

# Отдаленные результаты коррекции тяжелого аортального стеноза с использованием кардиохирургических и эндоваскулярных методов по данным контроля лучевыми методами

© Тарасевич С.В.<sup>1\*</sup>, Жерко О.М.<sup>2</sup>, Крачак Д.И.<sup>3</sup>, Галицкая С.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Государственное учреждение “Республиканский клинический медицинский центр” Управления делами Президента Республики Беларусь; 223052 Минская обл., Минский р-н, Ждановичский с/с, 81/5, Республика Беларусь

<sup>2</sup> Учреждение образования “Белорусский государственный медицинский университет”; 220083 Минск, пр. Дзержинского, д. 83, Республика Беларусь

<sup>3</sup> Государственное учреждение “Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии”; 220087 Минск, ул. Семашко, д. 8, Республика Беларусь

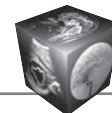
Биопротезы аортального клапана (АоК) можно разделить на каркасные и бескаркасные, а также имплантируемые хирургическим и эндоваскулярным методами. Изучение гемодинамических критериев функционирования вшиваемых, бесшовных и транскатетерных биологических протезов, в том числе динамики обратного структурно-функционального ремоделирования сердца в отдаленном периоде, необходимо для выбора наиболее правильной и эффективной тактики лечения.

**Цель исследования:** оценить объективными лучевыми методами исследования гемодинамические параметры и динамику обратного структурно-функционального ремоделирования сердца в отдаленном периоде после коррекции дегенеративного порока Аок с использованием кардиохирургических и эндоваскулярных методов.

**Материал и методы.** Проведено сравнительное нерандомизированное продольное исследование, включившее 89 человек с тяжелым аортальным стенозом (АС), которым выполнена изолированная хирургическая или эндоваскулярная замена клапана. Пациенты были разделены на 3 группы: группа с протезированием Аок методом имплантации бесшовного биологического протеза ( $n = 23$ ); группа с использованием вшиваемого биологического протеза ( $n = 45$ ); группа с транскатетерной техникой имплантации аортального клапана (ТИАК) ( $n = 21$ ). Медиана возраста пациентов с использованием вшиваемого биологического протеза составила 71,0 [66,7; 74,0] год, с имплантацией бесшовного биологического протеза – 73,0 [69,0; 76,8] года ( $p = 0,055$ ), с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза – 75,0 [69,0; 79,0] лет ( $p = 0,013$ ). Лиц женского пола было 20 (44,4%), 16 (69,6%), 11 (52,4%) ( $p = 0,050$ ) соответственно. В динамике объективного контроля состояния и осуществления цели исследования всем пациентам проводили эхокардиографию (ЭхоКГ) по общепринятой методике.

**Результаты.** В трех группах проводилось сравнение структурно-функциональных параметров до и после вмешательства, а межгрупповое сравнение выполнялось между двумя группами (хирургическая коррекция с использованием шовных и бесшовных биопротезов), так как исходные характеристики группы с эндоваскулярным лечением, в частности возраст отличались от остальных групп. После коррекции АС с использованием как кардиохирургических, так и транскатетерных методов в отдаленном периоде наблюдается обратное структурно-функциональное ремоделирование сердца. У пациентов с использованием вшиваемых биологических протезов масса миокарда ЛЖ снизилась на  $-22,0$  [ $-28,0$ ;  $-17,0$ ]% ( $p = 0,0002$ ), бесшовных биологических протезов – на  $-20,0$  [ $-27,0$ ;  $-13,0$ ]% ( $p = 0,01$ ), с ТИАК – на  $-16,0$  [ $-22,0$ ;  $-10,0$ ]% ( $p = 0,0001$ ); концентричность гипертрофии ЛЖ уменьшилась на  $-21,0$  [ $-29,0$ ;  $-14,0$ ]% ( $p < 0,0001$ ),  $-24,0$  [ $-31,0$ ;  $-15,0$ ]% ( $p = 0,0002$ ),  $-24,2$  [ $-35,6$ ;  $-1,1$ ]% ( $p = 0,002$ ) соответственно.

В группах с применением кардиохирургических методов доказано улучшение продольной систолической функции: абсолютные величины глобальной систолической продольной деформации ЛЖ, оцененной методом speckle-tracking (“отслеживания крапинок”, “спекл-слежения”), у пациентов с вшиваемыми биологическими протезами увеличились на  $19,3$  [ $7,5$ ;  $54,0$ ]% ( $p = 0,032$ ), с бесшовными биологическими протезами – на  $18,4$  [ $3,3$ ;  $42,8$ ]% ( $p = 0,027$ ), показатель  $S'_{\text{лат мк}}$  тканевой доплерографии вырос на  $36,7$  [ $22,1$ ;  $51,3$ ]% ( $p < 0,0001$ ) и  $42,8$  [ $17,5$ ;  $57,1$ ]% ( $p = 0,0005$ ) соответственно. У лиц с ТИАК значения  $S'_{\text{лат мк}}$  увеличилось на  $25,0$  [ $14,3$ ;  $55,3$ ]% ( $p = 0,005$ ).



Восстановление систолической функции ЛЖ в отдаленном периоде, установленное на основании результатов выполнения 2D-speckle-tracking-ЭхоКГ, было диагностировано у 12 (60,0%) пациентов с шовными и бесшовными биологическими протезами.

**Заключение.** Коррекция тяжелого АС с использованием кардиохирургических и эндоваскулярных методов ассоциирована в отдаленном периоде с благоприятными показателями внутрисердечной гемодинамики и обратным структурно-функциональным ремоделированием ЛЖ.

**Ключевые слова:** вшиваемые биологические протезы; обратное структурно-функциональное ремоделирование; бесшовные биологические протезы; транскатетерная имплантация аортального клапана

**Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.**

**Для цитирования:** Тарасевич С.В., Жерко О.М., Крачак Д.И., Галицкая С.С. Отдаленные результаты коррекции тяжелого аортального стеноза с использованием кардиохирургических и эндоваскулярных методов по данным контроля лучевыми методами. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (4): 58–72.

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1556>

Поступила в редакцию: 24.04.2025. Принята к печати: 05.06.2025. Опубликовано online: 14.10.2025.

## Long-term results of correction of severe aortic stenosis using cardiac surgical and endovascular methods, as from radiologic control data

© Svetlana V. Tarasevich<sup>1\*</sup>, Olga M. Zherko<sup>2</sup>, Dmitry I. Krachak<sup>3</sup>, Svetlana S. Galitskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Republican Clinical Medical Center of the Administration of the President of the Republic of Belarus; 81/5, Zhdanovichy rural council, Minsk district 223028, Republic of Belarus

<sup>2</sup> Belarusian State Medical University; 83, Dzerzhinsky ave., Minsk 220083, Republic of Belarus

<sup>3</sup> Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology; 8, Semashko str., Minsk 220087, Republic of Belarus

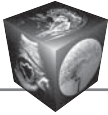
**Summary.** Aortic valve (AV) bioprotheses can be divided into framed and frameless, as well as those implanted using surgical and endovascular methods. The study of hemodynamic criteria for the functioning of sutured, seamless and transcatheter biological prostheses, including the dynamics of reverse structural and functional remodeling of the heart in the long term, is necessary to select the most correct and effective treatment tactics.

**The aim of the study:** to evaluate, using objective radiation methods of research, hemodynamic parameters and the dynamics of reverse structural and functional remodeling of the heart in the late period after correction of degenerative aortic valve defect using cardiac surgery and endovascular methods.

**Materials and methods.** A comparative, non-randomized, longitudinal study was conducted, including 89 people with severe aortic stenosis, who underwent isolated surgical or endovascular valve replacement. The patients were divided into three groups: a group with AV prosthetics using the method of implantation of a seamless biological prosthesis ( $n = 23$ ); a group using a sewn-in biological prosthesis ( $n = 45$ ); a group with a transcatheter aortic valve implantation technique (TAVI) ( $n = 21$ ). The median age of patients using a sutured biological prosthesis was 71.0 [66.7; 74.0] years, the age of patients with implantation of a seamless biological prosthesis was 73.0 [69.0; 76.8] years ( $p = 0.055$ ); in the group with a transcatheter technique for implantation of a biological prosthesis, the median age was 75.0 [69.0; 79.0] years ( $p = 0.013$ ). The female gender was 20 (44.4%), 16 (69.6%), 11 (52.4%) ( $p = 0.050$ ), respectively. In the dynamics of objective monitoring of the condition and implementation of the study goal, all patients underwent echocardiography (ECHO) according to the generally accepted method.

