

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОПЛОСКОСТНЫХ РЕФОРМАЦИЙ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ОСИ СЕРДЦА, В ДИАГНОСТИКЕ АТРЕЗИИ ЛЁГочНОЙ АРТЕРИИ ПРИ РЕНТГЕНОВСКОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Садыкова Г.К.<sup>1,2</sup>, Труфанов Г.Е.<sup>2</sup>, Ипатов В.В.<sup>3</sup>, Рязанов В.В.<sup>1,3</sup>

**Цель исследования.** Представить возможности компьютерно-томографических (КТ) ангиографических многоплоскостных реформаций, ориентированных на оси сердца, в диагностике атрезии лёгочной артерии.

**Материалы и методы.** Ретроспективно проанализированы результаты КТ-ангиокардиографии 33 пациентов с атрезией лёгочной артерии, в возрасте от 1 дня жизни до 9 лет. При анализе многоплоскостных реформаций, ориентированных на оси сердца, определяли расположение и морфологию предсердий и желудочков, впадение системных и лёгочных вен, места отхождения и взаимное расположение аорты и лёгочного ствола, визуализацию выходного отдела правого желудочка, митрально-полулуночное фиброзное продолжение, соотношение камер сердца, наличие коммуникаций (открытое овальное окно, дефект межжелудочковой перегородки, дефект межпредсердной перегородки), источники кровоснабжения лёгких, наличие сопутствующей патологии. Из 33 пациентов с атрезией лёгочной артерии вариант с дефектом межжелудочковой перегородки (ААА с ДМЖП) встречался у 21 пациента (пол: мужской – 8, женский – 13), с интактной межжелудочковой перегородкой (ААА с ИМЖП) – у 12 пациентов (пол: мужской – 9, женский – 3). Анализ последовательно построенных реконструкций, ориентированных на оси сердца, позволяет выявить характерные анатомические признаки атрезии лёгочной артерии, сопутствующую внутрисердечную и внесердечную патологию. Характерные анатомические признаки атрезии лёгочной артерии определяются в реформациях приточных отделов желудочков, по длинной оси левого желудочка, по короткой оси на уровне магистральных артерий.

**Ключевые слова:** врождённый порок сердца, конотрункальные пороки, атрезия лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой, атрезия лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки, рентгеновская компьютерная томография, компьютерно-томографическая ангиокардиография, многоплоскостные реформации, ориентированные на оси сердца.

Контактный автор: Садыкова Г.К., e-mail: kokonyal980@mail.ru,

*Для цитирования:* Садыкова Г.К., Труфанов Г.Е., Ипатов В.В., Рязанов В.В. Возможности применения многоплоскостных реформаций, ориентированных на оси сердца, в диагностике атрезии лёгочной артерии при рентгеновской компьютерной томографии. REJR 2018; 8(3):155-163. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-3-155-163.

Статья получена: 12.08.18

Статья принята: 30.08.18

1 - ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет.  
2 - ФГБУ Научно-исследовательский медицинский центр им. В.А. Алмазова Минздрава России.  
3 - ФГБВОУ ВО Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова Минобороны России.  
г. Санкт-Петербург, Россия.

## THE POSSIBILITIES OF USING COMPUTED TOMOGRAPHY HEART-AXIS-ORIENTED MULTIPLANAR REFORMATIONS IN DIAGNOSTICS OF PULMONARY ARTERY ATRESIA

Sadykova G.K.<sup>1,2</sup>, Trufanov G. E.<sup>2</sup>, Ipatov V.V.<sup>3</sup>, Ryazanov V. V.<sup>1,3</sup>

**Purpose.** The aim of the study was to present the possibilities of heart-axis-oriented computed tomography (CT) angiographic multiplanar reformations in diagnostics of pulmonary artery atresia. Results of CT-angiocardiology of 33 patients with pulmonary artery atresia aged from 1st day-of-life to 9 years old were retrospectively observed and analyzed. Analysis of heart-axis-oriented multiplanar reformations included atria and ventricles localization and morphology, system and pulmonary veins inflows, aorta and pulmonary trunk origins and relative position, visualization of the output portion of the right ventricle, mitral-semilunar fibrous prolongation, proportion of the heart chambers, presence of communications (opened oval window, interatrial and/or interventricular septum defect), the sources of lung perfusion, presence of concomitant pathologies. Of 33 patients with pulmonary artery atresia variation with interventricular septum defect was detected in 21 patient (9 boys and 13 girls), with intact interventricular septum – in 12 patients (9 boys and 3 girls). Analysis of consequently performed heart-axis-oriented multiplanar reformations allows to detect peculiar anatomic signs of pulmonary artery atresia, concomitant intracardial and extracardial pathologies. The most valuable signs of pulmonary artery atresia are detected in followed reformations: supply ventricle division reformation, left ventricle long-axis reformation and short axis reformation at the level of main arteries.

