences (p)
<b>Клинико-демографические характеристики / Clinical and demographic characteristics</b>			
Возраст, дни / Age, days	72,0 [33,0; 111,0] На момент стентирования ВОПЖ / At the time of stenting of the RVOT	121,5 [63,7; 153,0] На момент РК / At the time of the RC	0,0182
Возраст на момент РК, дни / Age, days	172,0 [118,0; 247,5]	121,5 [63,7; 153,0]	0,02
Вес, кг / Weight, kg	3,6 [2,8; 4,4]	5,2 [4,7; 5,6]	0,00002
SpO <sub>2</sub> до операции / SpO <sub>2</sub> before surgery, %	80,0 [75,0; 83,5]	94,0 [92,0; 95,5]	0,000001
<b>Параметры трансторакальной эхокардиографии до операции / Parameters of transthoracic echocardiography before surgery</b>			
Ствол ЛА, см / Trunk of the PA, cm	0,5 [0,4; 0,61]	0,85 [0,6; 0,96]	0,00007
Индекс КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> / EDV LV index, ml/m <sup>2</sup>	23,07 [17,24; 29,41]	57,6 [40,5; 67,1]	0,0000001
Z-value ствола ЛА, мм / Z-value of the PA trunk, mm	$-3,46$ $[-4,25; -1,98]$	$-0,37$ $[-2,99; 0,35]$	0,0008
Z-value правой ЛА, мм / Z-value of the right PA, mm	$-0,76$ $[-1,78; 0,39]$	0,85 [0,01; 1,71]	0,002
Z-value левой ЛА, мм / Z-value of the left PA, mm	0,15 $[-1,53; 0,66]$	1,05 $[-0,09; 2,19]$	0,006
Градиент давления ВОПЖ, мм рт. ст. / The pressure gradient of the RVOT, mmHg	72,0 [60,0; 77,0]	72,0 [65,5; 80,0]	0,429

**Примечание:** ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка; КДО ЛЖ – конечно-диастолический объем левого желудочка; ЛА – легочная артерия; РК – радикальная коррекция.

**Note:** LV EDV – end-diastolic volume of the left ventricle; PA – pulmonary artery; RC – radical correction; RVOT – right ventricular outflow tract.

проведена проверка на нормальность распределения данных по критерию Колмогорова – Смирнова, в связи с отсутствием нормального распределения данных использованы непараметрические критерии. Количественные показатели представлены в виде медианы и межквартильного размаха (25-й и 75-й процентиля). При оценке различий количественных показателей применены непараметрический критерий Манна – Уитни, при оценке динамики в одной группе – критерий Уилкоксона. Качественные показатели представлены частотами распределения признака. Для оценки различий качественных показателей применен критерий Хи-квадрат Пирсона. Критическим уровнем статистической значимости принималась величина 0,05.

Исследование соответствует принципам Хельсинкской декларации ВМА пересмотра 2013 г. Все законные представители пациентов подписали информированное согласие перед включением в исследование.

## Результаты

Ранний послеоперационный период после стентирования ВОПЖ (группа 1) у 24 детей проходил без значимых особенностей, что позволило данным детям подготовить к последующей РК ТФ. В группе 1 у одного ребенка через 2 мес. после установки стента наблюдался гипоксемический синдром, участились одышечно-цианотические приступы. Ребенок в экстренном порядке был направлен в операционную по жизненным показаниям, выполнено формирование системно-легочного шунта. Со значимым эффектом после поступления в отделение реанимации пациент экстубирован. Через 2 ч после экстубации отмечено развитие симптомов дыхательной недостаточности с явлениями десатурации, метаболическим ацидозом, развитие брадикардии и гипотонии. Реанимационные меропр-

ятия не увенчались успехом, констатирована биологическая смерть. По данным секции тромбоза модифицированного шунта Блелока – Тауссига не обнаружено, непосредственная причина смерти – острая сердечно-сосудистая недостаточность.

Ни в одном случае после установки стента в ВОПЖ мы не наблюдали кровотечений, потребовавших стернотомии, и летальных исходов. Также не приходилось брать детей повторно в рентгеноперационную для реинтервенции стента. Исходя из этого мы можем сделать заключение, что стентирование ВОПЖ является эффективным и безопасным методом паллиативной помощи при цианотической ТФ.

К моменту РК дети группы 1 значимо прибавили в весе до медианы 5,5 кг, выраженность цианоза значимо уменьшилась с увеличением SpO<sub>2</sub> до медианы 94,5% (табл. 2).

В среднем по прошествии 83 дней после установки стента дети в плановом порядке поступали в клинику для проведения РК ВПС. К моменту поступления для выполнения РК ТФ пациенты из группы стентирования ВОПЖ (группа 1) были сопоставимы по массе тела с детьми, которым проведена одномоментная РК (группа 2). Не наблюдалось значимой разницы в возрасте, сатурации артериальной крови и градиенте давления в ВОПЖ. Стентирование ВОПЖ помогло подготовить исходно более тяжелую группу пациентов к РК ТФ. При этом выявленные значимые различия в индексе КДО ЛЖ обусловлены более тяжелым исходным статусом пациентов из группы стентирования ВОПЖ (табл. 3).