**Results.** In three groups, a comparison of structural and functional parameters “before” and “after” the intervention was carried out, and an intergroup comparison was performed between two groups (surgical correction using suture and sutureless bioprotheses), since the initial characteristics of the group with endovascular treatment, in particular, age, differed from the other groups. After correction of aortic stenosis using both cardiac surgery and transcatheter methods, reverse structural and functional remodeling of the heart is observed in the long term. In patients using sutured biological prostheses, LVMM decreased by  $-22.0$  [ $-28.0$ ;  $-17.0$ ]% ( $p = 0.0002$ ), seamless biological prostheses – by  $-20.0$  [ $-27.0$ ;  $-13.0$ ]% ( $p = 0.01$ ), with transcatheter aortic valve implantation – by  $-16.0$  [ $-22.0$ ;  $-10.0$ ]% ( $p = 0.0001$ ); left ventricular (LV) hypertrophy concentricity decreased by  $-21.0$  [ $-29.0$ ;  $-14.0$ ]% ( $p < 0.0001$ ),  $-24.0$  [ $-31.0$ ;  $-15.0$ ]% ( $p = 0.0002$ ),  $-24.2$  [ $-35.6$ ;  $-1.1$ ]% ( $p = 0.002$ ), respectively.

In groups using cardiac surgical methods, an improvement in longitudinal systolic function was demonstrated: absolute values of global systolic longitudinal deformation of the LV, assessed by the speckle-tracking method,



increased in patients with implanted biological prostheses by 19.3 [7.5; 54.0]% ( $p = 0.032$ ), with seamless biological prostheses – by 18.4 [3.3; 42.8]% ( $p = 0.027$ ), the  $S'_{lat\ mv}$  tissue dopplerography indicator increased – by 36.7 [22.1; 51.3]% ( $p < 0.0001$ ) and 42.8 [17.5; 57.1]% ( $p = 0.0005$ ), respectively. In individuals with TAVI, the  $S'_{lat\ mv}$  values increased by 25.0 [14.3; 55.3]% ( $p = 0.005$ ).

Recovery of left ventricular systolic function in the remote period, established on the basis of the results of 2D speckle tracking echocardiography, was diagnosed in 12 (60.0%) patients with sutured and sutureless biological prostheses.

**Conclusion.** Correction of severe AS using cardiac surgical and endovascular methods is associated in the long term with favorable indicators of intracardiac hemodynamics and reverse structural and functional remodeling of the LV.

**Keywords:** sutured biological prostheses; reverse structural and functional remodeling; seamless biological prostheses; transcatheter aortic valve implantation

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

**For citation:** Tarasevich S.V., Zherko O.M., Krachak D.I., Galitskaya S.S. Long-term results of correction of severe aortic stenosis using cardiac surgical and endovascular methods, as from radiologic control data. *Medical Visualization*. 2025; 29 (4): 58–72. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1556>

**Received:** 24.04.2025.

**Accepted for publication:** 05.06.2025.

**Published online:** 14.10.2025.

## Введение

Пороки клапанов сердца занимают одно из лидирующих мест в структуре сердечно-сосудистых заболеваний. Среди данной патологии преобладает аортальный стеноз (АС) [1]. Хирургическая замена аортального клапана (ХЗАК) является “золотым стандартом” лечения тяжелого АС, обеспечивает радикальную коррекцию и нацелена на хороший клинико-функциональный прогноз [2]. На сегодняшний день нет общего мнения по поводу объема оперативного вмешательства, и, главным образом, это касается выбора типов клапанов сердца при оперативном лечении аортальных пороков у лиц пожилого и старческого возраста. Биологические протезы характеризуются ламинарным током крови, большей эффективной площадью, меньшим транспротезным градиентом, бесшумностью, низкой тромбогенностью и возможностью отказом от антикоагулянтной терапии, следовательно, являются более подходящими для использования в данной группе пациентов [3]. Биопротезы можно разделить на каркасные и бескаркасные, а также имплантируемые хирургическим и эндоваскулярным методами. Транскатетерная имплантация аортального клапана (ТИАК) рекомендуется пациентам с высоким и средним хирургическим риском, в то время как традиционное протезирование остается методом выбора для пациентов с низким риском. Важно отметить, что ТИАК и ХЗАК имеют различные техники: в первом случае нативный аортальный клапан (АоК) сохраняется, а во втором – удаляется полностью. В свою очередь, хирургическое протезирование с использованием метода имплантации биологических клапанов быстрого разворачивания (бесшовных) сочетает в себе преимущества ХЗАК

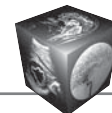
и возможности ТИАК [4]. Изучение гемодинамических критериев функционирования вшиваемых, бесшовных и транскатетерных биологических протезов, в том числе динамики обратного структурно-функционального ремоделирования сердца в отдаленном периоде, необходимо для выбора наиболее правильной и эффективной тактики лечения.

**Цель исследования** – оценить объективными лучевыми методами исследования гемодинамические параметры и динамику обратного структурно-функционального ремоделирования сердца в отдаленном периоде после коррекции дегенеративного порока АоК с использованием кардиохирургических и эндоваскулярных методик.

## Материал и методы

На базе государственных учреждений “Республиканский клинический медицинский центр” Управления делами Президента Республики Беларусь, “Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии” и “Республиканский научно-практический центр «Кардиология»” проведено сравнительное нерандомизированное продольное исследование 89 пациентов с тяжелым АС, которым в 2019–2023 гг. была выполнена изолированная хирургическая или эндоваскулярная замена клапана. Они были разделены на 3 группы: группа с протезированием АоК методом имплантации бесшовного биологического протеза ( $n = 23$ ); группа с использованием вшиваемого биологического протеза ( $n = 45$ ); группа с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза ( $n = 21$ ).

Исследование соответствует этическим стандартам, изложенным в Хельсинкской декларации



Всемирной медицинской ассоциации “Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека” с поправками 2000 г. и “Правилами клинической практики в Российской Федерации”, утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266. Пациенты, участвующие в исследовании, дали письменное информированное согласие на участие в исследовании. Номер протокола заседания этического комитета №7 от 06.03.2024.

Критериями включения в исследование были возраст пациентов старше 60 лет, синусовый ритм, тяжелый АС различной этиологии.

Критериями невключения являлись стенозы и умеренная/тяжелая регургитация на митральном, трикуспидальном клапанах, клапане легочной артерии, врожденные пороки сердца, снижение фракции выброса левого желудочка (ЛЖ) менее 50%, стенозирование коронарных артерий, требующее реваскуляризации, перенесенный в прошлом инфаркт миокарда, заболевания щитовидной железы с изменением нормальных показателей уровня гормонов, хроническая почечная недостаточность, требующая проведения гемодиализа, железодефицитная анемия средней и тяжелой степени, хронические болезни дыхательной системы с дыхательной недостаточностью, наличие “протез-пациент несоответствия”, диагностированного в отдаленном периоде, отказ пациента от участия в исследовании.

В качестве сопутствующей патологии наиболее часто встречалась ишемическая болезнь сердца (ИБС), артериальная гипертензия (АГ), хроническая сердечная недостаточность (ХСН). Полная клиническая характеристика пациентов представлена в табл. 1, 2. Включенные в исследование группы пациентов не имели статистически значимых отличий по распространенности коморбидных заболеваний: хронической ИБС, АГ и ее степени, сахарного диабета (СД), функциональным классам (ФК) ХСН по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца. Однако группа с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза статистически значимо отличалась по возрасту, поэтому в дальнейшем сравнительная оценка проводилась между группами с применением вшиваемого и бесшовного протезов.

Для протезирования АоК использовались перикардальные шовные биологические протезы – Carpentier-Edwards PERIMOUNT MAGNA (48,0%), Carpentier-Edwards PERIMOUNT MAGNA EASE (52,0%), бесшовные протезы – Perceval S (100%), транскатетерные – Edwards SAPIEN 3 (45,5%), Medical Portico Transcatheter Heart Valve R (27,3%),

Medtronic CoreValve Evolut R (22,7%), Meril Myval (4,5%).

Эхокардиография (ЭхоКГ) выполнялась трансторакальным доступом на ультразвуковых системах Vivid E 9 и Vivid E 95 (GE Healthcare) датчиками с частотой 2,5–5,0 МГц. Методика оценки функции протезов с помощью импульсно-волнового, непрерывно-волнового и цветового доплера была аналогична тем, которые используются при оценке нативного клапана. Стандартно исследовались такие параметры, как максимальная систолическая скорость (макс. сист. скорость, м/с), максимальный и средний трансклапанные градиенты давления (МГД и СГД, мм рт.ст.), эффективная площадь отверстия АоК (ЭПО, см<sup>2</sup>), рассчитанная по уравнению непрерывности потока, индексированная к площади поверхности тела (ППТ) (и ЭПО, см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>), время ускорения (АТ, мс), время изгнания (ЕТ, мс) и их отношение (АТ / ЕТ, мс).

