

Динамика эхокардиографических показателей функции правого желудочка у детей после радикальной коррекции тетрады Фалло

Максуд А.Саидов¹ · Бахора У.Усмонова^{2*} · Файзулло Ф.Акромов³ · Миржамол О.Обидов⁴ · Бобурмирзо Б.Собиров³

¹ д.м.н., Национальный медицинский центр, г. Ташкент, Республика Узбекистан

² свободный соискатель, MD, Национальный детский медицинский центр, г. Ташкент, Республика Узбекистан

³ MD, Национальный детский медицинский центр, г. Ташкент, Республика Узбекистан

⁴ свободный соискатель, MD, Национальный детский медицинский центр, г. Ташкент, Республика Узбекистан

* Автор для переписки:

bahoraumarovna@gmail.com

Поступила 04.01.2026

Доработана 10.01.2026

Принята 12.02.2026

Опубликована 30.03.2026

АННОТАЦИЯ

Актуальность: Оценка функции правого желудочка после радикальной коррекции тетрады Фалло имеет важное значение для раннего выявления послеоперационной дисфункции миокарда и определения дальнейшей тактики наблюдения. Вместе с тем снижение традиционных показателей продольной систолической функции правого желудочка в раннем послеоперационном периоде может быть связано не только с истинным повреждением миокарда, но и с изменением геометрии и механики сокращения сердца после стернотомии и перикардиотомии.

Цель исследования: Оценить динамику эхокардиографических показателей функции правого желудочка у детей после радикальной коррекции тетрады Фалло и определить влияние возраста пациента и типа хирургической коррекции на характер их послеоперационного восстановления.

Материалы и методы: Проведено ретроспективно-проспективное исследование 101 ребёнка с тетрадой Фалло, перенёвшего радикальную хирургическую коррекцию. Трансторакальную эхокардиографию выполняли до операции, в первые сутки, через 1 месяц и через 3 месяца после вмешательства. Оценивали TAPSE, z-TAPSE, систолическую скорость движения латерального сегмента трикуспидального кольца S' и z-S', фракцию изменения площади правого желудочка (FAC), степень лёгочной регургитации, а также конечно-диастолический объём и индексированный конечно-диастолический объём левого желудочка.

Результаты: В первые сутки после операции зарегистрировано выраженное снижение TAPSE с $14,85 \pm 1,76$ до $6,80 \pm 1,50$ мм ($p < 0,0001$), S' - с $12,13 \pm 1,23$ до $6,20 \pm 1,24$ см/с ($p < 0,0001$), FAC - с $44,45 \pm 6,40$ до $28,72 \pm 6,15\%$ ($p < 0,0001$). К 3-му месяцу TAPSE увеличился до $13,10 \pm 1,86$ мм, S' - до $11,03 \pm 1,14$ см/с. Возраст пациента статистически значимо влиял на абсолютные значения TAPSE на всех этапах наблюдения ($p < 0,0001$); установлена положительная корреляция возраста с величиной прироста TAPSE от первых суток до 3 месяцев ($r = 0,556$; $p < 0,0001$). В первые сутки наиболее низкие показатели TAPSE и S' отмечались после трансаннулярной пластики; различия между типами коррекции были статистически значимыми соответственно при $p = 0,006$ и $p = 0,007$, однако к 1–3 месяцам нивелировались. КДИ ЛЖ последовательно увеличился с $40,00 \pm 15,05$ до $59,40 \pm 11,06$ мл/м² ($p < 0,0001$).

Заключение: Выявленное снижение TAPSE и S' непосредственно после радикальной коррекции тетрады Фалло является закономерным ранним послеоперационным феноменом с последующим существенным восстановлением показателей в течение первых трёх месяцев. Интерпретация функции правого желудочка должна основываться на комплексной оценке TAPSE, S', их z-показателей и FAC с обязательным учётом возраста ребёнка и типа выполненной хирургической коррекции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА тетрада Фалло, дети, правый желудочек, эхокардиография, TAPSE, S', FAC, z-показатель, трансаннулярная пластика, радикальная коррекция.