**Keywords:** congenital heart disease, conotruncal defects, pulmonary artery atresia with intact intraventricular septum, pulmonary artery atresia with interventricular septum defect, computed tomography, computed tomographic angiocardiology, heart-axis-oriented multiplanar reformations.

Corresponding author: Sadykova G.K., e-mail: kokonya1980@mail.ru, тел. +7 (953) 375-45-92

*For citation: Sadykova G.K., Trufanov G.E., Ipatov V.V., Ryazanov V. V. The possibilities of using computed tomography heart-axis-oriented multiplanar reformations in diagnostics of pulmonary artery atresia. REJR 2018; 8 (3):155-163. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-3-155-163.*

Received: 12.08.18

Accepted: 30.08.18

**А**трезия лёгочной артерии (АЛА) – это порок, характеризующийся отсутствием сообщения лёгочной артерии с желудочками сердца. Атрезия лёгочной артерии бывает двух типов:

- 1) с дефектом межжелудочковой перегородки (ДМЖП),
- 2) с интактной межжелудочковой перегородкой (ИМЖП).

При атрезии с интактной межжелудочковой перегородкой атрезия клапана лёгочной артерии может быть истинно мышечной либо в виде клапанной мембраны с различимыми синусами и комиссурами [1, 5]. Порок сопровождается разными изменениями правых отделов сердца [1, 2, 3, 5, 9, 12]. Правый атриовентрикулярный клапан трёхстворчатый, всегда изменен, при этом створки утолщены и деформированы. При гипоплазии трёхстворчатого клапана правый желудочек всегда уменьшен в размерах с толстыми стенками, часто с обширным фиб-

розластозом эндокарда. Правый желудочек полностью и правильно сформирован, но из-за гипертрофии миокарда трабекулярный отдел может облитерироваться [1, 2, 5, 12].

При аномалии развития правого атриовентрикулярного клапана с его недостаточностью правый желудочек и правое предсердие увеличены в размерах [2, 5]. Дилатация и гипертрофия полости правого предсердия зависит также и от того, насколько рестриктивно сообщение между предсердиями. В большинстве случаев правое и левое предсердия сообщаются через открытое овальное окно, редко через вторичный дефект межпредсердной перегородки [1, 2, 3, 5, 12].

Вне зависимости от характера изменений правого предсердия и правого желудочка, лёгочный ствол и ветви лёгочной артерии развиты достаточно для обеспечения лёгочного кровотока, благодаря широкому открытому артериальному протоку.

1 - Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.  
2 - Federal State Budgetary Institution «Almazov National Medical Research Centre» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation.  
3 - Federal State Budgetary Military Educational Institution of Higher Education «Military Medical Academy named by S.M. Kirov» of the Ministry of Defense of the Russian Federation.  
St. Petersburg, Russia.

Характерными анатомическими признаками атрезии лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой являются [1, 2, 3, 5, 9,12]:

- 1) атрезия клапана лёгочной артерии,
- 2) интактная межжелудочковая перегородка,
- 3) разная степень гипоплазии трикуспидального клапана и правого желудочка.

При атрезии лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки внутрижелудочковые изменения обусловлены расхождением конусной перегородки и бульбовентрикулярной складки, вследствие этого наджелудочковый гребень отсутствует и определяется большой дефект межжелудочковой перегородки [1, 6].

Инфундибулярный отдел правого желудочка из-за гипоплазии конусной перегородки может быть сужен или не сформирован.

При этом варианте атрезии встречаются нарушения вентрикулярно-артериальных соединений в виде транспозиции и отхождения магистральных артерий от одного желудочка [6, 12].

Остальные отделы сердца сформированы нормально.

Атрезия лёгочно-артериального русла может быть на разных уровнях: от выходного отдела правого желудочка, включая ветви лёгочных артерий [1, 2, 3, 6, 12, 16, 18]. Часто этот порок сопровождается гипоплазией всего лёгочно-артериального дерева.

Источниками кровоснабжения лёгких могут быть: открытый артериальный проток, большие аорто-лёгочные коллатеральные артерии, бронхиальные коллатеральные артерии, медиастинальные коллатеральные артерии, фистулы между коронарными и лёгочными артериями [3, 6, 12].

Характерными анатомическими признаками атрезии лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки являются [1, 2, 3, 6, 9,12]:

- 1) отсутствие сообщения правого желудочка с лёгочно-артериальным руслом, обусловленное атрезией от инфундибулярного отдела правого желудочка;
- 2) большой дефект межжелудочковой перегородки;
- 3) декстропозиция аорты;
- 4) источник коллатерального кровоснабжения лёгких.

Для определения наиболее успешной стратегии коррекции атрезии лёгочной артерии необходимо детально установить все вышеописанные анатомические особенности. В настоящее время КТ-коронарография является наиболее перспективным неинвазивным лучевым методом для достижения данной цели. Мы предлагаем анализировать данные КТ-

кардиоангиографии путём построения многоплоскостных реформаций, ориентированных на оси сердца. Это позволит не только сократить время анализа изображений при КТ-кардиоангиографии, но и сопоставлять результаты КТ-исследования с эхокардиографическими исследованиями и МРТ.