Индекс потерь энергии (ИПЭ, см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>) определяли по формуле

$$\text{ИПЭ} = \{(\text{ЭПО} \times \text{Ao}) / (\text{Ao} - \text{ЭПО})\} / \text{ППТ},$$

где Ao – площадь поперечного сечения аорты на уровне синотубулярного соединения.

Для оценки нормального функционирования протезов в аортальной позиции использовали безразмерный индекс или индекс доплеровской скорости (DVI, см), который представляет собой отношение интеграла линейной скорости кровотока проксимальнее протеза ( $\text{VTI}_{\text{вклж}}$ , см), определенного с помощью импульсно-волнового доплера, к интегралу транспротезной линейной скорости кровотока ( $\text{VTI}_{\text{трп}}$ , см), установленного в режиме непрерывно-волнового доплера, в пятикамерной апикальной позиции.

Для оценки состояния ЛЖ исследовались следующие переменные: толщина миокарда межжелудочковой перегородки (МЖП, мм) и задней стенки ЛЖ (ЗСЛЖ, мм) во время диастолы в В-режиме. Конечный диастолический (КДО, мл), конечный систолический (КСО, мл) ЛЖ, фракцию выброса ЛЖ (ФВ, %), объемы левого (ЛП, мл) и правого (ПП, мл) предсердий определяли на основании биплановой методики дисков Симпсона. Ударный объем (УО, мл) рассчитывали как разницу между КДО и КСО ЛЖ. Массу миокарда ЛЖ (ММЛЖ, г) вычисляли в В-режиме по формуле площадь–длина и далее индексировали к площади поверхности тела (индекс массы миокарда (ИММ), г/м<sup>2</sup>) и к росту (м), возведенному в степень 2,7 (ИММ, г/м<sup>2,7</sup>).

Для определения геометрии ЛЖ рассчитывали относительную толщину стенки (ОТС) по формуле  $\text{ОТС} = [\text{ТЗС} \times 2] / \text{КДР}$ , где КДР – конечный диасто-

**Таблица 1.** Клиническая характеристика пациентов в дооперационном периоде**Table 1.** Clinical characteristics of patients in the preoperative period

Параметр Parameter	Шовный биологический протез Suture biological prosthesis n = 45	Бесшовный биологический протез Sutureless biological prosthesis n = 23	Транскатетерный биологический протез Transcatheter biological prosthesis n = 21	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>
Пол / Gender, n (%)				0.050	0.050
женский / female	20 (44.4)	16 (69.6)	11 (52.4)		
мужской / male	25 (55.6)	7 (30.4)	10 (47.6)		
Возраст, годы Age, years	71.0 [66.7; 74.0]	73.0 [69.0; 76.8]	75.0 [69.0; 79.0]	0.055	0.013
ППТ, м <sup>2</sup> / BSA, m <sup>2</sup>	1.9 [1.7; 2.0]	1.7 [1.6; 1.8]	1.8 [1.8; 1.9]	0.025	<0.001
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> / BMI, kg/m <sup>2</sup>	27.0 [25.0; 31.0]	26.0 [24.0; 28.0]	28.0 [26.0; 29.0]	0.213	0.421
ИБС / IHD, n (%)	34.0 (75.6)	17.0 (73.9)	20.0 (95.2)	0.883	0.129
СН / AH, n (%)				0.297	0.783
нет / no	38.0 (84.4)	17.0 (73.9)	15.0 (71.4)		
1	1.0 (2.2)	1.0 (4.3)	0		
2	5.0 (11.1)	4.0 (17.4)	5.0 (23.8)		
3	1.0 (2.2)	1.0 (4.3)	1.0 (4.8)		
ХСН / CHF, n (%)				0.060	0.129
1	1.0 (2.2)	2.0 (8.7)	0		
2	35.0 (77.8)	12.0 (52.2)	17.0 (81.0)		
3	9.0 (20.0)	9.0 (39.1)	4.0 (19.0)		
Наличие АГ, n (%) Presence of AH, n (%)	39.0 (90.7)	22.0 (95.7)	21.0 (100.0)	0.249	0.306
Степень АГ, (n) % Degree of AH, (n) %				0.687	0.306
1	6.0 (15.4)	4.0 (18.2)	0		
2	32.0 (82.1)	16.0 (72.7)	20.0 (95.2)		
3	1.0 (2.6)	2.0 (9.1)	1.0 (4.8)		
АД, мм рт. ст. BP, mmHg					
сист / systolic	140.0 [130.0; 140.0]	135.0 [130.0; 140.0]	140.0 [127.0; 144.0]	0.101	0.775
диаст / diastolic	80.0 [80.0; 90.0]	80.0 [80.0; 80.0]	80.0 [80.0; 90.0]	0.061	0.301
СД / DM, n (%)	7.0 (15.6)	3.0 (13.0)	8.0 (38.1)	0.782	0.064
Наличие ХБП, n (%) Presence of CRF, n (%)	10.0 (22.2)	8.0 (34.8)	4.0 (19.0)	0.267	0.414
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	129.0 [122.0; 137]	125.0 [116.0; 13.09]	131.0 [120.0; 137.0]	0.078	0.569

**Примечание.** p<sub>1</sub> – уровень статистической значимости показателей среди групп с использованием техники имплантации вшиваемого и бесшовного биологического протеза; p<sub>2</sub> – уровень статистической значимости показателей среди групп с использованием техники имплантации вшиваемого, бесшовного и транскатетерного биологического протеза. ППТ – площадь поверхности тела, ИМТ – индекс массы тела, ИБС – ишемическая болезнь сердца, СН – стенокардия, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, АГ – артериальная гипертензия, АД – артериальное давление, СД – сахарный диабет, ХБП – хроническая болезнь почек.

**Note.** p<sub>1</sub> – level of statistical significance of indicators among groups using the technique of implantation of a sutured and seamless biological prosthesis; p<sub>2</sub> – level of statistical significance of indicators among groups using the technique of implantation of a sutured, seamless and transcatheter biological prosthesis. BSA – body surface area, BMI – body mass index, CHD – coronary heart disease, AP – angina pectoris, CHF – chronic heart failure, AH – arterial hypertension, BP – blood pressure, DM – diabetes mellitus, CKD – chronic kidney disease.

**Таблица 2.** Структурно-функциональные характеристики сердца в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах**Table 2.** Structural and functional characteristics of the heart in the preoperative and long-term postoperative periods