Dynamics of echocardiographic parameters of right ventricular function in children after total correction of tetralogy of Fallot

Maksud A.Saidov¹ · Bakhora U.Usmonova^{2*} · Fayzullo F.Akramov³ · Mirzhamol O.Obidov⁴ · Boburmirzo B.Sobirov³

ABSTRACT

Background: Assessment of right ventricular (RV) function following total correction of tetralogy of Fallot is essential for the early detection of postoperative myocardial dysfunction and for guiding further follow-up strategies. However, the decline in traditional parameters of RV longitudinal systolic function in the early postoperative period may not only reflect true myocardial damage, but also alterations in cardiac geometry and mechanics resulting from sternotomy and pericardiectomy.

Objective: To evaluate the dynamics of echocardiographic parameters of right ventricular function in children after total correction of tetralogy of Fallot and to determine the impact of patient age and surgical correction type on their postoperative recovery pattern.

Materials and Methods: A retrospective-prospective study was conducted involving 101 children with tetralogy of Fallot who underwent total surgical correction. Transthoracic echocardiography was performed preoperatively, on postoperative day 1, at 1 month, and at 3 months after surgery. TAPSE, z-TAPSE, peak systolic velocity of the lateral tricuspid annulus S' and z-S', right ventricular fractional area change (FAC), degree of pulmonary regurgitation, as well as left ventricular end-diastolic volume (EDV) and indexed end-diastolic volume (iEDV) were evaluated.

Results: On the first day after surgery, a marked decrease was recorded in TAPSE from 14.85 ± 1.76 to 6.80 ± 1.50 mm ($p < 0.0001$), S' from 12.13 ± 1.23 to 6.20 ± 1.24 cm/s ($p < 0.0001$), and FAC from 44.45 ± 6.40 to $28.72 \pm 6.15\%$ ($p < 0.0001$). By month 3, TAPSE increased to 13.10 ± 1.86 mm, and S' to 11.03 ± 1.14 cm/s. Patient age significantly influenced absolute TAPSE values across all follow-up stages ($p < 0.0001$); a positive correlation was established between age and the magnitude of TAPSE gain from day 1 to month 3 ($r = 0.556$; $p < 0.0001$). On day 1, the lowest TAPSE and S' values were observed following transannular patch repair; differences between correction types were statistically significant ($p = 0.006$ and $p = 0.007$, respectively), but normalized by 1–3 months. LV iEDV consistently increased from 40.00 ± 15.05 to 59.40 ± 11.06 mL/m² ($p < 0.0001$).

Conclusion: A pronounced drop in TAPSE and S' immediately following total correction of tetralogy of Fallot is a regular early postoperative phenomenon, followed by substantial recovery over the first three months. Interpretation of right ventricular function should rely on a comprehensive assessment of TAPSE, S', their z-scores, and FAC, mandatory considering child age and the type of surgical repair performed.

KEYWORDS tetralogy of Fallot, children, right ventricle, echocardiography, TAPSE, S', FAC, z-score, transannular patch repair, total correction.

УДК 616.12-007.2-053.2-089.168:616.124.3-073.432.19

1 АКТУАЛЬНОСТЬ

Тетрада Фалло является одним из наиболее распространённых цианотических врождённых пороков сердца и характеризуется сочетанием дефекта межжелудочковой перегородки, обструкции выводного отдела правого желудочка, декстропозиции аорты и гипертрофии правого желудочка [10–13]. Совершенствование хирургической техники и периоперационного ведения пациентов существенно улучшило результаты радикальной коррекции данного порока. Вместе с тем хирургическое устранение анатомического дефекта не исключает последующего формирования функциональных нарушений правого желудочка [4, 15, 16].

Особое клиническое значение имеет состояние правого желудочка в раннем послеоперационном периоде. Изменение его геометрии, воздействие искусственного кровообращения, хирургическая коррекция выводного отдела, перикардия и изменение условий пред- и постнагрузки могут сопровождаться выраженными изменениями эхокардиографических показателей сократимости [5, 6, 9].

Наиболее широко используемыми параметрами продольной систолической функции правого желудочка являются TAPSE и систолическая скорость движения латерального сегмента трикуспидального кольца S' [1–3].

