Дата публикации: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8
УДК 612.172.6

Publication date: 01.06.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8
UDC 612.172.6

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ПРОТЕЗОВ КЛАПАНОВ СЕРДЦА ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОРОКОВ МИТРАЛЬНОГО И АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА У ВЗРОСЛЫХ ПАЦИЕНТОВ

Ю.А. Маслакова, А.И. Березенцева, Т.А. Веснина
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тюмень, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Протезирование клапанов сердца является частым вмешательством. Результаты протезирования являются неоптимальными из-за несовершенства имеющихся в настоящее время протезов. ***Методы.*** Исследовано 40 пациентов, которым выполнялось протезирование митрального или аортального клапана. Оценивали ранние послеоперационные результаты, а именно показатели транспротезной гемодинамики, а также параметры обратного ремоделирования левого желудочка. ***Результаты.*** Механические протезы, используемые в повсеместной практике, создают высокий транспротезный градиент и слабо влияют на обратное ремоделирование левого желудочка. ***Заключение.*** Представленный нами опыт демонстрирует, что стандартное протезирование механическими клапанами является неоптимальным с точки зрения транспротезной гемодинамики и с точки зрения адаптации левого желудочка к новым условиям гемодинамики, созданным в раннем послеоперационном периоде.
Ключевые слова: клапаны сердца, физиология, центральная гемодинамика, кардиореспираторная система.

ULTRASOUND PARAMETERS OF THE LEFT VENTRICLE AND PROSTHETIC CARDIAC VALVE FUNCTIONING AFTER SURGICAL TREATMENT OF MITRAL AND AORTIC VALVE DISEASES IN ADULT PATIENTS

Yu.A. Maslakova, A.I. Berezentseva, T.A. Vesnina
Tyumen State Medical University, Tyumen, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Prosthetics of cardiac valves is a frequent intervention. The results of prosthetics are suboptimal due to the imperfections of currently available prostheses. ***Methods.*** 40 patients who underwent mitral or aortic valve replacement were studied. Early postoperative results were evaluated, namely, parameters of transprosthetic hemodynamics, as well as parameters of reversible remodeling of the left ventricle. ***Results.*** Mechanical prostheses used in widespread practice create a high transprothesis gradient and have little effect on the reverse remodeling of the left ventricle. ***Conclusion.*** The experience presented by us demonstrates that standard prosthetics with mechanical valves is suboptimal from the point of view of transprosthetic hemodynamics and from the point of view of adaptation of the left ventricle to new hemodynamic conditions created in the early postoperative period.
Keywords: cardiac valves, physiology, central hemodynamics, cardiorespiratory system.

Введение. Замещение клапанных структур сердца является одной из наиболее распространенных процедур в современной кардиохирургии после коронарной реваскуляризации. С момента первого успешного протезирования клапана сердца прошло более 50 лет, а медицинские изделия прошли несколько этапов усовершенствования характеристик транспротезной гемодинамики, тромборезистентности, конструктивных особенностей [1, 2].

Протезы клапанов сердца можно разделить на механические и биологические.

Работа механических протезов основана на том, что запирательная способность обеспечивается материалом небиологической природы, чаще всего – соединениями углерода. Механические протезы существуют в 3-х вариациях: шариковые, дисковые, створчатые. Шариковые протезы не имеют центрального потока и создают высокий транспротезный градиент, их применение

приостановлено в конце 90-х годов прошлого столетия в связи с несовершенством. Дисковые протезы обеспечивают большую пропускную способность, чем шариковые, однако по-прежнему имеют эксцентричный поток, что значительно снижает риск развития тромботических событий. Створчатые протезы обеспечивают наилучшую гемодинамику, которая является наиболее приближенной к естественной – наличие центрального потока, низкий профиль, минимальный транспротезный градиент [3, 4].

Биологические протезы различаются не только в зависимости от конструкции, но и в зависимости от пластического материала, из которого выполнены створки протеза. В целом все биологические протезы характеризуются атромбогенностью и не требуют пожизненной антикоагуляции, однако наиболее подвержены дисфункции в связи с кальцинозом створок. По конструктивным особенностям выделяют каркасные (которые содержат стойки, служащие в качестве опоры для запирательного элемента) и бескаркасные (которые фиксируются к нативным структурам пациента) протезы. По материалу клапанные протезы делятся на аутологичные (из собственных тканей пациента), аллогенные (из донорских тканей человека) и ксеногенные (из тканей животного) [5].

Столь большое многообразие различных конструктов протезов говорит об отсутствии идеального медицинского изделия. Продолжается работа над изобретением новых протезов и выявлением наиболее оптимальных конструкций среди имеющихся аналогов.

Цель: исследовать ультразвуковые параметры функционирования левого желудочка и протезов клапанов сердца в краткосрочной перспективе (1 месяц) после хирургического лечения пороков митрального и аортального клапанов у взрослых пациентов.

Методы и организация исследования. Данное исследование является сравнительным. В нем мы оценили краткосрочные результаты транспротезной гемодинамики взрослых пациентов с протезированными клапанами сердца.