Детям из двух групп выполнена РК порока. Интраоперационно заплатой из ксеноперикарда закрывался дефект межжелудочковой перегородки, после чего устранялся стеноз ВОПЖ путем иссечения аномально-септальных трабекул, а также в случае необходимости проводилась трансаннулярная пластика ВОПЖ.

**Таблица 2.** Динамика клинико-функционального статуса пациентов группы 1 (стентирование ВОПЖ) от момента поступления для паллиативного вмешательства до радикальной коррекции ТФ

**Table 2.** Dynamics of the clinical and functional status of patients in group 1 (RVOT stenting) from the moment of admission to the clinic for palliative intervention to radical correction of ToF

Показатель / Indicator	До стентирования ВОПЖ / Before RVOT stenting, n = 25	До РК ТФ / Before RC of ToF, n = 24	Различия / Differences (p)
Вес, кг / Weight, kg	3,6 [2,8; 4,4]	5,5 [4,8; 6,2]	0,00004
SpO <sub>2</sub> , %	80,0 [75,0; 83,5]	94,5 [91,7; 98,0]	0,000035
Ствол ЛА, см / PA trunk, cm	0,5 [0,4; 0,61]	0,7 [0,5; 0,8]	0,1005
Индекс КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> / EDV LV index, ml/m <sup>2</sup>	23,07 [17,24; 29,41]	32,3 [25,9; 50]	0,000061
Z-value ствол ЛА, мм / Z-value of the PA trunk	-3,46 [-4,25; -1,98]	-2,54 [-3,56; -1,25]	0,139
Z-value правой ЛА, мм / Z-value of the right PA, mm	-0,76 [-0,27; 0,38]	0,85 [0,01; 1,71]	0,305
Z-value левой ЛА, мм / Z-value of the left PA, mm	-0,19 [-1,08; 0,44]	1,05 [-0,09; 2,19]	0,7938
Градиент давления ВОПЖ, мм рт. ст. / The pressure gradient of the RVOT, mmHg	72,0 [60,0; 77,0]	70,0 [66,0; 90,0]	0,1712

**Примечание:** ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка; КДО ЛЖ – конечно-диастолический объем левого желудочка; ЛА – легочная артерия; РК ТФ – радикальная коррекция тетрады Фалло.

**Note:** LV EDV – end-diastolic volume of the left ventricle; PA – pulmonary artery; RC – radical correction; RVOT – right ventricular outflow tract.

При сравнении периоперационных особенностей РК ТФ у детей из группы 1 медиана времени искусственного кровообращения составила 127,5 [119,0; 144,5] мин, пережатия аорты – 86,0 [77,5; 94,7] мин, у детей из группы 2 – 110,0 [93,0; 119,0] и 70,0 [66,0; 79,0] мин соответственно. Это объясняется дополнительными манипуляциями по эксплантации стента из ВОПЖ помимо основных этапов операции РК.

Для эксплантации ранее установленного стента необходимо выполнить разрез ВОПЖ продольно от фиброзного кольца ЛА по направлению к верхушке, протяженность разреза около 6–7 мм, в случае расположения правожелудочковой ветви на пути венрикулотомии, следует выполнить немного косой разрез, при этом возможно пересечение ветвей правожелудочковой артерии, идущих к гипертрофированному миокарду ВОПЖ и участвующих в обструкции. После оголения передней поверхности стента его иссечение производится острым путем вдоль стенок. Прилежащий к стенту миокард участвовал в динамической обструкции пути оттока от правого желудочка и должен быть удален в процессе миоэктомии, при этом не стоит бояться во время эксплантации стента иссекать прилежащий миокард. Стент из ствола ЛА обычно удаляется свободно, мы редко отмечаем его врастание, возможно интимное сращение со створками кЛА, однако почти всегда их можно отделить от стента без существенного повреждения. При необходимости разрез может быть продлен трансаннулярно по направлению к бифуркации. Миоэктомия и миотомия из ВОПЖ в последующем выполняются стандартно.

При сравнении госпитальных исходов значимой разницы во времени нахождения детей на искусственной вентиляции легких не отмечено. Время

послеоперационной реабилитации в отделении реанимации и кардиохирургическом отделении, уровень SpO<sub>2</sub> и градиент давления ВОПЖ также достоверно не различались. Это свидетельствует о положительном влиянии паллиативного вмешательства в объеме стентирования ВОПЖ посредством обеспечения достаточной степени подготовки малого круга при нормализации антеградного кровотока в системе ЛА. Также в период между стентированием ВОПЖ и проведением РК дети из группы 1 активно прибавляли в весе, что также благоприятно сказалось на исходах РК.

### Ранний послеоперационный период (после РК ТФ)

#### Группа 1, стентирование ВОПЖ

В раннем послеоперационном периоде в течение двух суток после вмешательства у 20,8% детей (n = 5) из группы 1 наблюдалась гиперволемиа малого круга кровообращения, что не позволяло перевести детей с искусственной вентиляции легких на самостоятельное дыхание, при попытках экстубации трахеи отмечалось нарастание дыхательной недостаточности, в интубационной трубке санировалось большое количество розовой мокроты, что указывало на наличие больших аортолегочных коллатералей. Дети были направлены в рентгеноперационную, где проведена их успешная окклюзия.