Однако после операций на открытом сердце диагностическая ценность их изолированной оценки ограничена. После стернотомии и вскрытия перикарда может наблюдаться значительное снижение продольной экскурсии правого желудочка, которое не всегда соответствует истинному снижению его глобальной сократительной способности [9].

В педиатрической практике дополнительную сложность создаёт выраженная зависимость абсолютных линейных и скоростных показателей от возраста и размеров тела ребёнка. Поэтому применение z-показателей TAPSE и S', рассчитанных с учётом площади поверхности тела, позволяет повысить объективность оценки и сопоставимость результатов у пациентов разных возрастных групп [2, 3].

Цель исследования - оценить динамику эхокардиографических показателей функции правого желудочка у детей после радикальной коррекции тетрады Фалло и определить влияние возраста пациента и типа хирургической коррекции на характер их послеоперационного восстановления.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе отделения детской кардиохирургии и отделения функциональной диагностики Национального детского медицинского центра (Ташкент, Республика Узбекистан). Проведён ретроспективно-

проспективный анализ данных 101 пациента детского возраста с тетрадой Фалло, перенёсшего радикальную хирургическую коррекцию порока.

Средний возраст пациентов на момент операции составил $19,5 \pm 23,9$ месяца, медиана - 11,9 месяца, диапазон - от 3 до 147,7 месяца. В исследование вошли 61 (60,4%) мальчик и 40 (39,6%) девочек. Все хирургические вмешательства выполнялись в условиях искусственного кровообращения. Средняя продолжительность искусственного кровообращения составила $135,5 \pm 43,8$ мин, время окклюзии аорты - $98,5 \pm 30,5$ мин, общая продолжительность операции - $247,8 \pm 56,6$ мин.

В зависимости от возраста на момент хирургического вмешательства пациенты были разделены на четыре группы: до 6 месяцев - 18 (17,8%) пациентов; 6–12 месяцев - 33 (32,7%); 12–24 месяца - 30 (29,7%); старше 24 месяцев - 20 (19,8%).

По типу радикальной коррекции клапансохраняющее вмешательство выполнено у 63 (62,4%) пациентов, трансаннулярная пластика выводного отдела правого желудочка - у 16 (15,8%), трансаннулярная пластика с созданием моностворки или клапана из ушка правого предсердия - у 20 (19,8%). У 2 (2,0%) пациентов тип вмешательства в исходной базе не был уточнён.

Трансторакальную эхокардиографию проводили на четырёх этапах: за 24–48 ч до хирургического вмешательства, в первые сутки после операции, через 1 месяц и через 3 месяца после радикальной коррекции.

Определяли TAPSE (мм), z-TAPSE, систолическую скорость движения латерального сегмента фиброзного кольца трикуспидального клапана S' (см/с), z-S', FAC (%), степень трикуспидальной и лёгочной регургитации, градиент систолического давления между правым желудочком и лёгочной артерией. Дополнительно оценивали конечно-диастолический объём левого желудочка, индексированный конечно-диастолический объём левого желудочка и фракцию выброса левого желудочка.

Площадь поверхности тела рассчитывали по формуле Наускок: $BSA = 0,024265 \times \text{рост(см)}^{0,3964} \times \text{масса тела(кг)}^{0,5378}$ [14]. Индексированный конечно-диастолический объём левого желудочка рассчитывали как КДИ ЛЖ = КДО ЛЖ / BSA, мл/м².

Перед статистической обработкой проведена верификация исходной базы данных. Технически недостоверные значения исключались из соответствующих видов анализа. Для расчёта КДИ ЛЖ использованы данные 100 пациентов; количество доступных измерений FAC варьировало в зависимости от этапа наблюдения.