Параметр Parameter	Период Period	Шовный биологический протез Suture biological prosthesis	Бесшовный биологический протез Sutureless biological prosthesis	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
КДО ЛЖ, мл LV EDV, ml	До / Before После / After	109.0 [98.8; 136.3] 116.0 [101.0; 133.0]	94.0 [78.0; 103.3] 102.5 [97.0; 110.5]	0.003	0.711	0.018
Индекс КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> LV EDV index, ml/m <sup>2</sup>	До / Before После / After	57.5 [54.0; 66.7] 61.5 [55.2; 65.2]	54.1 [45.5; 58.4] 60.4 [55.0; 63.5]	0.030	0.799	0.065
КСО ЛЖ, мл LV ESV, ml	До / Before После / After	43.0 [37.0; 52.3] 40.0 [33.0; 52.0]	31.0 [24.8; 41.0] 38.5 [32.0; 43.0]	0.001	0.640	0.073
Индекс КСО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> LV ESV index, ml/m <sup>2</sup>	До / Before После / After	23.0 [20.7; 25.4] 21.5 [18.8; 25.9]	17.1 [14.3; 21.2] 21.1 [18.1; 24.8]	0.004	0.411	0.083
УО ЛЖ, мл SV LV, ml	До / Before После / After	66.0 [60.5; 87.3] 74.5 [65.0; 79.0]	61.0 [49.3; 72.3] 64.0 [60.5; 71.5]	0.073	0.277	0.330
Индекс УО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> SV LV index, ml/m <sup>2</sup>	До / Before После / After	37.1 [32.0; 42.3] 37.9 [34.8; 41.9]	36.0 [29.7; 39.3] 38.2 [34.7; 41.5]	0.511	0.491	0.668
ФВ ЛЖ, % LV EF, %	До / Before После / After	60.0 [58.8; 63.3] 65.0 [60.0; 68.0]	66.0 [64.3; 73.0] 64.5 [60.0; 67.5]	0.001	0.019	0.051
GLPS, %	До / Before После / After	-16.1 [-17.9; -14.1] -19.3 [-20.4; -16.9]	-16.2 [-18.0; -15.0] -19.4 [-20.9; -18.0]	0.827	0.007	0.005
ММЛЖ, г MMLV, g	До / Before После / After	259.0 [223.8; 312.5] 195.0 [170.0; 224.0]	210.0 [160.0; 248.3] 156.0 [144.0; 189.5]	0.003	0.001	0.026
Индекс ММЛЖ, г/м <sup>2</sup> MMLV index, ml/m <sup>2</sup>	До / Before После / After	139.0 [120.0; 163.3] 103.0 [94.0; 116.0]	120.0 [99.0; 144.5] 91.0 [85.0; 101.0]	0.026	<0.001	0.009
Индекс ММЛЖ, г/м <sup>2.7</sup> MMLV index, g/m <sup>2.7</sup>	До / Before После / After	65.0 [56.3; 71.8] 48.8 [45.2; 71.8]	50.3 [47.8; 67.2] 46.2 [37.5; 51.1]	0.060	<0.0001	0.009
МЖП, мм IVS, mm	До / Before После / After	14.0 [13.0; 15.0] 11.0 [11.0; 13.0]	13.0 [11.8; 14.0] 11.0 [10.0; 12.0]	0.070	0.001	0.033
ЗСЛЖ, мм BW LV, mm	До / Before После / After	12.0 [11.0; 14.0] 10.0 [10.0; 11.0]	11.0 [10.0; 13.3] 10.0 [9.0; 10.0]	0.108	<0.001	0.002
ОТС RWT	До / Before После / After	0.49 [0.44; 0.55] 0.40 [0.38; 0.45]	0.48 [0.43; 0.54] 0.41 [0.38; 0.44]	0.529	<0.001	0.029
ММЛЖ/КДО ЛЖ, г/мл MMLV / LV EDV, g/ml	До / Before После / After	2.46 [1.81; 3.04] 1.76 [1.56; 1.88]	2.27 [1.83; 2.62] 1.58 [1.43; 1.85]	0.473	<0.001	0.0002
КДП ПЖ, см <sup>2</sup> RV EDA, cm <sup>2</sup>	До / Before После / After	18.0 [15.1; 21.1] 18.9 [18.0; 21.6]	15.0 [13.4; 16.5] 17.0 [15.3; 17.8]	0.002	0.215	0.057
КСП ПЖ, см <sup>2</sup> RV ESA, cm <sup>2</sup>	До / Before После / After	10.0 [7.9; 12.7] 10.7 [10.0; 12.0]	7.9 [7.0; 9.0] 9.0 [8.0; 10.5]	0.008	0.123	0.025
ФИП ПЖ, % RV FAC, %	До / Before После / After	44.0 [42.0; 49.5] 43.5 [40.0; 46.0]	45.0 [41.0; 52.0] 43.5 [39.0; 48.0]	0.882	0.193	0.216
Объем ЛП, мл LA volume, ml	До / Before После / After	69.5 [57.0; 83.5] 67.5 [61.0; 80.0]	61.0 [58.3; 70.7] 61.5 [51.5; 66.0]	0.165	0.891	0.229
Индекс объема ЛП, мл/м <sup>2</sup> LA volume index, ml/m <sup>2</sup>	До / Before После / After	36.9 [34.1; 42.1] 35.9 [33.9; 40.1]	36.9 [32.3; 41.1] 33.9 [30.0; 37.3]	0.714	0.521	0.144
Объем ПП, мл RA volume, ml	До / Before После / After	51.4 [40.9; 58.9] 52.5 [47.3; 59.6]	42.0 [36.6; 47.0] 48.8 [41.5; 56.4]	0.012	0.141	0.009
Индекс объема ПП, мл/м <sup>2</sup> RA volume index, ml/m <sup>2</sup>	До / Before После / After	27.0 [22.9; 30.0] 28.0 [27.0; 30.0]	24.0 [20.5; 28.0] 27.0 [24.5; 30.5]	0.084	0.258	0.010

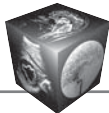


Таблица 2 (окончание).  
Table 2 (end).

Параметр Parameter	Период Period	Шовный биологический протез Suture biological prosthesis	Бесшовный биологический протез Sutureless biological prosthesis	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>
MAPSE, мм MAPSE, mm	До / Before После / After	13.0 [12.0; 14.0] 15.0 [13.0; 17.0]	14.0 [13.0; 14.5] 13.0 [12.0; 16.5]	0.214	0.008	0.461
TAPSE, мм TAPSE, mm	До / Before После / After	22.0 [20.0; 25.0] 19.0 [17.0; 22.0]	21.0 [18.8; 23.0] 18.0 [17.0; 19.0]	0.296	0.0006	0.0009
S' <sub>лат МК</sub> , см/с S' <sub>lat MV</sub> , cm/sec	До / Before После / After	7.0 [6.0; 8.0] 9.0 [8.0; 11.0]	6.0 [6.0; 7.0] 10.0 [8.0; 10.5]	0.078	<0.001	<0.001
S' <sub>септ МК</sub> , см/с S' <sub>sept MV</sub> , cm/sec	До / Before После / After	6.0 [5.0; 7.0] 7.0 [6.0; 8.0]	6.0 [5.5; 6.5] 6.0 [6.5; 7.0]	0.464	0.008	0.064
S' <sub>тк</sub> , см/с S' <sub>tv</sub> , cm/sec	До / Before После / After	13.0 [11.3; 15.8] 12.0 [11.0; 13.0]	11.5 [11.0; 14.0] 12.0 [11.0; 13.0]	0.129	0.090	0.095
ДЛА <sub>СИСТ</sub> , мм рт.ст. PLA <sub>syst</sub> , mmHg	До / Before После / After	30.0 [25.0; 34.2] 24.0 [22.0; 27.0]	32.0 [24.5; 33.3] 26.0 [23.5; 31.0]	0.584	0.001	0.151
TAPSE/ДЛА <sub>СИСТ</sub> , мм рт.ст. TAPSE/ PLA <sub>syst</sub> , mmHg	До / Before После / After	0.72 [0.59; 0.91] 0.77 [0.64; 0.95]	0.69 [0.59; 0.86] 0.71 [0.54; 0.83]	0.547	0.309	0.804

**Примечание.** p<sub>1</sub> – уровень статистической значимости показателей дооперационного периода между исследуемыми группами; p<sub>2</sub> – уровень статистической значимости показателей дооперационного и отдаленного послеоперационного периодов в группе с использованием вшиваемого биологического протеза; p<sub>3</sub> – уровень статистической значимости показателей дооперационного и отдаленного послеоперационного периодов в группе с использованием техники имплантации бесшовного биологического протеза. Здесь и в табл. 4: КДО ЛЖ – конечный диастолический объем ЛЖ, КСО ЛЖ – конечный систолический объем ЛЖ, УО ЛЖ – ударный объем ЛЖ, ФВ ЛЖ – фракция выброса ЛЖ, GLPS – глобальный продольный стрейн, ММЛЖ – масса миокарда ЛЖ, МЖП – межжелудочковая перегородка, ЗСЛЖ – задняя стенка ЛЖ, ОТС – относительная толщина стенки, КДП ПЖ – конечная диастолическая площадь ПЖ, КСП ПЖ – конечная систолическая площадь ПЖ, ФИП ПЖ – фракция изменения площади ПЖ, ЛП – левое предсердие, ПП – правое предсердие, MAPSE – систолическую экскурсию кольца митрального клапана, TAPSE – систолическую экскурсию кольца трикуспидального клапана, ДЛА – давление легочной артерии.

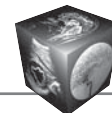
**Note.** p<sub>1</sub> – level of statistical significance of preoperative period indicators between the study groups; p<sub>2</sub> – level of statistical significance of preoperative and long-term postoperative period indicators in the group using a suture biological prosthesis; p<sub>3</sub> – level of statistical significance of indicators of preoperative and long-term postoperative periods in the group using the technique of implantation of a sutureless biological prosthesis. Here and in tabl. 4: LV EDV – end-diastolic volume LV, LV ESV – end-systolic volume LV, LV SV – stroke volume LV, LV EF – LV ejection fraction, GLPS – Global Longitudinal Strain, MMLV – LV myocardial mass, IVS – interventricular septum, BW LV – LV posterior wall, RWT – relative wall thickness, RV EDA – RV end-diastolic area, RV ESA – RV end-systolic area, RV FAC – RV fraction of area change, LA – left atrium, RA – right atrium, MAPSE – mitral annular systolic excursion, TAPSE – tricuspid annular systolic excursion, PAP – pulmonary artery pressure.

лический размер ЛЖ (мм), ТЗС – толщина задней стенки ЛЖ в конце диастолы (мм) в В-режиме и индекс геометрии ЛЖ (ММЛЖ / КДО, г/мл).

Сократительная функция миокарда ЛЖ анализировалась с помощью тканевой доплерографии в импульсно-волновом режиме по скоростям движения латерального (S'<sub>лат</sub>, см/с), септального (S'<sub>септ</sub>, см/с) краев фиброзного кольца митрального клапана (МК) и недоплеровской методики оценки движения миокарда – “спекл-слежения” (GLPS, %). Систолическую экскурсию кольца МК

(MAPSE, мм) рассчитывали как амплитуду систолической экскурсии кольца в продольном направлении из апикальной четырехкамерной позиции.