**Цель исследования:** представить возможности компьютерно-томографических (КТ) ангиографических многоплоскостных реформаций, ориентированных на оси сердца, в диагностике атрезии лёгочной артерии.

**Материалы и методы.** Ретроспективно проанализированы результаты КТ-ангиокардиографии 33 пациентов с атрезией лёгочной артерии, в возрасте от 1 дня жизни до 9 лет. На основе данных КТ-ангиокардиографии были построены многоплоскостные реформации, ориентированные на оси сердца. При анализе многоплоскостных реформаций, ориентированных на оси сердца, определяли: расположение и морфологию предсердий и желудочков, впадение системных и лёгочных вен, места отхождения и взаимное расположение аорты и лёгочного ствола, визуализацию выходного отдела правого желудочка, митрально-полулунное фиброзное продолжение, соотношение камер сердца, наличие коммуникаций (открытое овальное окно, дефект межжелудочковой перегородки, дефект межпредсердной перегородки), источники кровоснабжения лёгких, наличие сопутствующей патологии. В наше исследование не включены случаи, когда атрезия лёгочной артерии является одним из компонентов сложных врождённых пороков сердца: аномалия Эбштейна, полная форма атриовентрикулярного канала, единственный желудочек, митральная атрезия, трикуспидальная атрезия, корригированная транспозиция магистральных артерий.

#### **Результаты и обсуждение.**

В реформации по длинной оси приносящего тракта правого желудочка при атрезии лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой (АЛА с ИМЖП) при гипоплазии правого желудочка в одном срезе видны все три отдела (n=11).

В реформации приточных отделов желудочков при АЛА с ИМЖП визуализируется гипоплазированный правый желудочек (n=7) (рис. 1 а), увеличение правого желудочка и правого предсердия при недостаточности аномального правого атриовентрикулярного клапана (n=4) (рис. 1 б).

В реформации приточных отделов желудочков при атрезии лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки (АЛА с ДМЖП) визуализируется нормально развитый правый желудочек, чаще наблюдается увеличение правых отделов относительно левых отделов

(n=12), реже преобладают размеры левых отделов (n=7), редко правые отделы равны левым (n=2).

В реформации по длинной оси сосуда хорошо визуализируется открытый артериальный проток (рис. 2 а). В случаях праворасположенной дуги аорты открытый артериальный проток лучше виден в реформации приточных отделов желудочков.

При АЛА с ДМЖП наличие и ход коллатеральных артерий можно определить в реформации по длинной оси сосуда (рис. 2 б), в реформации приточных отделов желудочков.

В реформации по длинной оси левого желудочка при АЛА с ИМЖП визуализируется целая межжелудочковая перегородка, митрально-аортальное фиброзное продолжение (рис. 3 а). В реформации по длинной оси левого желудочка при АЛА с ДМЖП визуализируется дефект межжелудочковой перегородки, митрально-аортальное фиброзное продолжение (рис. 3 б).

В реформации по короткой оси сердца на уровне желудочков при АЛА с ИМЖП взаимное расположение желудочков зависит от степени гипоплазии правого желудочка. При выраженной гипоплазии правого желудочка отмечается зигзагообразная деформация межжелудочковой перегородки (рис. 4).

При атрезии лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой (АЛА с ИМЖП) в реформации по короткой оси на уровне магистральных артерий во всех случаях определяется выходной отдел правого желудочка (рис. 5 а), хорошо развитые лёгочный ствол и ветви лёгочных артерий, визуализируется широкий открытый артериальный проток, расположенный кнаружи от левой лёгочной артерии (рис. 5 б). В этой реформации удалось визуализировать клапан лёгочной артерии с хорошо различимыми синусами и комиссурами, с расположенной в центре уплотнённой точки (рис. 5 в).

При КТ-ангиокардиографии возможно косвенно судить об отсутствии прямого кровотока из правого желудочка в лёгочную артерию и, соответственно, о ретроградном заполнении лёгочного ствола, ветвей лёгочной артерии по плотности контрастного вещества в лёгочном стволе, в ветвях лёгочных артерий в сравнении с правыми и левыми отделами сердца. Это возможно при разной плотности контрастного вещества в правых и в левых отделах сердца (рис. 6 а) и невозможно при одинаковой плотности (рис. 6 б). Так при атрезии лёгочной артерии с

интактной межжелудочковой перегородкой плотность контрастного вещества в лёгочной артерии и в ветвях лёгочной артерии одинаковая с левыми отделами сердца, аортой. Это объясняется ретроградным заполнением лёгочного ствола, ветвей лёгочной артерии из аорты через открытый артериальный проток.