Статистический анализ проводили с использованием Python (pandas, SciPy). Количественные данные представлены в виде $M \pm SD$. Для анализа связанных выборок применяли парный t-критерий Стьюдента, межгрупповые различия оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Взаимосвязь количественных показателей оценивали коэффициентом корреляции Пирсона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ

Наиболее выраженные изменения функции правого желудочка наблюдались в первые сутки после радикальной коррекции. TAPSE снизился с $14,85 \pm 1,76$ мм до $6,80 \pm 1,50$ мм ($p < 0,0001$). Через 1 месяц показатель увеличился до $11,50 \pm 2,03$ мм, а через 3 месяца - до $13,10 \pm 1,86$ мм. Аналогичная динамика наблюдалась для S': исходное значение $12,13 \pm 1,23$ см/с снизилось до $6,20 \pm 1,24$ см/с ($p < 0,0001$), затем увеличилось до $7,39 \pm 1,00$ см/с через 1 месяц и до $11,03 \pm 1,14$ см/с через 3 месяца. Динамика показателей представлена в таблице 1.

Таблица 1. Динамика показателей функции правого желудочка после радикальной коррекции тетрады Фалло

Показатель	До операции	1-е сутки	1 месяц	3 месяца
TAPSE, мм	$14,85 \pm 1,76$	$6,80 \pm 1,50$	$11,50 \pm 2,03$	$13,10 \pm 1,86$
z-TAPSE, SD	$-0,25 \pm 0,74$	$-5,73 \pm 0,87$	$-2,53 \pm 0,29$	$-1,44 \pm 0,27$
S', см/с	$12,13 \pm 1,23$	$6,20 \pm 1,24$	$7,39 \pm 1,00$	$11,03 \pm 1,14$
z-S', SD	$1,08 \pm 0,45$	$-3,28 \pm 0,88$	$-2,32 \pm 0,38$	$0,26 \pm 0,29$
FAC, %	$44,45 \pm 6,40$	$28,72 \pm 6,15$	$39,49 \pm 8,67$	$41,27 \pm 9,34$

При последовательных сравнениях изменения TAPSE и S' между основными временными точками были статистически значимыми ($p < 0,0001$). FAC снизилась с $44,45 \pm 6,40\%$ до $28,72 \pm 6,15\%$ в первые сутки ($p < 0,0001$), после чего демонстрировала тенденцию к восстановлению. Ограниченное количество измерений FAC через 1 и 3 месяца снижало статистическую мощность анализа её поздней динамики.

Возраст пациента существенно влиял на абсолютные значения TAPSE. Во всех четырёх временных точках различия между возрастными группами были статистически значимыми ($p < 0,0001$). Динамика TAPSE в зависимости от возраста ребёнка представлена в таблице 2.

Таблица 2. Динамика TAPSE в зависимости от возраста ребёнка на момент операции

Возрастная группа	До операции, мм	1-е сутки, мм	1 месяц, мм	3 месяца, мм
До 6 месяцев	12,55	5,01	8,70	10,82
6–12 месяцев	14,09	6,18	10,47	12,15
12–24 месяца	15,75	7,25	12,29	13,63
Старше 24 месяцев	16,74	8,71	14,46	15,99
p, ANOVA	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$< 0,0001$	$< 0,0001$

Между возрастом ребёнка и абсолютным приростом TAPSE от первых суток до 3 месяцев после операции выявлена статистически значимая положительная корреляция ($r = 0,556$; $p < 0,0001$; $n = 100$), что подтверждает необходимость использования стандартизированных z-величин при сравнении детей разных возрастных групп.

Тип хирургической коррекции также оказывал влияние на показатели функции ПЖ непосредственно после вмешательства. После клапансохраняющей коррекции TAPSE в первые сутки составлял $7,12 \pm 1,42$ мм, после трансаннулярной пластики - $5,85 \pm 1,27$ мм, после трансаннулярной пластики с созданием моностворки/клапана - $6,52 \pm 1,65$ мм ($p = 0,006$). Значения S' составляли соответственно $6,45 \pm 1,27$; $5,41 \pm 0,76$ и $5,95 \pm 1,24$ см/с ($p = 0,007$). К 1 и 3 месяцам межгрупповые различия нивелировались: для TAPSE $p = 0,198$ и $p = 0,341$, для S' - $p = 0,283$ и $p = 0,121$.

