

DOI: <https://doi.org/10.51922/1818-426X.2025.1.63>

А. В. Горустович<sup>1,2</sup>, Н. С. Житкова<sup>1</sup>, Ю. И. Линник<sup>1</sup>,  
К. В. Дроздовский<sup>1</sup>

## ПЛАСТИКА И ПРОТЕЗИРОВАНИЕ НЕОАОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА ПОСЛЕ ОПЕРАЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ У ДЕТЕЙ

ГУ «Республиканский научно-практический центр  
детской хирургии<sup>1</sup>  
УО «Белорусский государственный медицинский университет»<sup>2</sup>

**Введение.** В современной детской кардиохирургии у детей с транспозицией магистральных сосудов (ТМС) выполняют операцию артериального переключения, после которой анатомически легочный клапан начинает функционировать как системный, т. е. неоаортальный клапан (нео-АК).

**Цель:** оценить возможности пластики и протезирования нео-АК у детей с ТМС после операции артериального переключения.

**Материалы и методы.** В РНПЦ «Кардиология» и РНПЦ детской хирургии с 2004 по 2024 гг. операцию артериального переключения выполнили 305 детям с ТМС. Средний возраст детей составил  $11,2 \pm 3,8$  суток. Простая форма ТМС была у 213 детей (69,8 %), ТМС с дефектом межжелудочковой перегородки – 67 (22,0 %), двойное отхождение магистральных сосудов от правого желудочка с ТМС (аномалия Тауссиг-Бинга) – 24 (7,9 %), врожденная корригированная ТМС с дефектом межжелудочковой перегородки – 1 (0,3 %).

**Результаты.** На госпитальном этапе после операции артериального переключения было 18 летальных исходов (5,9 %), послеоперационные осложнения диагностировали у 13 пациентов (4,3 %). Отдаленный период после операции артериального переключения был изучен у 253 детей (83,0 %). Длительность наблюдения составила в среднем  $8,1 \pm 4,7$  лет. В отдаленном периоде после операции артериального переключения пластика нео-АК была выполнена 1 пациенту (0,4 %), протезирование нео-АК механическими протезами – 3 детям (1,2 %).

**Заключение.** Существует возможность протезирования нео-АК у детей с ТМС после операции артериального переключения механическими протезами необходимого диаметра.

**Ключевые слова:** транспозиция магистральных сосудов, неоаортальный клапан, пластика, протезирование.

A. V. Gorustovich, N. S. Zhitkova, U. I. Linnik, K. V. Drozdovskiy

## NEOAORTIC VALVE REPAIR AND REPLACEMENT AFTER ARTERIAL SWITCH OPERATION IN CHILDREN

**Introduction.** Arterial switch operation is performed in children with transposition of the great arteries (TGA) in modern pediatric cardiac surgery. Pulmonary valve begins to function as a systemic one after arterial switch operation, that is neoaortic valve (neo-AV).

**Objective** was to evaluate the possibilities of neo-AV repair and replacement after arterial switch operation in children with TGA.

**Materials and methods.** Arterial switch operation was performed in 305 children with TGA at the RSPC “Cardiology” and RSPC of Pediatric Surgery from 2004 to 2024 years. Mean age of the children was  $11.2 \pm 3.8$  days. Simple TGA was in 213 children (69.8 %).

## □ Оригинальные научные публикации

TGA with ventricular septal defect was in 67 patients (22.0 %). Double outlet right ventricle with TGA (Taussig-Bing anomaly) was in 24 children (7.9 %). Congenitally corrected TGA with ventricular septal defect was in 1 patient (0.3 %).

**Results.** There were 18 deaths (5.9 %) during hospital stage after arterial switch operation, postoperative complications were diagnosed in 13 patients (4.3 %). Long-term period was studied in 253 children (83.0 %) after arterial switch operation. Mean follow-up duration was  $8.1 \pm 4.7$  years. Neo-AV repair was performed in 1 patient (0.4 %), neo-AV replacement with mechanical prostheses was performed in 3 children (1.2 %) in long-term period after arterial switch operation.

**Conclusion.** It's possible to replace neo-AV with mechanical prostheses of the required diameter in children with TGA after arterial switch operation.

**Key words:** transposition of the great arteries, neo-aortic valve, repair, replacement.

В современной детской кардиохирургии у детей с транспозицией магистральных сосудов (ТМС) выполняют операцию артериального переключения, после которой анатомически легочный клапан начинает функционировать как системный, т. е. неоортальный клапан (нео-АК).