Для оценки состояния правого желудочка (ПЖ) использовались стандартные методы ЭхоКГ: конечная диастолическая (КДП, см<sup>2</sup>) и конечная систолическая (КСП, см<sup>2</sup>) площади ПЖ, рассчитанные путем трассировки ПЖ по эндокарду. Систолическая функция ПЖ оценивалась по систолической скорости движения латеральной части трикуспидального кольца в режиме тканевой



импульсноволновой доплерографии ( $S'_{\text{тк}}$ , см/с), систолической экскурсии латеральной части кольца трикуспидального клапана (TAPSE, мм), фракции изменения площади (ФИП, %) по формуле (КДП – КСП)/КДП, соотношению TAPSE/ДЛА<sub>сист</sub> мм рт.ст. По стандартной методике проводили измерение систолического давления в легочной артерии (ДЛА<sub>сист</sub> мм рт.ст.). Тяжелый АС устанавливали на основании следующих критериев: пиковая трансклапанная скорость > 4 м/с, средний градиент > 40 мм рт.ст., площадь АоК < 1 см<sup>2</sup>, индекс площади АоК < 0,6 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. В случае низкотокового низкоградиентного тяжелого АС с сохраненной ФВ (более 50%) площадь отверстия составляет ≤ 1 см<sup>2</sup>, средний градиент давления < 40 мм рт.ст., индекс УО ≤ 35 мл/м<sup>2</sup> [1, 4, 6].

Субпороговая (латентная) систолическая дисфункция ЛЖ определялась на основании результатов выполнения 2D-speckle-tracking-ЭхоКГ, пороговым значением которой при сохраненной ФВ ЛЖ является уровень GLS менее 16% [5].

ЭхоКГ выполнялась перед операцией и затем не ранее года после оперативного вмешательства. Медиана периода наблюдения составила в группе с использованием вшиваемых биологических протезов 1,0 год 9,0 мес [1,0 год 3,0 мес; 3,0 года 6,0 мес], бесшовных биологических протезов 1,0 год 6,0 мес [1,0 год 3 дня; 2,0 года], с ТИАК 1,0 год 9,0 мес [1,0 год 5,0 мес; 3,0 года 5,0 мес] ( $p = 0,116$ ). Перед ЭхоКГ по стандартной методике пациенту измерялось артериальное давление (АД). Все гемодинамические транспротезные показатели проанализированы после снижения цифр АД менее 150/90 мм рт.ст.

Оценка глобальной систолической продольной деформации ЛЖ (GLPS, %) по данным 2D-speckle-tracking-ЭхоКГ перед хирургическим вмешательством была выполнена у 11 пациентов с последующей имплантацией бесшовного биологического протеза, у 16 лиц с вшиваемым биологическим протезом. Пациентам с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза исследование продольной деформации ЛЖ перед операцией не проводилось. В отдаленном периоде глобальная систолическая продольная деформация ЛЖ определялась у всех пациентов.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью пакетов прикладных программ SAS (Statistic Analysis System), IBM SPSS Statistics.

Для большинства количественных переменных распределение отличалось от нормального, поэтому полученные результаты оценивали непараметрическими методами. Количественные значения изучаемых параметров по результатам описа-

тельной статистической обработки данных представляли в виде медианы, 25% нижнего и 75% верхнего квартильных размахов – Ме [LQ; UQ]. Для независимых выборок применяли знакоранговый критерий Манна–Уитни, для зависимых данных – одновыборочный критерий Вилкоксона с указанием уровня статистической значимости ( $p$ ). Для сопоставления номинальных данных использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона. Значение  $p < 0,05$  считали статистически значимым.

Объем выборки не рассчитывался, так как исследование продолжается и будет дополнено.

## Результаты исследования

Всем пациентам выполнялось первичное изолированное плановое хирургическое или эндоваскулярное вмешательство в связи с тяжелым АС. Подробное описание эхокардиографических данных в группах с применением бесшовного и вшиваемого биологических протезов, характеризующих структурно-функциональные параметры сердца и гемодинамические свойства АоК, представлено в табл. 2, 3.

Из табл. 2, 3 видно, что группы сопоставимы по гемодинамическим показателям и большинству структурно-функциональных характеристик сердца в дооперационном периоде, за исключением КДО, КСО ЛЖ и их индексов, ФВ ЛЖ, ММЛЖ, индекса ММЛЖ на ППТ, КДП и КСП ЛЖ, объема ПП. В связи с этим в дальнейшем группы не сравнивались между собой.

Далее была проведена оценка относительного изменения рассматриваемых показателей, выраженного в процентах.

При сопоставлении дооперационного и послеоперационного периодов в группе с использованием вшиваемого биологического протеза отмечается статистически значимое увеличение ФВ ЛЖ на 5,8 [1,6; 9,9]% ( $p = 0,008$ ), абсолютной величины глобальной продольной деформации миокарда ЛЖ на 19,3 [7,5; 54,0]% ( $p = 0,032$ ), уменьшение массы миокарда на –22,0 [–28,0; –17,0]% ( $p = 0,0002$ ), индекса ММЛЖ по отношению к площади тела на –23,0 [–28,0; –18,0]% ( $p < 0,0001$ ), индекса ММЛЖ к росту на –22,0 [–28,0; –17,0]% ( $p < 0,0001$ ), концентричности ЛЖ на –21,0 [–29,0; –14,0]% ( $p < 0,0001$ ), толщины МЖП на –10,5 [–16,7; –4,3]% ( $p = 0,002$ ) и ЗСЛЖ на –14,4 [–19,6,0; –9,3]% ( $p = 0,0001$ ), увеличение  $S'_{\text{лат мк}}$  на 36,7 [22,1; 51,3]% ( $p < 0,0001$ ) и  $S'_{\text{септ мк}}$  на 26,3 [12,0; 40,6]% ( $p = 0,0009$ ), TAPSE на 18,2 [7,2; 31,9]% ( $p = 0,005$ ), снижение ДЛА<sub>сист</sub> на –13,1 [–23,1; –3,2]% ( $p = 0,005$ ), TAPSE на –11,0 [–16,8; –5,2]% ( $p = 0,0009$ ).



**Таблица 3.** Гемодинамические показатели в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах  
**Table 3.** Hemodynamic parameters in the preoperative and long-term postoperative periods

Параметр Parameter	Период Period	Шовный биологический протез Suture biological prosthesis	Бесшовный биологический протез Sutureless biological prosthesis	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>
Макс. сист. скорость, м/с PV, m/sec	До / Before После / After	4.6 [4.2; 5.0] 2.4 [2.1; 2.7]	4.4 [4.2; 4.8] 2.2 [1.9; 2.4]	0.218	<0.0001	<0.0001
МГД, мм рт.ст. PG, mmHg	До / Before После / After	84.0 [70.0; 103.5] 23.5 [19.0; 29.0]	78.0 [63.5; 93.0] 20.5 [15.5; 22.5]	0.222	<0.0001	<0.0001
СГД, мм рт.ст. MG, mmHg	До / Before После / After	51.0 [43.3; 68.5] 13.0 [10.7; 15.0]	50.0 [40.7; 60.8] 11.5 [8.5; 13.5]	0.293	<0.0001	<0.0001
ЭПО, см <sup>2</sup> EOA, cm <sup>2</sup>	До / Before После / After	0.9 [0.7; 0.9] 1.9 [1.70; 2.30]	0.7 [0.6; 0.8] 1.9 [1.73; 2.07]	0.042	<0.0001	<0.0001
Индекс ЭПО, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> EOA index, cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	До / Before После / After	0.42 [0.36; 0.50] 0.99 [0.94; 1.21]	0.42 [0.38; 0.46] 1.06 [0.99; 1.25]	0.871	<0.0001	<0.0001
ИПЭ, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> ELI, cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	До / Before После / After	0.43 [0.38; 0.52] 1.05 [1.0; 1.29]	0.43 [0.39; 0.48] 1.12 [1.05; 1.34]	0.844	<0.0001	<0.0001
DVI, см DVI, cm	До / Before После / After	0.20 [0.18; 0.24] 0.47 [0.44; 0.57]	0.21 [0.17; 0.24] 0.45 [0.39; 0.48]	0.837	<0.0001	<0.0001
АТ, мс AT, msec	До / Before После / After	100.0 [90.0; 100.0] 81.5 [74.0; 91.0]	80.0 [65.0; 100.0] 80.5 [68.0; 90.5]	0.091	0.006	0.875
ЕТ, мс ET, msec	До / Before После / After	320.0 [300.0; 340.0] 303.0 [290.0; 319.0]	330.0 [275.0; 340.0] 308.0 [283.0; 333.5]	0.727	0.204	0.875
АТ/ЕТ, мс AT/ET, msec	До / Before После / After	0.30 [0.28; 0.32] 0.27 [0.24; 0.30]	0.28 [0.22; 0.29] 0.25 [0.23; 0.28]	0.082	0.027	0.995

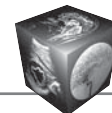
*Примечание.* p<sub>1</sub> – уровень статистической значимости показателей дооперационного периода между исследуемыми группами; p<sub>2</sub> – уровень статистической значимости показателей дооперационного и отдаленного послеоперационного периодов в группе с использованием вшиваемого биологического протеза; p<sub>3</sub> – уровень статистической значимости показателей дооперационного и отдаленного послеоперационного периодов в группе с использованием техники имплантации бесшовного биологического протеза. Здесь и в табл. 5: МГД – максимальный градиент давления, СГД – средний градиент давления, ЭПО – эффективная площадь отверстия, ИПЭ – индекс потери энергии, DVI – индекс доплеровской скорости, АТ – время ускорения, ЕТ – время изгнания.