Также на вторые сутки после РК ТФ у 8,3% детей (n = 2) наблюдалась выраженная дыхательная недостаточность из-за пареза купола диафрагмы, что потребовало его пликации с достижением положительного клинического эффекта. В группе стентирования ВОПЖ у 4,2% детей (n = 1) на 5-сут после РК развилась полная атриовентрикулярная блокада, что потребовало установки электрокар-

**Таблица 3.** Сравнение двух групп на момент поступления для радикальной коррекции ТФ  
**Table 3.** Comparison of the two groups at the time of admission for radical correction of ToF

Показатель / Indicator	Группа 1, стентирование перед РК / Group 1, stage before RC, n = 24	Группа 2, до одноэтапной РК / Group 2, up to single-stage RC, n = 25	Различия / Differences (p)
Возраст на момент РК, дни / Age at the time of the RC, days	172,0 [118,0; 247,5]	121,5 [63,8; 153,0]	0,02
Вес, кг / Weight, kg	5,5 [4,8; 6,3]	5,2 [4,7; 5,6]	0,1009
SpO <sub>2</sub> , %	94,5 [91,7; 98,0]	94,0 [92,0; 95,5]	0,315
Ствол ЛА, см / PA trunk, cm	0,7 [0,5; 0,8]	0,85 [0,6; 0,96]	0,106
Индекс КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> / EDV LV index, ml/m <sup>2</sup>	32,3 [25,9; 50]	57,6 [40,5; 67,1]	0,003
Z-value ствола ЛА, мм / Z-value of the PA trunk, mm	-2,54 [-3,56; -1,25]	-0,37 [-2,99; 0,35]	0,043
Z-value правой ЛА, мм / Z-value of the right PA, mm	-0,07 [-0,27; 0,38]	0,85 [-0,01; 1,71]	0,022
Z-value левой ЛА, мм / Z-value of the left PA, mm	-0,19 [-1,08; 0,44]	1,05 [-0,09; 2,19]	0,013
Градиент давления ВОПЖ, мм рт. ст. / The pressure gradient of the RVOT, mmHg	70,0 [66,0; 90,0]	72,0 [65,5; 80,0]	0,9

**Примечание:** ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка; КДО ЛЖ – конечный диастолический объем левого желудочка; ЛА – легочная артерия; РК – радикальная коррекция.

**Note:** LV EDV – end-diastolic volume of the left ventricle; PA – pulmonary artery; RC – radical correction; RVOT – right ventricular outflow tract.

диостимулятора. Спустя 2 мес. после РК у одного ребенка наблюдалось увеличение градиента давления на ветвях ЛА до 54 мм рт. ст. Пациент был в плановом порядке госпитализирован для проведения пластики ЛА в условиях искусственного кровообращения. Операция прошла успешно.

В данной группе пациентов наблюдалось 8,3% (n = 2) летальных исходов в раннем послеоперационном периоде. У первого ребенка на следующее утро после операции произошла остановка сердечной деятельности, проведен прямой массаж сердца, подключена экстракорпоральная мембранная оксигенация. Из-за внутрижелудочкового кровотечения головного мозга экстракорпоральная мембранная оксигенация остановлена на 7-е сут, констатирована биологическая смерть.

После выписки с одним ребенком, перенесшим РК ТФ, и его родственниками был потерян контакт, судьба пациента неизвестна.

#### Группа 2 (одномоментная РК)

В группе 2 (пациенты с одноэтапной РК ТФ) у одного пациента в первые послеоперационные часы наблюдался повышенный темп поступления крови по дренажам, что стало причиной ревизии и рестернотомии. Источником являлась артериальная ветка надкостницы грудины. Ревизия проведена успешно.

Спустя 10 дней после оперативного вмешательства у ребенка из группы 2 случилось острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу в бассейне среднемозговой артерии, что привело к левостороннему гемипарезу, судорожно-му синдрому. Также с учетом наличия у данного ребенка стойкой атриовентрикулярной блокады и зависимости от временного электрокардиостимулятора принято решение об установке постоянного.

У 4% детей (n = 1) в первые послеоперационные сутки на фоне стабильного состояния развилась брадикардия с переходом в асистолию, проводились реанимационные мероприятия в полном объеме без эффекта, была констатирована биологическая смерть.

У 8% детей (n = 2) в раннем послеоперационном периоде наблюдалась гиперволемиа малого круга, в связи с выявленными большими аортолегочными коллатеральными успешно выполнена рентгенэндоваскулярная окклюзия. Также у 8% детей (n = 2) определена выраженная дыхательная недостаточность, что явилось следствием пареза купола диафрагмы. Данные дети подавались в операционную для пликсации купола диафрагмы с положительным клиническим эффектом (табл. 4).