В данное исследование отбиралось 2 группы пациентов – с протезированным аортальным (группа «протез аортального клапана») и митральным клапанами (группа «протез митрального клапана»).

Критерии включения были одинаковыми в обеих группах:

1) Одноклапанное протезирование;

2) Сохранная фракция выброса;

3) Отсутствие ишемической болезни сердца;

4) Возраст – от 18 до 65 лет;

5) Для аортального клапана – отсутствие узкого фиброзного кольца с Z-score менее 2 стандартных отклонений;

6) Для митрального клапана – отсутствие инфекционного эндокардита, признаков ишемической митральной недостаточности.

В аортальной позиции исследовали показатели центральной гемодинамики при использовании протезов (рис. 1):

− Механический створчатый протез (n=10);

− Бескаркасный протез «Ozaki» (n=10).

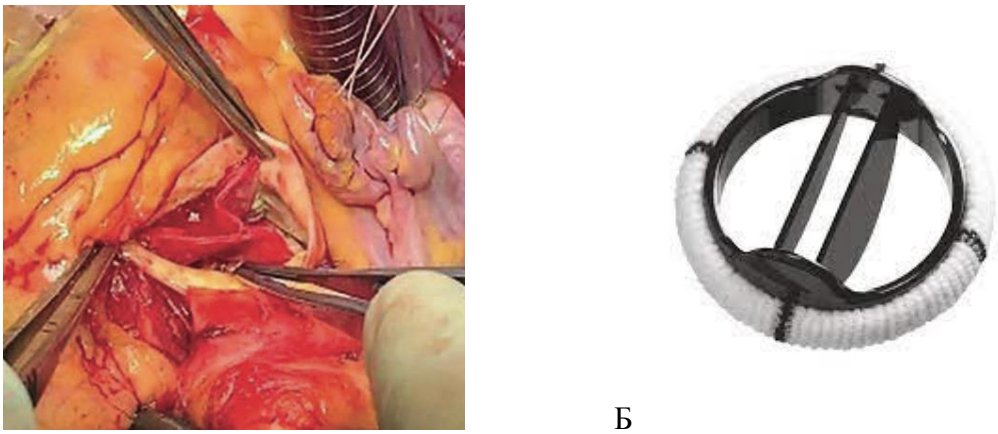
В митральной позиции исследовали (рис. 2) створчатый митральный протез (n=10), результаты протезирования сравнивали с результатами реконструкции собственного клапана, которая проводилась методом аннулопластики при дисфункции I типа по Alain Carpentier (n=10).

Все пациенты обследованы через 1 месяц после операции с помощью метода эхокардиографии. Эхокардиография проводилась с помощью «Sono Ace X8» – ультразвукового сканера Samsung Medison (Япония) по традиционной методике с оценкой показателей центральной и транспротезной гемодинамики: регургитация на протезе, средний трансклапанный градиент, пиковый трансклапанный градиент, скорость потока через протез, фракция выброса левого желудочка, конечно-диастолический объем левого желудочка, конечно-систолический объем левого желудочка, сердечный индекс.

С учетом малой выборки предоперационная характеристика представлена для каждого пациента в отдельности. Основные количественные переменные, являющиеся общими для всех пациентов, представлены в виде медианы с указанием

интерквартильного размаха в формате Me [Q1; Q3]. Категориальные данные представлены с указанием абсолютных значений встречаемости и долей от общего числа в формате Абс. (%). Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни для количественных переменных и критерий χ^2 Пирсона для категориальных переменных. Для сравнения связанных выборок использовали критерий Вилкоксона. Уровень значимости был принят <0,05.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом.



А Б

Рис. 1. Группы сравнения протезов в аортальной позиции. А – группа, в которой выполнена операция «Ozaki» (n=10), Б – использован механический створчатый протез



А Б

Рис. 2. Группы сравнения протезов в митральной позиции. А – механический протез, Б – пластика митрального клапана кольцом

Результаты исследования и их обсуждение. *Изучение результатов протезирования аортального клапана (табл. 1).*

Из таблицы 1 видно, что к 1 месяцу после операции отмечались статистически значимые признаки обратного ремоделирования левого желудочка в виде значимого прироста фракции выброса, регресса систолического и диастолического размера левого желудочка. Также отмечалось более значимое увеличение сердечного индекса, что было связано с лучшей пропускной способностью протеза «Ozaki» в сравнении с механическим – аутоперикардиальные створки создавали минимальный транспротезный градиент, что приводило к минимизации постнагрузки и меньшим потерям энергии.

Опираясь на данные современной литературы, можно заключить, что операция «Ozaki», помимо преимуществ в виде снижения риска тромбоза, обеспечивает более физиологичную работу сердца, так как при ней сохраняется естественная анатомия корня аорты, с сохранением его свойств упруго-эластической деформации [6].