*Note.* p<sub>1</sub> – level of statistical significance of preoperative period indicators between the study groups; p<sub>2</sub> – level of statistical significance of preoperative and long-term postoperative period indicators in the group using a suture biological prosthesis; p<sub>3</sub> – level of statistical significance of indicators of preoperative and long-term postoperative periods in the group using the technique of implantation of a sutureless biological prosthesis. Here and in tabl. 5: PG – peak gradient, MG – mean gradient, EOA – effective orifice area, ELI – energy loss index, DVI – Doppler velocity index, AT – acceleration time, ET – ejection time.

При сопоставлении дооперационного и послеоперационного периодов в группе с применением бесшовного биологического протеза отмечается статистически значимое увеличение абсолютной величины глобальной продольной деформации миокарда ЛЖ на 18,4 [3,3; 42,8]% (p = 0,027), уменьшение массы миокарда на –20,0 [–27,0; –13,0]% (p = 0,01), индекса ММЛЖ по отношению к площади тела на –21,0 [–29,0; –13,0]% (p = 0,016), индекса массы миокарда к росту на –18,9 [–25,2; –7,7]% (p = 0,01), концентричности ЛЖ на –24,0 [–31,0; –15,0]% (p = 0,0002), толщины

МЖП на –12,1 [–21,9; –8,3]% (p = 0,011) и ЗСЛЖ на –10,0 [–20,6; –0,6]% (p = 0,042), увеличение S'<sub>лат.мк</sub> на 42,8 [17,5; 57,1]% (p = 0,0005), снижение TAPSE на –16,2 [–23,9; –2,9]% (p = 0,001), увеличение КСП ПЖ на 18,3 [14,1; 27,6]% (p = 0,011), объема ПП на 21,7 [–3,5; 26,1]% (p = 0,003) и индекса объема ПП на 17,9 [–4,2; 26,4]% (p = 0,032), КДО ЛЖ на 11,1 [4,1; 18,4]% (p = 0,015).

Диаметры вшиваемых биологических протезов по данным ЭхоКГ составили 23,0 [23,0; 25,0] мм, бесшовных биологических протезов – 23,0 [23,0; 25,0] мм соответственно.



В соответствии с полученными данными ЭхоКГ максимальная систолическая скорость, максимальный и средний транспротезные градиенты статистически значимо уменьшились, площадь эффективного отверстия, индекс потерь энергии увеличились. Время ускорения систолического транспротезного потока уменьшилось на вшиваемых протезах, время изгнания и их отношение не претерпели статистически значимых изменений в исследуемых группах.

Следовательно, эхокардиографическое исследование, выполненное в отдаленном послеоперационном периоде, позволило определить, что шовные и бесшовные биологические протезы обладают хорошими гемодинамическими характеристиками и приводят к статистически значимому уменьшению ММЛЖ, индекса ММЛЖ по отношению к площади тела, индекса ММЛЖ к росту, толщины МЖП и ЗСЛЖ, уменьшению концентричности ЛЖ. В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов с шовными биологическими протезами абсолютные величины GLPS, значения MAPSE,  $S'_{\text{лат мк}}$ ,  $S'_{\text{септ мк}}$  у лиц с бесшовными биологическими протезами GLPS,  $S'_{\text{лат мк}}$  были статистически значимо выше по сравнению с дооперационным периодом, что свидетельствует об улучшении продольной сократительной способности ЛЖ. Однако показатель TAPSE, характеризующий систолическую функцию ПЖ, статистически зна-

чительно снизился в исследуемых группах, что соответствует ухудшению его функции.

Перед оперативным лечением субпороговая (латентная) систолическая дисфункция ЛЖ, диагностированная по результатам выполнения 2D-speckle-tracking-ЭхоКГ, была установлена у 20 (74,0%) пациентов с тяжелым стенозом АоК. Восстановление систолической функции ЛЖ в отдаленном периоде определено у 12 (60,0%) человек, из них у 7 (58%) с шовными биологическими протезами, у 5 (42%) с бесшовными биологическими протезами.

Описание эхокардиографических данных, характеризующих структурно-функциональные и гемодинамические параметры, в группе с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза представлены в табл. 4, 5.

При изучении дооперационного и послеоперационного периодов в исследуемой группе отмечается статистически значимое уменьшение массы миокарда на  $-16,0 [-22,0; -10,0]\%$  ( $p = 0,0001$ ), индекса ММЛЖ по отношению к площади тела на  $-17,5 [-22,6; -5,3]\%$  ( $p = 0,0003$ ), индекса ММЛЖ к росту на  $-20,3 [-25,2; -4,0]\%$  ( $p < 0,0001$ ), толщины МЖП на  $-8,3 [-20,0; -0,13]\%$  ( $p < 0,0001$ ) и ЗСЛЖ на  $-9,1 [-25,0; -5,4]\%$  ( $p = 0,003$ ), концентричности ЛЖ на  $-24,2 [-35,6; -1,1]\%$  ( $p = 0,002$ ), увеличение  $S'_{\text{лат мк}}$  на  $25,0 [14,3; 55,3]\%$  ( $p = 0,005$ ), снижение ДЛА<sub>сис</sub> на  $-14,8 [-21,9; 7,1]\%$  ( $p = 0,02$ ),

**Таблица 4.** Структурно-функциональные параметры сердца в группе с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах

**Table 4.** Structural and functional parameters of the heart in the group with the transcatheter technique of implantation of a biological prosthesis in the preoperative and long-term postoperative periods

Параметр Parameter	Транскатетерный биологический протез в дооперационном периоде Transcatheter biological prosthesis in the preoperative period	Транскатетерный биологический протез в отдаленном периоде Transcatheter biological prosthesis in the long-term postoperative period	p
КДО ЛЖ, мл LV EDV, ml	105.0 [94.0; 116.0]	111.0 [102.0; 119.0]	0.095
Индекс КДО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> LV EDV index, ml/m <sup>2</sup>	57.4 [52.3; 62.5]	61.2 [57.4; 65.1]	0.069
КСО ЛЖ, мл LV ESV, ml	40.7 [35.1; 46.3]	41.8 [37.6; 46.0]	0.068
Индекс КСО ЛЖ, мл/м <sup>2</sup> LV ESV index, ml/m <sup>2</sup>	22.2 [19.4; 25.0]	23.2 [21.0; 25.3]	0.056
УО ЛЖ, мл SV LV, ml	64.4 [57.4; 71.5]	68.7 [63.2; 74.2]	0.242
Индекс УО, мл/м <sup>2</sup> SV LV index, ml/m <sup>2</sup>	35.2 [31.9; 38.4]	38.0 [35.6; 40.5]	0.170
ФВ ЛЖ, % LV EF, %	61.9 [59.6; 64.2]	62.1 [60.2; 64.1]	0.426



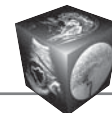
Таблица 4 (окончание).

Table 4 (end).