Спустя год после РК дети двух групп в плановом порядке поступали в поликлинику кардиоцентра на скрининговые обследования. Из группы 1

**Таблица 4.** Госпитальные исходы на момент выписки после проведения РК с учетом смерти от всех причин и незапланированных реопераций

**Table 4.** Hospital outcomes at the time of discharge after RC, taking into account death from all causes and unplanned re-operations

Показатель / Indicators	Стентирование ВОПЖ / Stenting of RVOT, n = 23	Одноэтапная РК ТФ / Single-stage RC TF, n = 24	p
<b>Госпитальные исходы / Hospital outcomes</b>			
Дней ИВЛ / Ventilation days	2,5 [1,0; 4,0]	2,5 [1,0; 5,0]	0,961
Дней в АРО / Days in intensive care	7,5 [5,0; 10,2]	5,5 [4,0; 10,5]	0,335
Дней в КХО / Days in clinic	16,5 [12,5; 27,25]	13,5 [12; 16,25]	0,487
<b>Показатели эффективности операции / Performance indicators of the operation</b>			
SpO <sub>2</sub> , %	98,0 [98,0; 99,0]	98,0 [98,0; 99,2]	0,353
Градиент давления ВОПЖ, мм рт. ст. / The pressure gradient of the RVOT, mmHg	16,5 [9,0; 26,0]	12,0 [10,0; 20,0]	0,754
Индекс КДО, мл/м <sup>2</sup> / EDV LV index (ml/m <sup>2</sup> )	56,52 [46,8; 68,8]	67,81 [59,81; 75,89]	
<b>Клинические конечные точки / Clinical endpoints</b>			
Комбинированная конечная точка (смерть + незапланированная операция по основному заболеванию) / Combined endpoint (death + unplanned surgery for the underlying disease)	0	0	
Кровотечения, потребовавшие рестернотомии / Bleeding that required a re-sternotomy	0	1	
ОНМК / ACA	0	1	
Смерть / Death	3	1	
ЭКС / Pacemaker	1	1	
Парез купола диафрагмы / Paresis of the diaphragm dome	2	2	

**Примечание:** АРО – отделение анестезиологии и реанимации; ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; КДО – конечный диастолический объем; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; РК ТФ – радикальная коррекция тетрады Фалло; ЭКС – электрокардиостимулятор.

**Note:** ACA – acute cerebrovascular accident; EDV LV – end-diastolic volume of left ventricle; RC TF – radical correction of the tetrad of Fallot; RVOT – right ventricular outflow tract.

на очные визиты через год явилось 62,5% ( $n = 15$ ) пациентов. 12,5% ( $n = 3$ ) детей не явились в связи с недостижением необходимого послеоперационного срока наблюдения, 8,3% ( $n = 2$ ) детей переехали в другой регион, в связи с чем явка в поликлинику невозможна. С ними был установлен телефонный контакт для оценки некоторых конечных точек. Из группы 2 очно явились 92% ( $n = 23$ ) детей. 4% ( $n = 1$ ) больных детского возраста не достигли необходимого послеоперационного срока наблюдения. Каждому из явившихся проводилась трансторакальная эхокардиография по стандартному протоколу. По данным электрокардиограммы у всех детей сохранялся синусовый ритм, без учета случая имплантации электрокардиостимулятора.  $SpO_2$  не оценивалось в связи с отсутствием рецидивирования цианотического синдрома. Госпитализаций в связи с ухудшением состояния и реопераций не наблюдалось.

**Послеоперационный период – наблюдение через 3 года после РК.** Спустя 3 года продолжали диспансерное наблюдение 45,8% ( $n = 11$ ) детей из группы стентирования ВОПЖ, 25% ( $n = 6$ ) не достигли необходимого срока наблюдения. У одного ребенка из данной группы наблюдалось нарастание градиента на ЛА по данным эхокардиографии, что потребовало повторных госпитализации и операции в условиях искусственного кровообращения в объеме пластики устьевого стеноза и левой легочной артерии заплатой из ксеноперикарда.

Из группы одномоментной РК 60% ( $n = 15$ ) детей явились на плановое обследование, 36% ( $n = 9$ ) не достигли необходимого срока наблюдения. По данным электрокардиограммы, ритм синусовый у всех наблюдаемых. Реопераций в данной группе не зарегистрировано.

**Послеоперационный период – наблюдение через 5 лет после РК.** Из группы стентирования ВОПЖ 33,3% ( $n = 8$ ) детей имели срок наблюдения 5 лет, 37,5% ( $n = 9$ ) не достигли необходимого срока наблюдения. Из группы одномоментной РК срок наблюдения 7 лет отмечен у 20% ( $n = 5$ ) детей, 76% ( $n = 19$ ) не достигли необходимого срока наблюдения. Ни в одном случае повторных госпитализаций в связи с ухудшением состояния и повторных операций не наблюдалось (табл. 5).