При врожденных и приобретенных пороках аортального клапана у детей показания и возможности пластики и протезирования нативного клапана достаточно хорошо изучены. При этом данные о хирургических вмешательствах на нео-АК после операции артериального переключения у детей встречаются достаточно редко [1].

**Цель исследования:** оценить возможности пластики и протезирования нео-АК у детей с ТМС после операции артериального переключения.

### Материал и методы

В РНПЦ «Кардиология» и РНПЦ детской хирургии с 2004 по 2024 г. операцию артериального переключения выполнили 305 детям с ТМС.

Средний возраст детей составил  $11,2 \pm 3,8$  суток, большинство оперированных пациентов были лица мужского пола – 209 (68,5 %), женского – 96 (31,5 %). Простая форма ТМС была у 213 детей (69,8 %), ТМС с дефектом межжелудочковой перегородки – 67 (22,0 %), двойное отхождение магистральных сосудов от правого желудочка с ТМС (аномалия Тауссиг-Бинга) – 24 (7,9 %), врожденная корригированная ТМС с дефектом межжелудочковой перегородки – 1 (0,3 %). До операции артериального переключения 6 детям (2,0 %) с аномалией Тауссиг-Бинга было выполнено бандирование легочной артерии, 2 из них также была проведена коррекция гипоплазированной дуги аорты, 2 – пластика коарктации аорты. Хирургическую коррекцию сопутствующих врожденных пороков сердца

во время операции артериального переключения провели 96 детям (31,5 %): коррекция дефекта межжелудочковой перегородки (окклюдерами) – 73 (5), коррекция гипоплазированной дуги аорты и дефекта межжелудочковой перегородки – 16, пластика коарктации аорты – 4, бандирование легочной артерии при аномалии Тауссиг-Бинга – 2, операция Сеннинга с коррекцией дефекта межжелудочковой перегородки – 1.

В предоперационном периоде всем детям с ТМС выполняли эхокардиографию с измерением открытого овального окна и градиента давления между предсердиями. Со стороны клапана легочной артерии, который будет функционировать как системный после операции артериального переключения: количество створок, диаметр клапанного кольца, степень регургитации, тах градиент систолического давления. Также оценивали функцию левого желудочка.

В предоперационном периоде по экстренным показаниям 186 пациентам (61,0 %) с ТМС была выполнена эндоваскулярная баллонная атриосептостомия по Рашкинду в связи с небольшим диаметром открытого овального окна.

По данным эхокардиографии до операции артериального переключения клапан легочной артерии (после операции нео-АК) был функционально бicuspidальный у 26 детей (8,5 %).

Пластика нео-АК во время операции артериального переключения была выполнена 1 пациенту (0,3 %), которая заключалась в рассечении сросшихся створок по комиссурам, не доходя до стенки 1 мм во избежание развития недостаточности нео-АК в послеоперационном и отдаленном периодах.

Для статистической обработки результатов применили программу Statistica. Принятый уровень значимости  $p < 0,05$ . Количественные показатели представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения.

**Результаты**

На госпитальном этапе после операции артериального переключения было 18 летальных исходов (5,9 %), причиной госпитальной летальности была острая сердечная недостаточность. В раннем послеоперационном периоде 7 пациентам (2,3 %) была подключена веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация. У 13 детей (4,3 %) диагностировали послеоперационные осложнения. Имплантация миокардиальных электрокардиостимуляторов была произведена 8 пациентам с послеоперационной АВ-блокадой 3 ст. Рестернотомию и гемостаз выполнили 2 детям с послеоперационным кровотечением. Медиастинит возник у 2 пациентов, потребовавший выполнения санации и дренирования средостения. Лимфорей была у 1 ребенка, которому выполнили торакотомию для проведения хилостаза.

Данные эхокардиографии в дооперационном периоде и после операции артериального переключения у детей представлены в таблице 1.

По сравнению с дооперационным периодом у детей непосредственно после операции арте-

риального переключения max градиент систолического давления на нео-АК не увеличивается, однако, у 12 детей (4,0 %) регургитация на нео-АК 2-й степени ( $p = 0,005$ ).

Отдаленный период был изучен у 253 детей (83,0 %) с ТМС после операции артериального переключения. Длительность наблюдения составила в среднем  $8,1 \pm 4,7$  лет.