При атрезии лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки (АЛА с ДМЖП) в реформации по короткой оси на уровне магистральных артерий возможны три варианта визуализации выходного отдела правого желудочка:

1) визуализируется без признаков стенозирования (n=6) (рис. 7 а), при этом атрезия определялась на уровне клапана лёгочной артерии (n=3), на уровне клапана лёгочной артерии, проксимальной части лёгочного ствола (n=2), на уровне лёгочной артерии и обеих лёгочных артерий (n=1);

2) визуализируется с признаками стенозирования (n=4) (рис. 7 б), при этом атрезия определялась на уровне клапана лёгочной артерии (n=2), на уровне клапана лёгочной артерии, лёгочного ствола с наличием конfluence ветвей (n=2);

3) не визуализируется (n=11) (рис. 7 в), при этом атрезия в большинстве случаев определялась на уровне клапана лёгочной артерии, лёгочного ствола с наличием конfluence ветвей (n=8); на уровне клапана лёгочной артерии (n=3).

Оценить сужение лёгочных артерий возможно в реформации приточных отделов желудочков, по короткой оси на уровне магистральных артерий.

#### **Выводы.**

Анализ последовательно построенных реконструкций, ориентированных на оси сердца, позволяет выявить характерные анатомические признаки атрезии лёгочной артерии, сопутствующую внутрисердечную и внесердечную патологию. Характерные анатомические признаки атрезии лёгочной артерии определяются в реформациях приточных отделов желудочков, по длинной оси левого желудочка, по короткой оси на уровне магистральных артерий.

#### **Источник финансирования и конфликт интересов.**

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

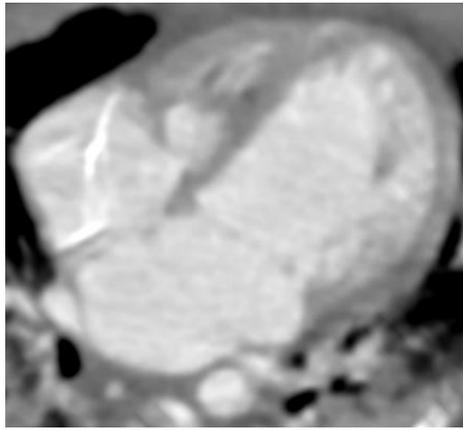


Рис. 1 а (Fig. 1 а)

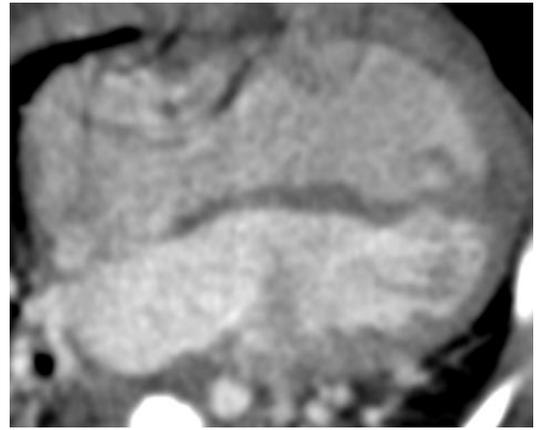


Рис. 1 б (Fig. 1 в)

**Рис. 1. Реформация приточных отделов желудочков.**

Атрезия лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой.

а – Гипоплазия правого желудочка, б – увеличенные правые отделы сердца.

**Fig. 1. Supply ventricle division reformation.**

Pulmonary artery atresia with intact intraventricular septum: a - hypoplasia of the right ventricle, b - increased right heart chambers.



Рис. 2 а (Fig. 2 а)

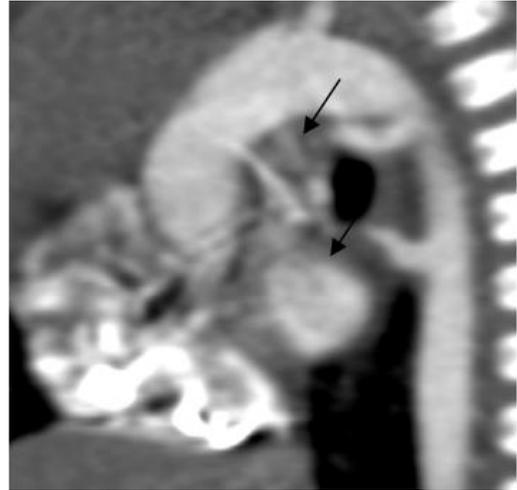


Рис. 2 б (Fig. 2 в)

**Рис. 2. Реформация по длинной оси сосуда.**

а – Открытый артериальный проток (стрелка), б – большие аорто-лёгочные коллатерали (стрелки).

**Fig. 2. Long vessel axis reformation.**

a - opened arterial duct, b - great aorto-pulmonar collaterals (arrows).