## Обсуждение

На настоящий момент существуют различные подходы к ведению пациентов с ТФ. При благоприятном течении заболевания у детей с ТФ без цианоза, с нормальной массой тела, без тяжелых сопутствующих патологий рекомендуется выполнять одномоментную РК. Однако в клинической практике детские кардиохирурги часто сталкива-

ются с тяжелой когортой пациентов, которым невозможно выполнить одномоментную РК и приходится прибегнуть к поэтапной стратегии. Однако превосходство поэтапного паллиативного подхода по сравнению с первичной радикальной коррекцией ТФ у детей неоднозначно продемонстрировано в проведенных исследованиях [7]. В рамках паллиативной помощи до РК ТФ наиболее часто выполняются «открытые» операции на сердце с формированием системно-легочного анастомоза. Несмотря на повсеместное использование, модифицированный шунт Блелока – Тауссига имеет и недостатки: неравномерное развитие и стенозы ЛА в месте анастомоза, окклюзия шунта, нестабильность гемодинамики в раннем послеоперационном периоде [8]. При этом такой паллиативный метод как стентирование ВОПЖ, также увеличивающий легочный кровоток после рождения ребенка с ТФ, демонстрирует главное преимущество – малоинвазивность. Однако результаты использования данного метода пока противоречивы [9].

При анализе литературы не найдено работ, посвященных сравнительному анализу исходов пациентов при проведении одномоментной РК ТФ и поэтапной коррекции порока, включающей стентирование ВОПЖ и последующую РК.

В проведенном нами исследовании мы сравнили две группы детей: поэтапной коррекции ТФ со стентированием ВОПЖ (группа 1) и одномоментной РК ТФ (группа 2). Выбор поэтапной стратегии в группе 1 был обусловлен их более тяжелым клиническим статусом, коморбидным фоном, выраженным цианозом и маловесностью. Стентирование ВОПЖ улучшает пульсирующий венозный кровоток к ЛА, повышая  $SpO_2$  без снижения диастолического давления в аорте и коронарной перфузии. В нашем исследовании в группе стентирования ВОПЖ после паллиативного этапа и до поступления детей в медицинское учреждение для выполнения РК ТФ отмечены значительная прибавка в весе с увеличением медианы на 1,9 кг, улучшение  $SpO_2$  сразу же после установки стента в ВОПЖ с 80 до 94,5%, увеличение медианы индекса КДО ЛЖ на 9,23 мл/м<sup>2</sup> и положительное влияние на развитие легочного русла.

В исследовании M. Ghaderian и соавт. также продемонстрировано, что стентирование ВОПЖ способствует редукции гипоплазии сосудов малого круга кровообращения. Авторы при сравнении стентирования ВОПЖ с модифицированным шунтом Блелока – Тауссига пришли к выводу, что эти две методики сопоставимы [10]. По данным D. Quandt и коллег, меньшая длительность интенсивной терапии и времени пребывания в стационаре отмечена в группе со стентированным ВОПЖ, однако частота повторного вмешательства в виде повторного стентирования у этих па-

циентов была выше [11]. В нашем исследовании длительность интенсивной терапии и время нахождения в медицинском учреждении были выше в группе стентирования ВОПЖ по сравнению с группой одномоментной РК, поскольку дети группы 1 были тяжелее по клиническому статусу. J. Ventham и соавт. обнаружили лучшую выживаемость после стентирования ВОПЖ (отношение шансов 0,25, 95% доверительный интервал 0,07–0,85) по сравнению с модифицированным шунтом Блелока – Тауссига [12]. Тогда как А. Glatz и соавт. не обнаружили различий в выживаемости (отношение шансов 0,64, 95% доверительный интервал 0,28–1,47) [13].

В рамках данной работы применение подхода поэтапной коррекции ТФ со стентированием ВОПЖ у маловесных новорожденных с выражен-

ной гипоксемией продемонстрировало равнозначное влияние на динамику SpO<sub>2</sub> и обратное ремоделирование сердца при сравнении с менее тяжелой когортой пациентов, подвергшихся одномоментной РК ТФ. В основе получения столь обнадеживающего положительного клинического эффекта лежит удовлетворительный результат биосовместимости имплантированных коронарных стентов в выходной отдел ПЖ, что было изучено нами ранее в исследовании с гистологической оценкой эксплантированных стентов [14]. Тем самым паллиативное вмешательство в виде стентирования ВОПЖ помогло подготовить тяжелую когорту детей к проведению РК. На момент поступления в учреждение для проведения РК исходно не равнозначные по своему клиническому статусу группы детей практически выровнялись по показателям после стен-

**Таблица 5.** Послеоперационный период – наблюдение через 1, 3 и 5 лет год после РК  
**Table 5.** Postoperative period – follow-up 1 year, 3 years and 5 years after RC