КДИ ЛЖ увеличился с $40,00 \pm 15,05$ мл/м² до операции до $48,29 \pm 11,65$ мл/м² в первые сутки, $54,04 \pm 10,65$ мл/м² через 1 месяц и $59,40 \pm 11,06$ мл/м² через 3 месяца

($p < 0,0001$). ФВ ЛЖ оставалась относительно стабильной: $65,57 \pm 3,39\%$, $63,78 \pm 3,85\%$, $63,31 \pm 2,81\%$ и $62,63 \pm 6,70\%$ соответственно.

Корреляционный анализ не выявил статистически значимой связи FAC с возрастом ребёнка ни до операции ($r = -0,064$; $p = 0,700$), ни в первые сутки после вмешательства ($r = -0,145$; $p = 0,281$).

4 ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты демонстрируют характерную фазность изменения продольной систолической функции правого желудочка после радикальной коррекции тетрады Фалло. Максимальное снижение TAPSE и S' наблюдалось непосредственно после операции, тогда как в последующие три месяца происходило их последовательное восстановление.

Выявленная динамика согласуется с данными Terol и соавт. [5], продемонстрировавшими снижение TAPSE и S' после хирургической коррекции тетрады Фалло. Аналогичные изменения продольной механики правого желудочка описаны Dehghan и соавт. [6]. Результаты настоящего исследования позволяют проследить не только раннее снижение, но и последовательное восстановление показателей на протяжении первых трёх месяцев.

Выраженное снижение TAPSE непосредственно после операции не должно автоматически рассматриваться как эквивалент истинной глобальной систолической дисфункции ПЖ. После стернотомии и перикардотомии изменяются геометрия сердца и соотношение продольного и радиального компонентов сокращения правого желудочка. Поэтому интерпретация изолированного TAPSE без оценки S' , FAC, гемодинамических показателей и клинического состояния пациента может приводить к гипердиагностике послеоперационной дисфункции [9].

Возрастной анализ подчёркивает ограничения использования абсолютных величин TAPSE в педиатрической практике. Значения показателя закономерно увеличивались с возрастом ребёнка, а различия между возрастными группами сохранялись на всех этапах исследования. Для межиндивидуального сравнения более обоснованным является применение z-TAPSE и z- S' , учитывающих антропометрические особенности пациента [2, 3].

В первые сутки после трансаннулярной пластики TAPSE и S' были статистически значимо ниже, чем после клапансохраняющей коррекции. Исчезновение этих различий через 1–3 месяца свидетельствует о преимущественно раннем адаптационном характере выявленного эффекта. Вместе с тем наличие трансаннулярной пластики сохраняет значение для длительного наблюдения ввиду риска хронической лёгочной регургитации и объёмной перегрузки ПЖ [7, 8, 15, 16].

Последовательное увеличение КДИ ЛЖ на фоне относительно стабильной ФВ ЛЖ может отражать изменение межжелудочкового взаимодействия и улучшение условий диастолического наполнения левого желудочка после устранения обструкции выводного отдела ПЖ. FAC представляет дополнительный показатель глобальной систолической функции ПЖ и, согласно полученным данным,

статистически не зависит от возраста пациента, однако его практическое применение ограничивается качеством визуализации эндокардиального контура ПЖ [1, 3].

Основным ограничением исследования являлось небольшое количество доступных измерений FAC через 1 и 3 месяца после хирургического вмешательства. Кроме того, исследование выполнено на базе одного специализированного центра. Перспективным направлением является сопоставление эхокардиографических показателей с результатами магнитно-резонансной томографии сердца и методами оценки деформации миокарда.

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У детей после радикальной коррекции тетрады Фалло в первые сутки развивается выраженное снижение продольных эхокардиографических показателей функции правого желудочка: TAPSE уменьшается с $14,85 \pm 1,76$ до $6,80 \pm 1,50$ мм, S' - с $12,13 \pm 1,23$ до $6,20 \pm 1,24$ см/с ($p < 0,0001$), после чего происходит их последовательное восстановление.

К 3-му месяцу TAPSE достигает $13,10 \pm 1,86$ мм, S' - $11,03 \pm 1,14$ см/с, а z- S' практически возвращается к нормативному уровню. Возраст ребёнка статистически значимо связан с абсолютными значениями и темпами восстановления TAPSE, что обосновывает использование z-показателей при интерпретации эхокардиографических данных.