Данные эхокардиографии непосредственно после операции артериального переключения и в отдаленном периоде представлены в таблице 2.

По сравнению с послеоперационным периодом у детей в отдаленном периоде после операции артериального переключения max градиент систолического давления на нео-АК сохраняется таким же, однако, у 37 детей (14,6 %) регургитация на нео-АК 2-й степени ( $p < 0,001$ ), у 5 (2,0 %) – регургитация 3-й степени ( $p = 0,044$ ).

В отдаленном периоде 1 пациенту (0,4 %) в связи с выраженной недостаточностью нео-АК через 2 года после операции артериального переключения была выполнена пластика клапана: ресуспензия комиссуры между левой

Таблица 1. Данные эхокардиографии в дооперационном и послеоперационном периодах

Показатель		До операции (n = 305)	После операции (n = 303)	p
Диаметр клапана ЛА (нео-АК), мм		$9,4 \pm 1,6$	$9,6 \pm 1,4$	0,069
ГСД max на клапане ЛА (нео-АК), мм рт. ст.		$6,8 \pm 4,9$	$7,3 \pm 4,2$	0,485
Степень регургитации на клапане ЛА (нео-АК), n (%)	0	262 (85,9)	71 (23,4)	< 0,001
	1	42 (13,8)	220 (72,6)	< 0,001
	2	1 (0,3)	12 (4,0)	0,005
	3	0 (0)	0 (0)	–
	4	0 (0)	0 (0)	–
КДР ЛЖ, мм		$17,5 \pm 2,8$	$19,7 \pm 2,7$	< 0,001
КСР ЛЖ, мм		$10,0 \pm 2,4$	$12,5 \pm 2,1$	< 0,001
ФВ ЛЖ, %		$74,3 \pm 8,1$	$67,5 \pm 7,3$	< 0,001

Примечание: ЛА – легочная артерия; ГСД – градиент систолического давления; КДР – конечно-диастолический размер; КСР – конечно-систолический размер; ЛЖ – левый желудочек; ФВ – фракция выброса.

Таблица 2. Данные эхокардиографии в послеоперационном и отдаленном периодах

Показатель		После операции (n = 303)	Отдаленный период (n = 253)	p
Диаметр нео-АК, мм		$9,6 \pm 1,4$	$20,6 \pm 5,2$	< 0,001
ГСД max на нео-АК, мм рт. ст.		$7,3 \pm 4,2$	$7,3 \pm 4,0$	0,399
Степень регургитации нео-АК, n (%)	0	71 (23,4)	18 (7,1)	< 0,001
	1	220 (72,6)	193 (76,3)	0,373
	2	12 (4,0)	37 (14,6)	< 0,001
	3	0 (0)	5 (2,0)	0,044
	4	0 (0)	0 (0)	–
КДР ЛЖ, мм		$19,7 \pm 2,7$	$37,5 \pm 7,5$	< 0,001
КСР ЛЖ, мм		$12,5 \pm 2,1$	$23,2 \pm 5,4$	< 0,001
ФВ ЛЖ, %		$67,5 \pm 7,3$	$68,0 \pm 6,0$	0,820

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 1.

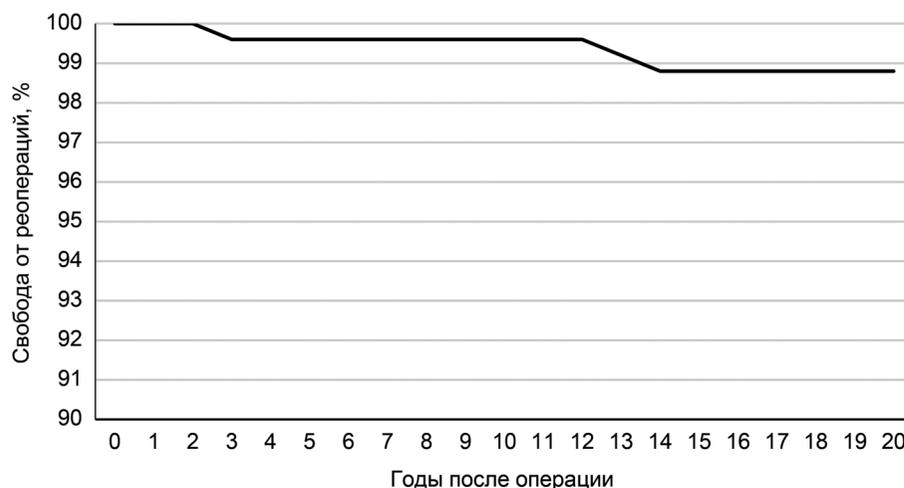


Рисунок 1. Свобода от реопераций на неоаортальном клапане

коронарной и некоронарной створками, а также П-образным швом под некоронарной створкой уменьшение диаметра клапанного кольца нео-АК.