1 год наблюдения / 1 year of observation		
Показатель / Indicator	Стентирование ВОПЖ / RVOT stenting, n = 15	Одномоментная РК / Single-stage RC, n = 23
Возраст, мес. / Age, months	22 [17; 23]	15,5 [14,7; 18]
Масса тела, кг / Body weight, kg	8 [7,1; 8,75]	8,5 [7,5; 9,4]
ФВ ЛЖ / EF LV, %	74 [70; 76]	71 [67; 74]
<b>Индекс КДО ЛЖ / The EDV index of LV</b>	<b>71,42 [57,17; 72,17]</b>	<b>63,82 [42,25; 86,4]</b>
Градиент давления ЛА / The pressure gradient of the PA	12 [9,5; 25,5]	13,5 [10,2; 19,5]
Смерть / Death	0	0
Реоперация / Re-operation	0	0
3 года наблюдения / 3 years of observation		
Показатели / Indicators	Стентирование ВОПЖ / RVOT stenting, n = 11	Одномоментная РК / Single-stage RC, n = 15
Возраст, мес. / Age, months	42 [38,25; 46,75]	40 [39; 47]
Масса тела, кг / Body weight, kg	10 [9,1; 12,7]	13,5 [10,5; 14,35]
ФВ ЛЖ / EF LV, %	69 [68,5; 74,5]	69 [67; 73]
Индекс КДО ЛЖ / The EDV index of LV	64,06 [51,66; 68,68]	69,76 [63,45; 81,54]
Градиент давления ЛА / The pressure gradient of the PA	13 [11,5; 18,75]	11 [9,5; 14]
Смерть / Death	0	0
Реоперация / Re-operation	1	0
5 лет наблюдения / 5 years of observation		
Показатель / Indicator	Стентирование ВОПЖ / RVOT stenting, n = 8	Одномоментная РК / Single-stage RC, n = 7
Возраст, мес. / Age, months	66 [64,25; 73,0]	66 [64; 66,5]
Масса тела, кг / Body weight, kg	16 [14,75; 16,33]	17 [15,75; 18,35]
ФВ ЛЖ / EF LV, %	66 [66; 72,75]	70 [68; 71,5]
Индекс КДО ЛЖ / The EDV index of LV	100 [55,34; 102,7]	120,51 [97,82; 150,87]
Градиент давления ЛА / The pressure gradient of the PA	19 [14,25; 19,25]	11 [8; 15]
Смерть / Death	0	0
Реоперация / Re-operation	0	0

**Примечание:** ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка; КДО ЛЖ – конечный диастолический объем левого желудочка; ЛА – легочная артерия; РК – радикальная коррекция; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка.

**Note:** EF LV – left ventricular ejection fraction; LV EDV – end-diastolic volume of the left ventricle; Pav – pulmonary artery; RC ToF – radical correction of Tetralogy of Fallot; RVOT – right ventricular outflow tract.

тирования ВОПЖ. РК в данной группе прошла не менее успешно, чем у детей, подвергшихся одномоментной РК.

В отдаленном периоде наблюдения дети из заведомо неравнозначных по исходному статусу групп были практически сопоставимы по клиническим характеристикам, особенностям ремоделирования сердца, достижению конечных точек. При оценке отдаленных результатов мы акцентировали внимание на таких конечных точках, как смерть от всех причин, повторные реоперации по поводу основного заболевания, нарушения проводимости сердца, требующие установку электрокардиостимулятора, острое нарушение мозгового кровообращения. Между двумя группами не выявлено достоверных различий в одно-, трех- и пятилетнем периоде наблюдения.

#### Информация об авторах

*Ляпин Антон Александрович*, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 2 федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-1661-1135

*Тарасов Роман Сергеевич*, доктор медицинских наук заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

#### Вклад авторов в статью

*LAA* – интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

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

#### Заключение

Стентирование ВОПЖ с последующей РК ТФ в тяжелой группе детей продемонстрировало сопоставимые результаты с одномоментной РК ТФ у более стабильной группы пациентов на протяжении госпитального, одно-, трех- и пятилетнего периода наблюдения.

#### Конфликт интересов

А.А. Ляпин заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Тарасов входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

#### Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

#### Author Information Form

*Lyapin Anton A.*, PhD, cardiovascular surgeon, Cardiac Surgery Department No. 2, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-1661-1135

*Tarasov Roman S.*, PhD, Head of the Laboratory of X-ray endovascular and reconstructive cardiovascular surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