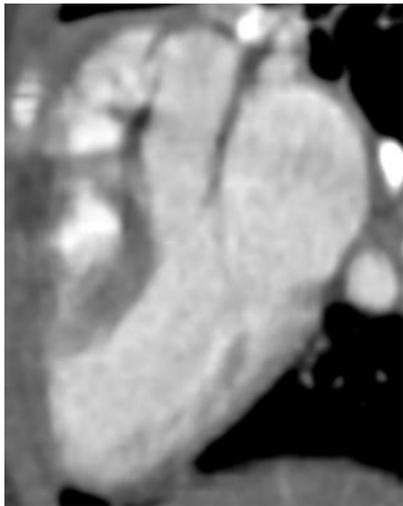


Рис. 3 а (Fig. 3 а)

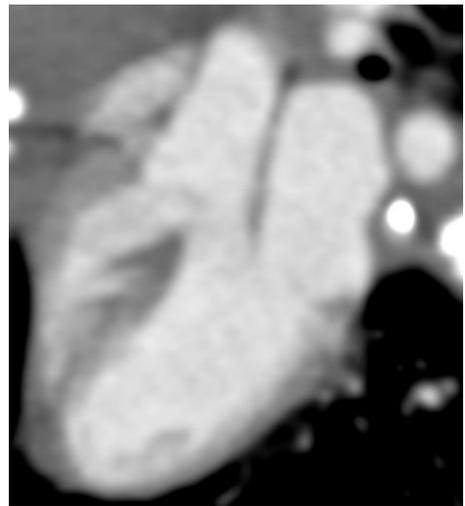


Рис. 3 б (Fig. 3 в)

**Рис. 3. Реформация по длинной оси сосуда левого желудочка.**

а – При атрезии лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой, б – при атрезии лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки.

**Fig. 3. Long heart axis reformation of the left ventricle in pulmonary artery atresia.**

a - with intact intraventricular septum, b - with intraventricular septum defect

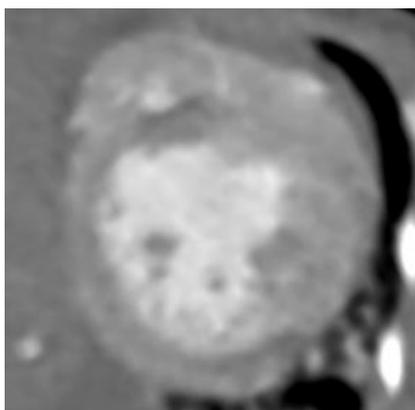


Рис. 4 а (Fig. 4 а)

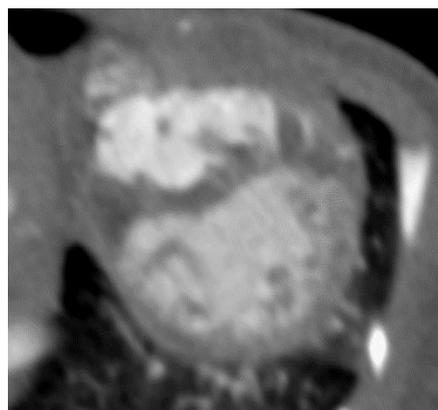


Рис. 4 б (Fig. 4 в)