Параметр Parameter	Транскатетерный биологический протез в дооперационном периоде Transcatheter biological prosthesis in the preoperative period	Транскатетерный биологический протез в отдаленном периоде Transcatheter biological prosthesis in the long-term postoperative period	p
ММЛЖ, г MMLV, g	221.0 [197.7; 263.0]	200.0 [160.0; 214.0]	0.027
Индекс ММЛЖ, г/м <sup>2</sup> MMLV index, ml/m <sup>2</sup>	123.0 [108.3; 140.0]	104.0 [98.0; 113.0]	0.004
Индекс ММЛЖ, г/м <sup>2.7</sup> MMLV index, g/ m <sup>2.7</sup>	60.1 [52.0; 66.9]	50.2 [45.1; 53.5]	0.013
МЖП, мм IVS, mm	13.6 [12.4; 14.7]	11.5 [10.9; 12.1]	0.023
ЗСЛЖ, мм BWLv, mm	12.3 [11.2; 13.4]	10.1 [9.7; 10.5]	0.013
ОТС RWT	0.52 [0.46; 0.57]	0.4 [0.39; 0.42]	0.006
ММЛЖ/КДО, г/мл MMLV / LV EDV, g/ml	2.06 [1.76; 2.6]	1.79 [1.51; 1.90]	0.013
КДП ПЖ, см <sup>2</sup> RV EDA, cm <sup>2</sup>	23.1 [16.3; 30.0]	18.2 [16.3; 20.2]	0.155
КСП ПЖ, см <sup>2</sup> RV ESA, cm <sup>2</sup>	12.3 [8.3; 16.2]	10.3 [9.1; 11.5]	0.427
ФИП ПЖ, % RV FAC, %	46.0 [44.0; 48.0]	43.0 [39.7; 47.0]	0.199
Объем ЛП, мл LA volume, ml	78.0 [67.3; 81.0]	67.0 [60.0; 70.0]	0.044
Индекс объема ЛП, мл/м <sup>2</sup> LA volume index, ml/m <sup>2</sup>	43.0 [39.5; 46.5]	37.6 [33.5; 41.6]	0.011
Объем ПП, мл RA volume, ml	51.0 [46.0; 55.0]	56.0 [49.0; 63.0]	0.503
Индекс объема ПП, мл/м <sup>2</sup> RA volume index, ml/m <sup>2</sup>	27.6 [24.8; 30.4]	31.3 [27; 35.6]	0.375
MAPSE, мм MAPSE, mm	12.0 [11.3; 13.0]	13.5 [12.0; 15.0]	0.117
TAPSE, мм TAPSE, mm	21.9 [20.4; 23.5]	23.3 [21.9; 24.8]	0.066
S' <sub>лат МК</sub> , см/с S' <sub>lat MV</sub> , cm/sec	7.0 [6.0; 8.0]	8.0 [8.0; 9.0]	0.0002
S' <sub>септ МК</sub> , см/с S' <sub>sept MV</sub> , cm/sec	6.0 [5.5; 6.5]	6.5 [6.0; 8.0]	0.096
S' <sub>тк</sub> , см/с S' <sub>tv</sub> , cm/sec	14.0 [11.0; 14.0]	16.5 [11.5; 17.5]	0.078
ДЛАСист, мм рт.ст. PLAsyst, mmHg	30.0 [27.0; 33.7]	23.5 [21.0; 30.0]	0.011
TAPSE/ДЛАСист, мм рт.ст. TAPSE/ PLAsyst, mmHg	0.72 [0.61; 0.81]	0.94 [0.84; 1.04]	0.005

Примечание. p – уровень статистической значимости показателей дооперационного и отдаленного послеоперационного периодов в группе с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза.

Note. p – level of statistical significance of indicators of preoperative and long-term postoperative periods in the group with the transcatheter technique of implantation of a biological prosthesis.

**Таблица 5.** Гемодинамические показатели в группе с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах**Table 5.** Hemodynamic parameters in the group with the transcatheter technique of implantation of a biological prosthesis in the preoperative and long-term postoperative periods

Параметр Parameter	Транскатетерный биологический протез в дооперационном периоде Transcatheter biological prosthesis in the preoperative period	Транскатетерный биологический протез в отдаленном периоде Transcatheter biological prosthesis in the long-term postoperative period	p
Макс, сист. скорость, м/с PV, m/sec	4.6 [4.3; 4.9]	2.2 [1.9; 2.5]	<0.0001
МГД, мм рт. ст. PG, mmHg	86.9 [75.2; 98.6]	21.8 [17.4; 26.2]	<0.0001
СГД, мм рт. ст. MG, mmHg	54.1 [45.9; 62.4]	12.5 [9.3; 15.8]	<0.0001
ЭПО, см <sup>2</sup> EOA, cm <sup>2</sup>	0.79 [0.71; 0.87]	2.41 [2.13; 2.7]	<0.0001
Индекс ЭПО, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> EOA index, cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0.43 [0.4; 0.47]	1.34 [1.21; 1.47]	<0.0001
ИПЭ, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> EI, cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0.44 [0.41; 0.48]	1.47 [1.32; 1.63]	<0.0001
DVI, см DVI, cm	0.22 [0.19; 0.26]	0.50 [0.45; 0.56]	0.002
АТ, мс AT, msec	92.0 [67.0; 118.0]	80.0 [73.0; 87.0]	0.849
ЕТ, мс ET, msec	322.0 [290.0; 355.0]	306.0 [292.0; 321.0]	0.145
АТ/ЕТ, мс AT/ET, msec	0.29 [0.22; 0.35]	0.26 [0.24; 0.29]	0.939

*Примечание.* p – уровень статистической значимости показателей дооперационного и отдаленного послеоперационного периодов в группе с транскатетерной техникой имплантации биологического протеза.

*Note.* p – level of statistical significance of indicators of preoperative and long-term postoperative periods in the group with the transcatheter technique of implantation of a biological prosthesis.

увеличение TAPSE/ДЛА<sub>сист</sub> на 18,1 [4,7; 41,7]% (p = 0,007). Достоверно уменьшился объем ЛП на –13,3 [–21,9; –1,6]% (p = 0,0001) и индекс объема ЛП на –14,1 [–21,1; –2,7]% (p = 0,0001).

Диаметры протезов, согласно эхокардиографическим данным, составили 25,0 [24,7; 26,0] мм. В отдаленном послеоперационном периоде максимальная систолическая скорость, максимальный и средний транспротезные градиенты статистически значимо уменьшились, площадь эффективного отверстия, индекс потерь энергии увеличились. Время ускорения, время изгнания и их отношение не подверглись статистически значимым изменениям.

Постоянные электрокардиостимуляторы в раннем послеоперационном периоде были имплантированы 11 (12,3%) пациентам: 3 – (3,3%) с бесшовными биопротезами, 4 – (4,5%) с ТИАК, 4 – (4,5%) с шовными биологическими протезами.

Парапротезная регургитация присутствовала у 8 (8,9%) пациентов: у 6 (6,7%) пациентов с ТИАК диагностирована легкая (83,4% случаев) и умеренная (16,6%) регургитация; у 2 (2,2%) – с бесшовными биологическими протезами имела место умеренная парапротезная регургитация. Во всех наблюдениях парапротезная регургитация была стабильной с течением времени.

### Обсуждение

Как представлено в разделе “Результаты исследования”, после имплантации биологических протезов в аортальную позицию в отдаленном периоде в трех исследуемых группах статистически значимо уменьшились масса миокарда, толщина МЖП и ЗСЛЖ, индекс ММЛЖ по отношению к площади тела и к росту, что указывает на обратное структурное ремоделирование ЛЖ у пациентов с тяжелым АС, очевидно, вследствие нормали-



зации постнагрузки ЛЖ [4]. ОТС и отношение массы миокарда к КДО ЛЖ уменьшились в трех группах, что свидетельствует в пользу уменьшения концентричности гипертрофии. Также во всех исследуемых группах статистически значимо улучшилась скорость продольного движения латерального края фиброзного кольца МК, оцененная в режиме тканевой доплерографии, что демонстрирует восстановление продольной сократительной способности ЛЖ в ходе обратного ремоделирования. КДО, КСО ЛЖ, УО и их индексы не претерпели статистически значимых изменений.

В отдаленном периоде в группе ТИАК отмечается функциональное ремоделирование ПЖ в виде увеличения показателей  $S_{тк}$  и TAPSE/ДЛА<sub>сист</sub>, наоборот, значения TAPSE снижаются в группах пациентов с использованием кардиохирургических методик, однако не выходят за пределы нижней границы нормы для данного параметра. Полученные результаты согласуются с разными эффектами кардиохирургических и эндоваскулярных вмешательств при замене АоК на функцию ПЖ. Существует несколько вероятных механизмов нарушения структурно-функциональных свойств ПЖ после кардиохирургической коррекции стеноза АоК: ишемически-реперфузионное повреждение, длительное время ишемии, вид кардиоплегии, установка дренажей, повреждение ПЖ (отек стенки, механическая травма) при канюлировании для искусственного кровообращения (ИК), характеристики отлучения от ИК, чувствительность к гипотермии во время выполнения вмешательства, образование послеоперационных спаек. Поэтому детальные патофизиологические механизмы, лежащие в основе постхирургической дисфункции ПЖ, остаются дискуссионными, а их прогностическое значение до сих пор однозначно не установлено [6, 7].

Вышеперечисленные факты свидетельствуют в пользу того, что биологические протезы с использованием как кардиохирургических, так и транскатетерных методов должным образом корригируют внутрисердечную гемодинамику и снятие патологической постнагрузки с ЛЖ [7], обеспечивают обратное структурно-функциональное ремоделирование сердца независимо от того факта, что в группе ТИАК пациенты были статистически значимо старше по возрасту. Кроме того, наличие парапротезных фистул легкой и умеренной степени со стабильным регургитирующим объемом не повлияло на динамику обратного ремоделирования ЛЖ.