#### Author Contribution Statement

*LAA* – data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Becker A.E., Connor M., Anderson R.H. Tetralogy of Fallot: a morphometric and geometric study. *American Journal of Cardiology*. 1975;35:402-412. doi: 10.1016/0002-9149(75)90034-x
2. van der Linde D., Konings E.E., Slager M.A., Witsenburg M., Helbing W.A., Takkenberg J.J., Roos-Hesselink J.W. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(21):2241-7. doi: 10.1016/j.jacc.2011.08.025
3. Blalock A., Taussig H.B. The surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia. *JAMA*. 1945; 128: 189-202
4. Lillehei C.W., Cohen M., Warden H.E., Read R.C., Aust J.B., Dewall R.A., Varco R.I. Direct vision intracardiac surgical correction of tetralogy of Fallot, pentalogy of Fallot, and pulmonary atresia defects: report of first ten cases. *Ann Surg* 1955;142(3):418-42. doi: 10.1097/00000658-195509000-00010.
5. Бокерия Л.А., Арнаутова И.В., Волков С.С., Горбачевски В., Дидык В.П., Зеленикин М.М. и др. Тетрада Фалло. Клинические рекомендации 2016. Режим доступа: <https://racs.ru/clinic/files/2016/Tetralogy-Fallot.pdf> (дата обращения 18.01.2024)
6. Gibbs J.L., Uzun O., Blackburn M.E., Parsons J.M., Dickinson D.F. Right ventricular outflow stent implantation: an alternative to palliative surgical relief of infundibular pulmonary stenosis. *Heart* 1997;77:176-9. doi: 10.1136/hrt.77.2.176.
7. Lenko E., Kulyabin Y., Zubritskiy A., Gorbatykh Y., Naberukhin Y., Nichay N., Bogachev-Prokophiev A., Karaskov A. Influence of staged repair and primary repair on outcomes in patients with complete atrioventricular septal defect and tetralogy of Fallot: A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2018;26(1):98-105. doi: 10.1093/icvts/ivx267.
8. Chamié F. Transcatheter Palliation for Tetralogy of Fallot. *Arq Bras. Cardiol*. 2021;117(4):664-5. doi: 10.36660/abc.20210735.
9. Law M.A., Glatz A.C., Romano J.C., Chai P.J., Mascio C.E., Petit C.J., McCracken C.E., Kelleman M.S., Nicholson G.T., Meadows J.J., Zampi J.D., Shahanavaz S., Batlivala S.P., Pettus J., Pajk A.L., Hock K.M., Goldstein B.H., Qureshi A.M.; Congenital Cardiac Research Collaborative (CCRC)

Investigators. Palliation Strategy to Achieve Complete Repair in Symptomatic Neonates with Tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol.* 2022;43(7):1587-1598. doi: 10.1007/s00246-022-02886-0.

10. Ghaderian M., Ahmadi A., Sabri M.R., Behdad S., Dehghan B., Mahdavi C., Mansourian M., Shahsanaei F. Clinical Outcome of Right Ventricular Outflow Tract Stenting Versus Blalock-Taussig Shunt in Tetralogy of Fallot: A systematic Review and Meta-Analysis. *Curr Probl Cardiol.* 2021;46(3):100643. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2020.100643.

11. Quandt D., Ramchandani B., Penford G., Shauq A., Kalantre A., Derrick G., Chen R.H., Dhillon R., Taliotis D., Kang S.L., Crossland D., Adesokan A., Hermuzi A., Kudumula V., Yong S., Noonan P., Hayes N., Stumper O., Thomson J.D.R. Right ventricular outflow tract stent versus BT shunt palliation in Tetralogy of Fallot. *Heart.* 2017;102(24):1985-1991. 10.1136/heartjnl-2016-310620

12. Bentham J.R., Zava N.K., Harrison W.J., Shauq A., Kalantre A., Derrick G., Chen R.H., Dhillon R., Taliotis D., Kang S.L., Crossland D., Adesokan A., Hermuzi A., Kudumula V., Yong S., Noonan P., Hayes N., Stumper O., Thomson J.D.R. Duct

Stenting Versus Modified Blalock-Taussig Shunt in Neonates With Duct-Dependent Pulmonary Blood Flow: Associations With Clinical Outcomes in a Multicenter National Study. *Circulation.* 2018;137(6):581-8. 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.

13. Glatz A.C., Petit C.J., Goldstein B.H., Kelleman M.S., McCracken C.E., McDonnell A., Buckley T., Mascio C.E., Shashidharan S., Ligon R.A., Ao J., Whiteside W., Wallen W.J., Metcalf C.M., Aggarwal V., Agrawal H., Qureshi A.M. Comparison Between Patent Ductus Arteriosus Stent and Modified Blalock-Taussig Shunt as Palliation for Infants With Ductal-Dependent Pulmonary Blood Flow: Insights From the Congenital Catheterization Research Collaborative. *Circulation.* 2018;137(6):589-601. 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.029987

14. Nokhrin A.V., Tarasov R.S., Mukhamadiyarov R.A., Shishkova D.K., Kutikhin A.G., Dzyuman A.N., Khlusov I.A., Barbarash L.S. Two-stage approach for surgical treatment of tetralogy of Fallot in underweight children: Clinical and morphological outcomes. *J Card Surg.* 2019;34(5):293-299. doi: 10.1111/jocs.14031.

## REFERENCES

1. Becker A.E., Connor M., Anderson R.H. Tetralogy of Fallot: a morphometric and geometric study. *American Journal of Cardiology.* 1975;35:402-412. doi: 10.1016/0002-9149(75)90034-x

2. van der Linde D., Konings E.E., Slager M.A., Witsenburg M., Helbing W.A., Takkenberg J.J., Roos-Hesselink J.W. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(21):2241-7. 10.1016/j.jacc.2011.08.025

3. Blalock A., Taussig H.B. The surgical treatment of malformations of the heart in which there is pulmonary stenosis or pulmonary atresia. *JAMA.* 1945; 128: 189-202

4. Lillehei C.W., Cohen M., Warden H.E., Read R.C., Aust J.B., Dewall R.A., Varco R.I. Direct vision intracardiac surgical correction of tetralogy of Fallot, pentalogy of Fallot, and pulmonary atresia defects: report of first ten cases. *Ann Surg.* 1955;142(3):418-42. doi: 10.1097/00000658-195509000-00010.