Протезирование нео-АК механическими протезами в отдаленном периоде после операции артериального переключения в связи с выраженной недостаточностью клапана было выполнено 3 пациентам (1,2 %), одному из которых была выполнена пластика нео-АК, описанная выше. Актуарная кривая свободы от реопераций по поводу недостаточности нео-АК представлена на рисунке 1.

Протезирование нео-АК было выполнено детям в возрасте 6, 12 и 13 лет. Диаметр имплантированных механических протезов составил 21, 23 и 25 мм.

### Обсуждение

Улучшение результатов хирургического лечения детей с ТМС приводит к необходимости оценки функции нео-АК после операции артериального переключения.

Отдаленные результаты функции нео-АК после операции артериального переключения при ТМС описаны некоторыми авторами. Наиболее частой проблемой в данной группе пациентов в отдаленном периоде является расширение корня аорты с развитием аортальной регургитации, которая встречается примерно у 75,0 % пациентов при длительном наблюдении [2, 3]. Стеноз нео-АК легкой или средней степени тяжести, не требующий последующих реинтервенций, наблюдается у 0,3–10,0 % пациентов, регургитация легкой или тяжелой степени наблюдается у 4,8–22,0 % [4–8]. По данным Schwarz M. L. et al. основными предикторами

развития аортальной регургитации в отдаленном периоде являются следующие: билатеральное бандирование до операции артериального переключения, вмешательства на выходном отделе левого желудочка, дети на момент операции старше 1 года [2]. Losay J. et al. описывали факторы, повышающие в отдаленном периоде риск хирургического вмешательства на нео-АК: сопутствующий дефект межжелудочковой перегородки, билатеральное бандирование ветвей легочной артерии до операции артериального переключения, ассоциированная с ТМС коарктация аорты или перерыв дуги аорты, значительное несовпадение диаметров легочной артерии и аорты, при операции артериального переключения более старший возраст и наличие выраженной аортальной регургитации при выписке [9]. Предикторами развития регургитации на нео-АК также являются: бикуспидальный нео-АК (легочный), расширение корня аорты и высокая регургитация на клапане на момент операции артериального переключения [10]. В нашей выборке пациентов с большинством из этих характеристик не было. Оперативное вмешательство по поводу неоаортальной регургитации по данным литературы требуется 2,2–18,1 % пациентов при длительном наблюдении, в других публикациях с менее длительным периодом наблюдения (13–15 лет) реоперации описаны не были [2, 10]. За 20-летний период наблюдения в нашей выборке реоперации по поводу недостаточности нео-АК после операции артериального переключения были выполнены 3 пациентам (1,2 %). С увеличением длительности наблюдения в данной группе пациентов ожидается увеличение количество реопераций по поводу дисфункции нео-АК.

## Выводы:

1. Функция нео-АК у детей с ТМС после операции артериального переключения в ближайшем периоде сохраняется удовлетворительной.
2. Пластика нео-АК в связи с его недостаточностью была выполнена 1 пациенту (0,4 %) после операции артериального переключения в ближайшем периоде.
3. Протезирование нео-АК в связи с его недостаточностью было выполнено 3 детям (1,2 %) после операции артериального переключения в отдаленном периоде.