Трансаннулярная пластика ассоциирована с более выраженным снижением TAPSE и S' в первые сутки после операции, однако различия между типами хирургической коррекции нивелируются в течение последующих 1–3 месяцев. Комплексная оценка TAPSE, S' , соответствующих z-показателей, FAC и параметров межжелудочкового взаимодействия является более обоснованным подходом, чем использование какого-либо одного показателя.

ДЕКЛАРАЦИИ / DECLARATIONS

Вклад авторов. В исходной рукописи индивидуальное распределение ролей авторов по CRediT не указано. Все пять авторов указаны как авторы рукописи; конкретное распределение ролей должно быть подтверждено авторами до публикации.

Author Contributions. The source manuscript does not specify the individual CRediT contributor roles. All five contributors are listed as authors; the specific allocation of roles should be confirmed by the authors before publication.

Финансирование. В исходной рукописи сведения о внешнем финансировании исследования не представлены.

Funding. No information on external research funding is provided in the source manuscript.

Роль финансирующей организации / спонсора. Не применимо до уточнения сведений о финансировании авторами.

Role of the Funder/Sponsor. Not applicable pending confirmation of funding information by the authors.

Одобрение этического комитета. Исследование вклю-

чает клинические данные 101 пациента детского возраста. В исходной рукописи сведения об одобрении локальным этическим комитетом, включая номер и дату решения, не представлены; эти сведения необходимо подтвердить и внести до публикации.

Ethics Approval. The study includes clinical data from 101 pediatric patients. The source manuscript does not provide information on approval by a local ethics committee, including the approval number and date; this information should be confirmed and added before publication.

Информированное согласие. В исходной рукописи сведения о получении информированного согласия родителей или законных представителей пациентов не представлены; данная информация требует подтверждения авторами до публикации.

Informed Consent. The source manuscript does not state whether informed consent was obtained from the patients' parents or legal guardians; this information requires confirmation by the authors before publication.

Согласие на публикацию. Рукопись не содержит идентифицируемых индивидуальных данных пациентов. Отдельное согласие на публикацию идентифицируемых материалов в исходной рукописи не заявлено.

Consent for Publication. The manuscript contains no identifiable individual patient data. Separate consent for publication of identifiable material is not reported in the source manuscript.

Регистрация клинического исследования. Регистрация клинического исследования в исходной рукописи не указана.

Clinical Trial Registration. Clinical trial registration is not reported in the source manuscript.

Доступность данных. В исходной рукописи не указан публичный репозиторий или иной порядок доступа к исходным данным исследования; условия доступа к данным должны быть уточнены авторами до публикации.

Data Availability Statement. The source manuscript does not specify a public repository or other procedure for access to the underlying study data; data-access conditions should be clarified by the authors before publication.

Благодарности. Благодарности в исходной рукописи не заявлены.

Acknowledgements. No acknowledgements are reported in the source manuscript.

Конфликт интересов. В исходной рукописи сведения о конфликте интересов не представлены; декларация должна быть подтверждена авторами до публикации.

Conflicts of Interest. The source manuscript does not provide a conflict-of-interest statement; the declaration should be confirmed by the authors before publication.

Раскрытие использования искусственного интеллекта. Инструмент искусственного интеллекта использовался только для технического форматирования рукописи в журнальный шаблон и подготовки двуязычных служебных элементов. Научные данные, результаты и выводы исходной рукописи не изменялись.