5. Bokerija L.A., Arnautova I.V., Volkov S.S., Gorbachevski V., Didyk V.P., Zelenikin M.M. i dr. Tetrada Fallo. Klinicheskie rekomendacii 2016. Available at: <https://racvs.ru/clinic/files/2016/Tetralogy-Fallot.pdf> (accessed 18.01.2024) (In Russian)

6. Gibbs J.L., Uzun O., Blackburn M.E., Parsons J.M., Dickinson D.F. Right ventricular outflow stent implantation: an alternative to palliative surgical relief of infundibular pulmonary stenosis. *Heart* 1997;77:176-9. doi: 10.1136/hrt.77.2.176.

7. Lenko E., Kulyabin Y., Zubritskiy A., Gorbatykh Y., Naberukhin Y., Nichay N., Bogachev-Prokophiev A., Karaskov A. Influence of staged repair and primary repair on outcomes in patients with complete atrioventricular septal defect and tetralogy of Fallot: A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018;26(1):98-105. doi: 10.1093/icvts/ivx267.

8. Chamié F. Transcatheter Palliation for Tetralogy of Fallot. *Arq. Bras. Cardiol.* 2021;117(4):664-5. doi: 10.36660/abc.20210735.

9. Law M.A., Glatz A.C., Romano J.C., Chai P.J., Mascio C.E., Petit C.J., McCracken C.E., Kelleman M.S., Nicholson G.T., Meadows J.J., Zampi J.D., Shahanavaz S., Batlivala S.P., Pettus J., Pajk A.L., Hock K.M., Goldstein B.H., Qureshi A.M.; Congenital Cardiac Research Collaborative (CCRC) Investigators. Palliation Strategy to Achieve Complete Repair in

Symptomatic Neonates with Tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol.* 2022;43(7):1587-1598. doi: 10.1007/s00246-022-02886-0.

10. Ghaderian M., Ahmadi A., Sabri M.R., Behdad S., Dehghan B., Mahdavi C., Mansourian M., Shahsanaei F. Clinical Outcome of Right Ventricular Outflow Tract Stenting Versus Blalock-Taussig Shunt in Tetralogy of Fallot: A systematic Review and Meta-Analysis. *Curr Probl Cardiol.* 2021;46(3):100643. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2020.100643.

11. Quandt D., Ramchandani B., Penford G., Shauq A., Kalantre A., Derrick G., Chen R.H., Dhillon R., Taliotis D., Kang S.L., Crossland D., Adesokan A., Hermuzi A., Kudumula V., Yong S., Noonan P., Hayes N., Stumper O., Thomson J.D.R. Right ventricular outflow tract stent versus BT shunt palliation in Tetralogy of Fallot. *Heart.* 2017;102(24):1985-1991. 10.1136/heartjnl-2016-310620

12. Bentham J.R., Zava N.K., Harrison W.J., Shauq A., Kalantre A., Derrick G., Chen R.H., Dhillon R., Taliotis D., Kang S.L., Crossland D., Adesokan A., Hermuzi A., Kudumula V., Yong S., Noonan P., Hayes N., Stumper O., Thomson J.D.R. Duct Stenting Versus Modified Blalock-Taussig Shunt in Neonates With Duct-Dependent Pulmonary Blood Flow: Associations With Clinical Outcomes in a Multicenter National Study. *Circulation.* 2018;137(6):581-8. 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.

13. Glatz A.C., Petit C.J., Goldstein B.H., Kelleman M.S., McCracken C.E., McDonnell A., Buckley T., Mascio C.E., Shashidharan S., Ligon R.A., Ao J., Whiteside W., Wallen W.J., Metcalf C.M., Aggarwal V., Agrawal H., Qureshi A.M. Comparison Between Patent Ductus Arteriosus Stent and Modified Blalock-Taussig Shunt as Palliation for Infants With Ductal-Dependent Pulmonary Blood Flow: Insights From the Congenital Catheterization Research Collaborative. *Circulation.* 2018;137(6):589-601. 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.029987

14. Nokhrin A.V., Tarasov R.S., Mukhamadiyarov R.A., Shishkova D.K., Kutikhin A.G., Dzyuman A.N., Khlusov I.A., Barbarash L.S. Two-stage approach for surgical treatment of tetralogy of Fallot in underweight children: Clinical and morphological outcomes. *J Card Surg.* 2019;34(5):293-299. doi: 10.1111/jocs.14031.

**Для цитирования:** Ляпин А.А., Тарасов Р.С. Сравнение отдаленных результатов поэтапного подхода со стентированием выходного отдела правого желудочка и одноэтапной радикальной коррекции у детей с Тетрадой Фалло. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2024;13(2): 15-25. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-2-15-25

**To cite:** Lyapin A.A., Tarasov R.S. Comparison of long-term results of a phased approach with stenting of the right ventricular outflow tract and one-stage radical correction in children with Tetralogy of Fallot. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2024;13(2): 15-25. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-2-15-25