Обратное структурно-функциональное ремоделирование сердца после замены АоК снижает риск аритмий, сердечной недостаточности, вне-

запной коронарной смерти и указывает на эффективность хирургического лечения [8]. Понимание структурных и функциональных изменений до и после хирургического вмешательства имеет важное значение для оптимизации ведения и лечения пациентов.

Появление новых методов и технологий в ультразвуке позволяет существенно расширить объем получаемой информации, в большинстве случаев заменяя инвазивные дорогостоящие методы диагностики. Важное значение имеет изучение дополнительных маркеров систолической функции камер сердца. Необходимы дальнейшие исследования в этом направлении. Также целесообразно выполнить многофакторный анализ с построением модели прогнозирования обратного ремоделирования сердца для выявления предикторов, позволяющих определять наиболее эффективную и безопасную тактику лечения.

#### Ограничения исследования

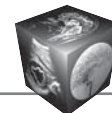
В данной работе была продемонстрирована динамика обратного структурно-функционального ремоделирования сердца в отдаленном периоде после коррекции дегенеративного порока аортального клапана. Ввиду того, что исследование проводилось на базе государственных учреждений "Республиканский клинический медицинский центр" Управления делами Президента Республики Беларусь, "Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии" и "Республиканский научно-практический центр «Кардиология»", в дооперационном периоде ЭхоКГ выполнялась врачами ультразвуковой диагностики соответствующих центров. В отдаленном послеоперационном периоде эхокардиографическая оценка проводилась одним врачом ультразвуковой диагностики. Учитывая, что ультразвуковая диагностика является операторозависимым методом, нельзя исключить некоторую межисследовательскую разнородность.

Межгрупповое сравнение выполнялось среди групп хирургической коррекции с использованием шовных и бесшовных биопротезов. Следует отметить, что пациенты имели статистически значимое различие по ППТ, при этом ИМТ не отличался. В дальнейшем все же было принято решение не сравнивать данные группы между собой.

Необходимо заметить, что пациенты в группе TAVI не разделялись в зависимости от конкретной марки протеза.

#### Заключение

После коррекции АС с использованием как кардиохирургических, так и транскатетерных методов



в отдаленном периоде наблюдается обратное структурно-функциональное ремоделирование сердца: статистически значимо снизились ММЛЖ и концентричность гипертрофии ЛЖ.

Данный анализ дает основание для проведения дальнейших исследований с целью сравнения отдаленных результатов эндоваскулярного лечения с таковыми в сопоставимых группах пациентов с хирургическим лечением АС.

В группах пациентов с применением кардиохирургических методов в отдаленном периоде наблюдения отмечается улучшение продольной систолической функции ЛЖ, определяемой на основании абсолютных величин глобальной систолической продольной деформации. Показатель  $S'_{\text{лат мк}}$  тканевой доплерографии статистически значимо улучшился у пациентов как с вшиваемыми и бесшовными биологическими протезами, так и с ТИАК

Восстановление систолической функции ЛЖ в отдаленном периоде, установленное на основании результатов выполнения 2D-speckle-tracking-ЭхоКГ, было диагностировано у 12 (60,0%) пациентов с шовными и бесшовными биологическими протезами.

Таким образом, коррекция тяжелого АС с использованием кардиохирургических и эндоваскулярных методов ассоциирована с благоприятными показателями внутрисердечной гемодинамики и обратным структурно-функциональным ремоделированием ЛЖ в отдаленном периоде послеоперационного наблюдения.

#### Участие авторов

Тарасевич С.В. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, сбор и обработка данных, обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Жерко О.М. – концепция и дизайн исследования, проведение исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

Крачак Д.И. – обзор публикаций по теме статьи, статистическая обработка данных, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи,

Галицкая С.С. – обзор публикаций по теме статьи, подготовка и редактирование текста, ответственность за целостность всех частей статьи, утверждение окончательного варианта статьи.

#### Authors' participation

Tarasevich S.V. – concept and design of the study, conducting research, collection and analysis of data, review of publications, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Zherko O.M. – concept and design of the study, conducting research, review of publications, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Krachak D.I. – review of publications, statistical analysis, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

Galitskaya S.S. – review of publications, text preparation and editing, responsibility for the integrity of all parts of the article, approval of the final version of the article.

#### Список литературы [References]

1. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F. et al.; ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur. Heart J.* 2022; 43 (7): 561–632. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
2. Baumgartner H., Falk V., Bax J.J. et al; ESC Scientific Document Group. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur. Heart J.* 2017; 38 (36): 2739–2791. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx391>
3. Астапов Д.А., Железнев С.И., Исаев М.В., Слепенко Е.В. Результаты протезирования аортального клапана биологическим протезом БиОЛАБ КА/ПТ у больных пожилого и старческого возраста. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2014; 7 (1): 54–55. Astapov D.A., Zheleznev S.I., Isayan M.V., Slepennok E.V. The results of aortic valve replacement by a bioprosthesis "Biolab KA/PT" in elderly patients. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2014; 7 (1): 54–59 (In Russian)
4. Cribier A. The development of transcatheter aortic valve replacement (TAVR). *Glob. Cardiol. Sci. Pract.* 2016; 2016 (4): e201632. <https://doi.org/10.21542/gcsp.2016.32>
5. Pieske B., Tschöpe C., de Boer R.A. et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2019; 40 (40): 3297–3317. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz641>. Erratum in: *Eur. Heart J.* 2021; 42 (13): 1274. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa1016>
6. Тарасевич С.В., Жерко О.М., Галицкая С.С., Крачак Д.И., Комаровская Е.Г. Структурно-функциональное ремоделирование левого и правого желудочков после биопротезирования аортального клапана по поводу аортального стеноза. *Медицинские новости.* 2024; 9: 44–48. Tarasevich S.V., Zherko O.M., Galitskaya S.S. et al. Structural and functional remodeling of the left and right ventricles after bioprosthetic replacement of the aortic



- valve for aortic stenosis. *Medical News*. 2024; 9: 44–48. (In Russian)
7. Тарасевич С.В., Жерко О.М., Крачак Д.И., Галицкая С.С. Отдаленные результаты применения вшиваемых биологических протезов у пациентов с аортальным стенозом. БГМУ в авангарде медицинской науки и практики: рецензируемый ежегодный сборник научных трудов: в 2-х томах. 2024; Вып. 14. Т. 1: Клиническая медицина: 208–214.
8. Tarasevich S.V., Zherko O.M., Krachak D.I., Galitskaya S.S. Long-term results of the use of suture biological valves in patients with aortic stenosis. BSMU at the forefront of medical science and practice: peer-reviewed annual collection of scientific papers: in 2 volumes. 2024. Issue 14. Vol. 1: Clinical medicine: 208–214. (In Russian)
8. Marsan N.A., Delgado V., Shah D.J. et al. Valvular heart disease: shifting the focus to the myocardium. *Eur. Heart J*. 2023; 44 (1): 28–40. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac504>

**Для корреспонденции\*:** Тарасевич Светлана Владимировна – tarasevich-svetlana@yandex.by

**Тарасевич Светлана Владимировна** – врач ультразвуковой диагностики отделения функциональной диагностики ГУ “Республиканский клинический медицинский центр” Управления делами Президента Республики Беларусь, Минск. <https://orcid.org/0009-0003-8552-1103>

**Жерко Ольга Михайловна** – доктор мед. наук, доцент, заведующая кафедрой ультразвуковой диагностики УО “Белорусский государственный медицинский университет”, Минск. <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>

**Крачак Дмитрий Иосифович** – канд. мед. наук, заведующий отделом перспективных направлений высокотехнологичной медицинской помощи ГУ “Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии”, Минск. <https://orcid.org/0000-0001-6770-4449>

**Галицкая Светлана Сергеевна** – канд. мед. наук, заместитель главного врача по лечебной части ГУ “Республиканский клинический медицинский центр” Управления делами Президента Республики Беларусь, Минск.

**Contact\*:** Svetlana V. Tarasevich – tarasevich-svetlana@yandex.by

**Svetlana V. Tarasevich** – doctor of ultrasound diagnostics, department of functional diagnostics, Republican Clinical Medical Center of the Administration of the President of the Republic of Belarus, Minsk. <https://orcid.org/0009-0003-8552-1103>

**Olga M. Zherko** – Doct. of Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Ultrasound Diagnostics, Belarusian State Medical University, Minsk. <https://orcid.org/0000-0001-5752-0988>

**Dmitry I. Krachak** – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Prospective Areas of High-Tech Medical Care, Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology, Minsk. <https://orcid.org/0000-0001-6770-4449>

**Svetlana S. Galitskaya** – Cand. of Sci. (Med.), Deputy Chief Physician for the Medical Department, Republican Clinical Medical Center of the Administration of the President of the Republic of Belarus, Minsk.