Artificial Intelligence Disclosure. An artificial intelligence tool was used only for technical formatting of the manuscript in the journal template and for preparing bilingual administrative elements. The scientific data, results, and conclusions of the source manuscript were not altered.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K., Solomon S.D., Louie E.K., Schiller N.B. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(7):685–713.
- [2] Lai W.W., Geva T., Shirali G.S., Frommelt P.C., Humes R.A., Brook M.M., Pignatelli R.H., Rychik J. Guidelines and standards for performance of a pediatric echocardiogram: a report from the Task Force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006;19(12):1413–1430.
- [3] Lopez L., Colan S.D., Frommelt P.C., Ensing G.J., Kendall K., Younoszai A.K., Lai W.W., Geva T. Recommendations for quantification methods during the performance of a pediatric echocardiogram. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(5):465–495.
- [4] Carminati M., Pluchinotta F.R., Piazza L., Micheletti A., Negura D., Chessa M., Butera G., Arcidiacono C., Saracino A., Bussadori C. Echocardiographic assessment after surgical repair of tetralogy of Fallot. *Front Pediatr.* 2015;3:3.
- [5] Terol C., Kamphuis V.P., Hazekamp M.G., Blom N.A., Ten Harkel A.D.J. Left and right ventricular impairment shortly after correction of tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol.* 2020;41(5):1042–1050.
- [6] Dehghan B., Ahmadi A., Sarfarazi Moghadam S., Sabri M.R., Ghaderian M., Mahdavi C., Sedighi M., Bigdelian H. Biventricular strain and strain rate impairment shortly after surgical repair of tetralogy of Fallot in children: a case-control study. *Health Sci Rep.* 2022;5(3):e613.
- [7] Munkhammar P., Cullen S., Jögi P., de Leval M., Elliott M., Norgård G. Early age at repair prevents restrictive right ventricular physiology after surgery for tetralogy of Fallot. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32(4):1083–1087.
- [8] Gatzoulis M.A., Clark A.L., Cullen S., Newman C.G., Redington A.N. Right ventricular diastolic function 15 to 35 years after repair of tetralogy of Fallot: restrictive physiology predicts superior exercise performance. *Circulation.* 1995;91(6):1775–1781.
- [9] TAPSE: A red herring after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2018;32(2):756–758.
- [10] Van der Linde D., Konings E.E.M., Slager M.A., Witsenburg M., Helbing W.A., Takkenberg J.J.M., Roos-Hesselink J.W. Birth prevalence of congenital heart disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(21):2241–2247.
- [11] Шадиева Х.Н., Хайдарова С.Х., Мамутова Э.С. Врожденные пороки сердца. Масштаб проблемы, выявление факторов риска развития врожденных пороков сердца. *Журнал гепато-гастроэнтерологических исследований.* 2021;2(3.2):67–69.
- [12] Саперова Е.В., Вахлова И.В. Врожденные пороки сердца у детей: распространенность, факторы риска, смертность. *Вопросы современной педиатрии.* 2017;16(2):126–133.
- [13] Кардиология детского возраста / под ред. А.Д. Цапергородцева, Ю.М. Белозерова, Л.В. Брегель. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2014. 784 с.
- [14] Haycock G.B., Schwartz G.J., Wisotsky D.H. Geometric method for measuring body surface area: a height-weight formula validated in infants, children and adults. *J Pediatr.* 1978;93(1):62–66.
- [15] Guariento A., Schiena C.A., Cattapan C., Avesani M., Doulamis I.P., Padalino M.A., Castaldi B., di Salvo G., Vida V. Pulmonary valve preservation during tetralogy of Fallot repair: midterm functional outcomes and risk factors for pulmonary regurgitation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2022;62(2):ezac365.
- [16] Martins R.S., Fatimi A.S., Mahmud O., Qureshi S., Nasim M.T., Virani S.S., Tameezuddin A., Yasin F., Malik M.A. Comparing clinical and echocardiographic outcomes following valve-sparing versus transannular patch repair of tetralogy of Fallot: a systematic review and meta-analysis. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg.* 2024;39(1):ivae124.

Отказ от ответственности / Примечание издателя

Утверждения, мнения и данные во всех публикациях принадлежат исключительно отдельным авторам и участникам и не обязательно отра-

жают взгляды издателя, журнала или редакторов. Издатель, журнал и редакторы не несут ответственности за вред людям или ущерб имуществу, возникший вследствие использования идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в тексте.

Disclaimer of Liability/Publisher's Note

The statements, opinions, and data contained in all publications are solely

those of the individual author(s) and contributor(s) and do not necessarily reflect the views of the Publisher, the Journal, or the editors. The Publisher, the Journal, and the editors disclaim responsibility for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.