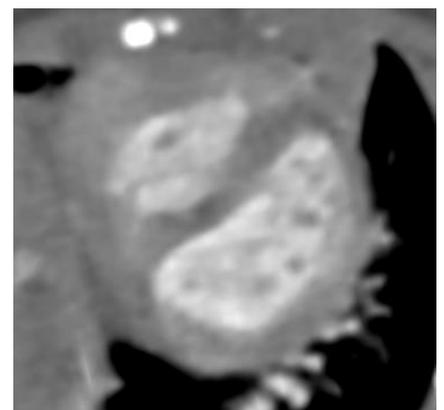


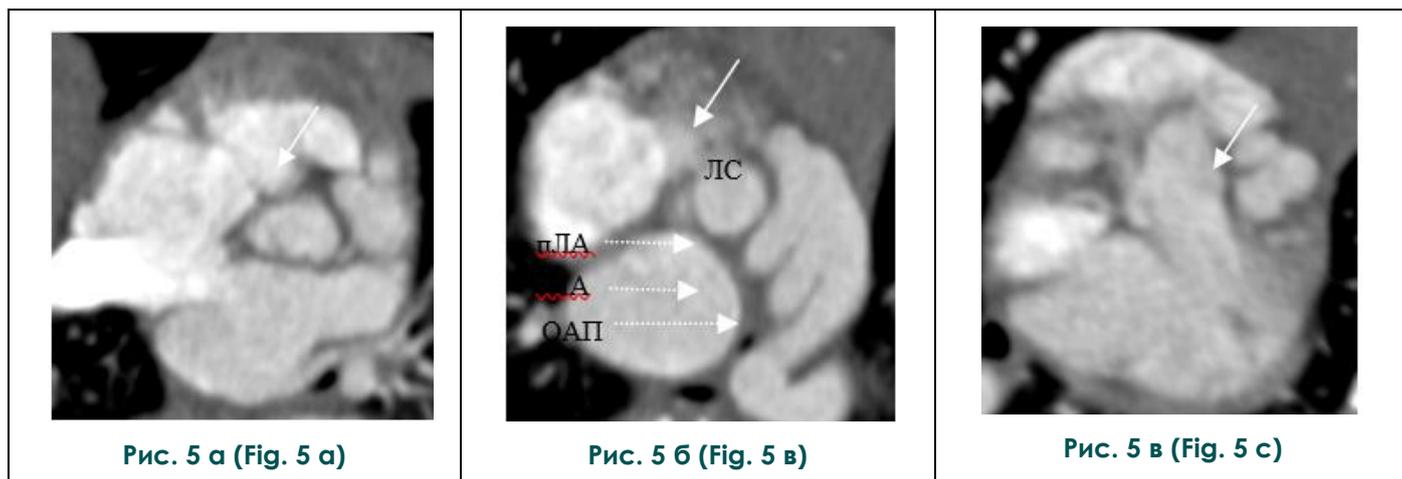
Рис. 4 в (Fig. 4 с)

**Рис. 4. Реформация по короткой оси сердца.**

Атрезия лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой при гипоплазии правого желудочка.

**Fig. 4. Short heart axis reformation**

Pulmonary artery atresia with intact intraventricular septum and right ventricle hypoplasia.

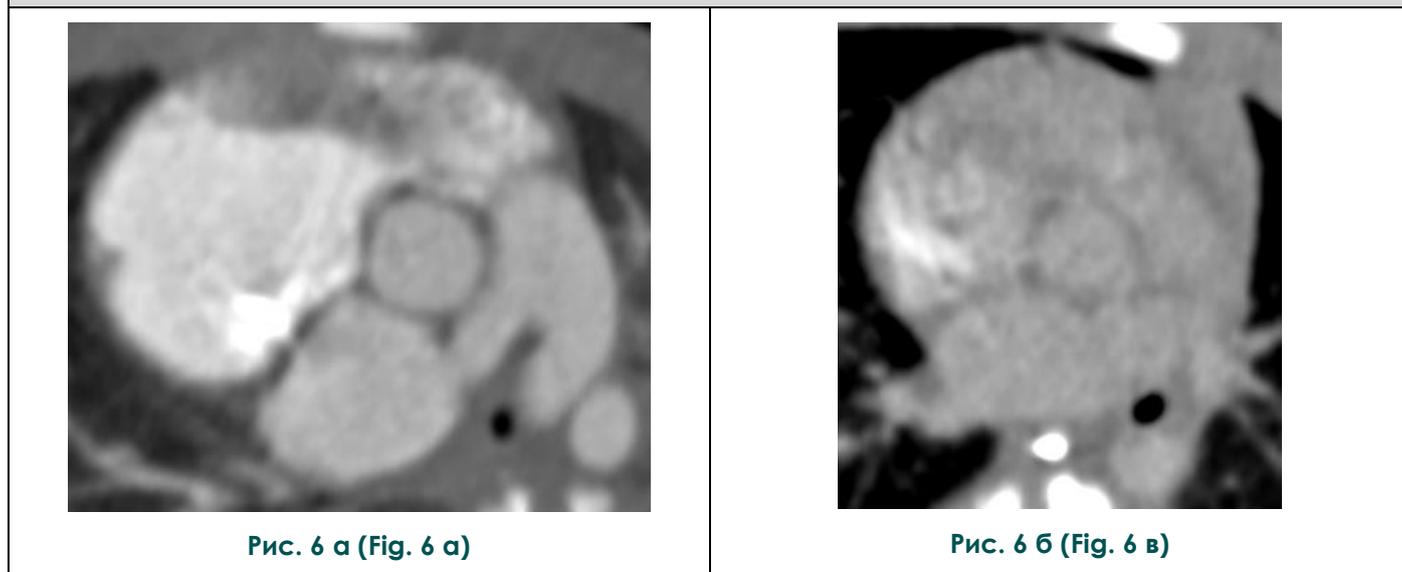


**Рис. 5. Реформация по короткой оси на уровне магистральных артерий.**

Атрезия лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой. Клапан лёгочной артерии указан стрелкой, ЛС – лёгочный ствол, лЛА – левая лёгочная артерия, пЛА – правая лёгочная артерия, ОАП – открытый артериальный проток.

**Fig. 5. Short axis reformation on the level of great arteries.**

Pulmonary artery atresia with intact intraventricular septum. The valve of the pulmonary artery is marked with the arrow. ЛС – pulmonary trunk, лЛА – left pulmonary artery, пЛА – right pulmonary artery, ОАП – opened arterial duct.