## Литература

1. *Hawkins, J. A., Kouretas P. C., Holubkov R. et al.* Intermediate-term results of repair for aortic, neo-aortic, and truncal valve insufficiency in children // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2007. – Vol. 133, № 5. – P. 1311–7.
2. *Schwartz, M. L., Gauvreau K., del Nido P. et al.* Long-term predictors of aortic root dilation and aortic regurgitation after arterial switch operation // *Circulation.* – 2004. – Vol. 110, № 11 (Suppl 1). – P. 128–32.
3. *Shepard, C. W., Germanakis I., White M. T. et al.* Cardiovascular Magnetic Resonance Findings Late After the Arterial Switch Operation // *Circ Cardiovasc Imaging.* – 2016. – Vol. 9, № 9. – P. e004618.
4. *De Praetere, H., Vandesande J., Rega F. et al.* 20 years of arterial switch operation for simple TGA // *Acta Chir Belg.* – 2014. – Vol. 114, № 2. – P. 92–8.
5. *Martins, D., Khraiche D., Legendre A. et al.* Aortic angle is associated with neo-aortic root dilatation and regurgitation following arterial switch operation // *Int J Cardiol.* – 2019. – Vol. 280. – P. 53–56.
6. *Daebritz, S. H., Nollert G., Sachweh J. S. et al.* Anatomical risk factors for mortality and cardiac morbidity after arterial switch operation // *Ann Thorac Surg.* – 2000. – Vol. 69, № 6. – P. 1880–6.
7. *Prêtre, R., Tamisier D., Bonhoeffer P. et al.* Results of the arterial switch operation in neonates with transposed great arteries // *Lancet.* – 2001. – Vol. 357, № 9271. – P. 1826–30.
8. *G. von Bernuth.* 25 years after the first arterial switch procedure: mid-term results // *Thorac Cardiovasc Surg.* – 2000. – Vol. 48. – P. 228–32. doi: 10.1055/s-2000-6896.
9. *Losay, J., Touchot A., Capderou A. et al.* Aortic valve regurgitation after arterial switch operation for transposition

of the great arteries: incidence, risk factors, and outcome // *J Am Coll Cardiol.* – 2006. – Vol. 47, № 10. – P. 2057–62.

10. *Rueda, Soriano J., Rodríguez Puras M. J., Buendía Fuentes F. et al.* Time course and predictors for neo-aortic root dilatation and neo-aortic valve regurgitation during adult life after arterial switch operation // *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* – 2021. – Vol. 74, № 4. – P. 329–336.

## References

1. *Hawkins, J. A., Kouretas P. C., Holubkov R. et al.* Intermediate-term results of repair for aortic, neo-aortic, and truncal valve insufficiency in children // *J Thorac Cardiovasc Surg.* – 2007. – Vol. 133, № 5. – P. 1311–7.
2. *Schwartz, M. L., Gauvreau K., del Nido P. et al.* Long-term predictors of aortic root dilation and aortic regurgitation after arterial switch operation // *Circulation.* – 2004. – Vol. 110, № 11 (Suppl 1). – P. 128–32.
3. *Shepard, C. W., Germanakis I., White M. T. et al.* Cardiovascular Magnetic Resonance Findings Late After the Arterial Switch Operation // *Circ Cardiovasc Imaging.* – 2016. – Vol. 9, № 9. – P. e004618.
4. *De Praetere, H., Vandesande J., Rega F. et al.* 20 years of arterial switch operation for simple TGA // *Acta Chir Belg.* – 2014. – Vol. 114, № 2. – P. 92–8.
5. *Martins, D., Khraiche D., Legendre A. et al.* Aortic angle is associated with neo-aortic root dilatation and regurgitation following arterial switch operation // *Int J Cardiol.* – 2019. – Vol. 280. – P. 53–56.
6. *Daebritz, S. H., Nollert G., Sachweh J. S. et al.* Anatomical risk factors for mortality and cardiac morbidity after arterial switch operation // *Ann Thorac Surg.* – 2000. – Vol. 69, № 6. – P. 1880–6.
7. *Prêtre, R., Tamisier D., Bonhoeffer P. et al.* Results of the arterial switch operation in neonates with transposed great arteries // *Lancet.* – 2001. – Vol. 357, № 9271. – P. 1826–30.
8. *G. von Bernuth.* 25 years after the first arterial switch procedure: mid-term results // *Thorac Cardiovasc Surg.* – 2000. – Vol. 48. – P. 228–32.
9. *Losay, J., Touchot A., Capderou A. et al.* Aortic valve regurgitation after arterial switch operation for transposition of the great arteries: incidence, risk factors, and outcome // *J Am Coll Cardiol.* – 2006. – Vol. 47, № 10. – P. 2057–62.
10. *Rueda, Soriano J., Rodríguez Puras M. J., Buendía Fuentes F. et al.* Time course and predictors for neo-aortic root dilatation and neo-aortic valve regurgitation during adult life after arterial switch operation // *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* – 2021. – Vol. 74, № 4. – P. 329–336.

Поступила 30.07.2024 г.