**Рис. 6. Реформация по короткой оси на уровне магистральных артерий при атрезии лёгочной артерии с интактной межжелудочковой перегородкой.**

а – Разная плотность контрастного вещества в правых и в левых отделах сердца, б – равная плотность контрастного вещества в правых и в левых отделах сердца.

**Fig. 6. Short axis reformation on the level of great arteries in pulmonary artery atresia with intact intraventricular septum**

a - different density of contrast agent in right and left chambers; b - equal density of contrast agent in right and left chambers.



**Рис. 7. Реформация по короткой оси на уровне магистральных артерий при атрезии лёгочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки.**

а – Выходной отдел правого желудочка без признаков стенозирования, б – выходной отдел правого желудочка со стенозом; в – выходной отдел правого желудочка не визуализируется.

**Fig. 7. Short axis reformation on the level of great arteries in pulmonary artery atresia with intraventricular septum defect.**

a - output portion of the right ventricle is without signs of stenosing; b - output portion of the right ventricle is stenosed; c - output portion of the right ventricle is not visualized.

**Список литературы:**

1. Андерсон Р.Г. Хирургическая анатомия сердца по Уилкок-су: пер. с англ. Москва, Логосфера, 2015. 456 с.
2. Банкл Г. Врождённые пороки сердца и крупных сосудов: пер. с англ. Москва, Медицина, 1980. 312 с.
3. Белоконь Н.А., Подзолков В.П. Врождённые пороки сердца. Москва, Москва, 1990. 352 с.
4. Бокерия Л.А. Хирургическая анатомия сердца, 2-е изд., испр. и доп. Москва, НЦССХ им. Бакулева РАМН, 2009. Т. 1. 406 с.
5. Бокерия Л.А. Хирургическая анатомия сердца, 2-е изд., испр. и доп. Москва, НЦССХ им. Бакулева РАМН, 2009. Т. 2. 400 с.
6. Бокерия Л.А. Хирургическая анатомия сердца, 2-е изд., испр. и доп. Москва, НЦССХ им. Бакулева РАМН, 2009. Т. 3. 312 с.
7. Воробьев А.С. Амбулаторная эхокардиография у детей: руководство для врачей. Санкт-Петербург. СпецЛит, 2010. 543 с.
8. Зиньковский М.Ф. Врождённые пороки сердца. Киев, Книга плюс, 2008. 1168 с.
9. Митина И.Н., Бондарев Ю.И. Неинвазивная ультразвуковая диагностика врожденных пороков сердца. Москва, Видар-М, 2004. 304 с.
10. Мутафьян О.А. Пороки сердца у детей и подростков. Руководство для врачей. Москва, ГЭОТАР-Медиа, 2009. 560 с.
11. Новиков В.И., Новикова Т.Н. Методика эхокардиографии. Санкт-Петербург, 2012. 96 с.
12. Шарыкин А.С. Врождённые пороки сердца. Руководство для педиатров, кардиологов, неонатологов, 2-е изд. Москва: Издательство БИНОМ, 2009. 394 с.
13. Bu G., Miao Y., Bin J. Comparison of 128-slice low-dose prospective ECG-gated CT scanning and trans-thoracic echocardiography for the diagnosis of complex congenital heart disease. PLoS One. 2016; 11(10):e0165617.
14. Buwler B.E., Rivero J.M. The transthoracic examination. Jones and Bartlett Publishers, LLC, Boston, 2011. 336 p.
15. Goitein O. The Role of Cardiac Computed Tomography in Infants with Congenital Heart Disease. IMAJ. 2014;16. – P. 147-152.
16. Lin M.T. Detection of pulmonary arterial morphology in tetralogy of Fallot with pulmonary atresia by computed tomography: 12 years of experience. Eur J Pediatr. 2012;171(3):579-586.
17. Listijono D.R., Rubens M.B., Rigby M.L. Complementary use of imaging modalities in diagnosis of complex congenital heart disease. ASEAN Heart Journal. 2014;22:1.
18. Liu J. [et al.]. Complete Preoperative Evaluation of Pulmonary Atresia with Ventricular Septal Defect with MultiDetector Computed Tomography. PLoS ONE. 2016;11(1):1-12.
19. Long Y.G. Role of Multi-slice and Three-dimensional Computed Tomography in Delineating Extracardiac Vascular Abnormalities in Neonates. Pediatr Neonatol. 2010;51(4):227-234.
20. Otto C.M. Textbook of clinical echocardiography: 5th ed. Elsevier, Philadelphia, 2013. 538 p.
21. Prakash A., Powell A.J., Geva T. Multimodality noninvasive imaging for assessment of congenital heart disease Circ. cardiovasc. imaging. 2010; 3:112-125.
22. Roest A.A., de Roos A. Imaging of patients with congenital heart disease. Nat. rev. cardiol. 2012;9:101-115.
23. Schallert E.K., Danton G.H., Kardon R., Young D.A. Describing congenital heart disease by using three-part segmental nota-

tion. *Radiographics*. 2013;33:E33–46.

24. Ho S.Y., Rigby M.L., Anderson R.H. *Echocardiography in congenital heart disease made simple*. Imperial College Press, London, 2006. 248 p.

### References:

1. Anderson R.G. *Wilcocks Surgical heart Anatomy: translated into Russian*. Moscow, Logosphaera, 2015. 456 p. (in Russian).
2. Bankle G. *Congenital diseases of the heart and main vessels: translated into Russian*. Moscow, Medicina, 1980. 312 c. (in Russian).
3. Belokon' N.A., Podzolkov V.P. *Congenital heart abnormalities*. Moscow, Moskva, 1990. 352 c. (in Russian).
4. Bokeriya L.A. *Surgical anatomy of the heart, 2nd edition*. Moscow, A.N. Balulev NMRCCS, 2009. Vol. 1. 406 p. (in Russian).
5. Bokeriya L.A. *Surgical anatomy of the heart, 2nd edition*. Moscow, A.N. Balulev NMRCCS, 2009. Vol. 2. 400 p. (in Russian).
6. Bokeriya L.A. *Surgical anatomy of the heart, 2nd edition*. Moscow, A.N. Balulev NMRCCS, 2009. Vol. 3. 312 p. (in Russian).
7. Vorob'ev A.V. *Ambulatory echocardiography in children*. Saint-Petersburg, SpecLit, 2010. 543 p. (in Russian).
8. Zinkovskiy M.F. *Congenital heart diseases*. Kiev, Kniga Plus, 2008. 1168 p. (in Russian).
9. Mitina I.N., Bondarev Yu.I. *Non-invasive ultrasound diagnostics of congenital heart diseases*. Moscow, Vidar-M, 2004. 304 p. (in Russian).
10. Mutafyan O.A. *heart abnormalities of children and adolescents*. Moscow, GEOTAR-Media, 2009. 560 p. (in Russian).
11. Novikov V.I., Novikova T.N. *Methodics of echocardiography*. Saint-Petersburg, 2012. 96 p. (in Russian).
12. Sharykin A.S. *Congenital heart diseases. Teaching manual for pediatricists, cardiologists and neonathologists, 2nd ed*. Moscow: BINOM, 2009. 394 p. (in Russian).
13. Bu G., Miao Y., Bin J. *Comparison of 128-slice low-dose prospective ECG-gated CT scanning and trans-thoracic echocardiography for the diagnosis of complex congenital heart disease*. *PLoS One*. 2016; 11(10): e0165617.

25. Uemura H., Ho S.Y., Devine W.A. *Atrial appendages and venoatrial connections in hearts with patients with visceral heterotaxy*. *Ann. thorac. surg.* 1995. 7:98–116.

14. Buwler B.E., Rivero J.M. *The transthoracic examination*. Jones and Bartlett Publishers, LLC, Boston, 2011. 336 p.
15. Goitein O. *The Role of Cardiac Computed Tomography in Infants with Congenital Heart Disease*. *IMAJ*. 2014;16. – P. 147–152.
16. Lin M.T. *Detection of pulmonary arterial morphology in tetralogy of Fallot with pulmonary atresia by computed tomography: 12 years of experience*. *Eur J Pediatr*. 2012;171(3): 579–586.
17. Listijono D.R., Rubens M.B., Rigby M.L. *Complementary use of imaging modalities in diagnosis of complex congenital heart disease*. *ASEAN Heart Journal*. 2014; 22:1.
18. Liu J. [et al.]. *Complete Preoperative Evaluation of Pulmonary Atresia with Ventricular Septal Defect with MultiDetector Computed Tomography*. *PLoS ONE*. 2016;11(1): 1–12.
19. Long Y.G. *Role of Multi-slice and Three-dimensional Computed Tomography in Delineating Extracardiac Vascular Abnormalities in Neonates*. *Pediatr Neonatol*. 2010;51(4): 227–234.
20. Otto C.M. *Textbook of clinical echocardiography: 5th ed*. Elsevier, Philadelphia, 2013. 538 p.
21. Prakash A., Powell A.J., Geva T. *Multimodality noninvasive imaging for assessment of congenital heart disease*. *Circ. cardiovasc. imaging*. 2010; 3: 112–125.
22. Roest A.A., de Roos A. *Imaging of patients with congenital heart disease*. *Nat. rev. cardiol*. 2012; 9: 101–115.
23. Schallert E.K., Danton G.H., Kardon R., Young D.A. *Describing congenital heart disease by using three-part segmental notation*. *Radiographics*. 2013; 33: 33–46.
24. Ho S.Y., Rigby M.L., Anderson R.H. *Echocardiography in congenital heart disease made simple*. Imperial College Press, London, 2006. 248 p.
25. Uemura H., Ho S.Y., Devine W.A. *Atrial appendages and venoatrial connections in hearts with patients with visceral heterotaxy*. *Ann. thorac. surg.* 1995. 7:98–116.