Таблица 1

Результаты протезирования аортального клапана через 1 месяц по данным ультразвукового исследования, Me [Q1; Q3]

Показатель	Механический створчатый протез (n=10)		Бескаркасный протез «Ozaki» (n=10)		P< (межгрупповое)	
	До	После	До	После	До	После
Регургитация на протезе, степень	2,5 [2,0; 3,0]	1,0 [0,5; 1,5]	2,7 [2,2; 3,2]	0,5 [0,0; 1,0]	0,18	0,042
Средний трансклапанный градиент, мм рт. ст.	45,0 [40,0; 50,0]	12,0 [10,0; 15,0]	47,0 [42,0; 52,0]	7,0 [5,0; 9,0]	0,21	0,001
Пиковый трансклапанный градиент, мм рт. ст.	85,0 [75,0; 90,0]	28,0 [24,0; 32,0]	88,0 [80,0; 92,0]	18,0 [15,0; 22,0]	0,15	0,001
Скорость потока через протез, м/с	4,2 [3,8; 4,5]	2,1 [1,9; 2,4]	4,4 [4,0; 4,7]	1,7 [1,5; 1,9]	0,12	0,003
Фракция выброса ЛЖ, %	52,0 [48,0; 55,0]	58,0 [55,0; 62,0]	50,0 [46,0; 53,0]	63,0 [60,0; 65,0]	0,09	0,018
КДО ЛЖ, мл	165,0 [155,0; 180,0]	140,0 [130,0; 155,0]	170,0 [160,0; 185,0]	125,0 [115,0; 135,0]	0,11	0,021
КСО ЛЖ, мл	85,0 [75,0; 95,0]	60,0 [55,0; 70,0]	90,0 [80,0; 100,0]	50,0 [45,0; 58,0]	0,08	0,034
Сердечный индекс, л/(мин·м²)	2,2 [2,0; 2,4]	2,6 [2,4; 2,9]	2,1 [1,9; 2,3]	2,9 [2,7; 3,2]	0,14	0,0001

Примечание: ЛЖ – левый желудочек; КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем.

Таблица 2

Результаты протезирования митрального клапана через 1 месяц по данным ультразвукового исследования, Me [Q1; Q3]

Показатель	Механический протез митрального клапана (n=10)		Аннулопластика на опорном кольце (n=10)		P< (межгрупповое)	
	До	После	До	После	До	После
Степень митральной регургитации, баллы	3,5 [3,0; 4,0]	0 [0; 0]	3,7 [3,2; 4,0]	1,0 [0,5; 1,5]	0,18	0,001
Давление в легочной артерии, мм рт. ст.	42,0 [38,0; 46,0]	28,0 [25,0; 32,0]	44,0 [40,0; 48,0]	24,0 [21,0; 27,0]	0,21	0,002
Фракция выброса ЛЖ, %	54,0 [50,0; 58,0]	59,0 [56,0; 63,0]	52,0 [48,0; 56,0]	62,0 [59,0; 65,0]	0,15	0,017
КДО ЛЖ, мл	180,0 [170,0; 195,0]	155,0 [145,0; 170,0]	185,0 [175,0; 200,0]	140,0 [130,0; 150,0]	0,12	0,008
КСО ЛЖ, мл	82,0 [75,0; 90,0]	65,0 [60,0; 72,0]	85,0 [78,0; 93,0]	55,0 [50,0; 60,0]	0,14	0,006
Размер левого предсердия, мм	52,0 [49,0; 55,0]	46,0 [43,0; 49,0]	54,0 [51,0; 57,0]	42,0 [39,0; 45,0]	0,09	0,004
Сердечный индекс, л/(мин·м²)	2,3 [2,1; 2,5]	2,7 [2,5; 3,0]	2,2 [2,0; 2,4]	2,9 [2,7; 3,2]	0,11	0,023
Наличие фибрилляции предсердий, %	40	30	40	10	1,00	0,031

Примечание: ЛЖ – левый желудочек; КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем.

В частности, деформационная способность корня аорты обеспечивает большую площадь открытия створок и лучшую пропускную способность, что позволяет обеспечить больший минутный объем крови. В настоящее время данное физиологическое обоснование позволяет рекомендовать операцию «Ozaki» пациентам, которые планируют вести активный образ жизни [7].

Изучение результатов протезирования митрального клапана (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что к 1 месяцу после операции выявлены значимые различия в результатах пластики и протезирования. В частности, пластика клапана обеспечивала более физиологичную гемодинамику, что выражалось в меньшем транспротезном градиенте.

С точки зрения физиологии сохранение собственных подклапанных структур и аннуло-папиллярной непрерывности является значимым фактором профилактики дилатации камер сердца в результате потери «опоры» для верхушки.

Безусловно, пластика митрального клапана является приоритетом современной кардиохирургии, однако в тех случаях, когда она невозможна и требуется протезирование, наиболее физиологичным является протезирование с сохранением подклапанных структур [8].

Заключение. Полученные результаты работы свидетельствуют о том, что общепринятое протезирование аортального и митрального клапанов механическими протезами характеризуется значимыми изменениями эхокардиографических параметров в виде более медленного обратного ремоделирования камер сердца.

В митральной позиции механические протезы характеризуются более высокими градиентами давления в сравнении с клапансохраняющим вмешательством.

В аортальной позиции при операции «Ozaki» демонстрируются лучшие показатели транспротезной гемодинамики в сравнении с механическим протезированием.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История разработки и применения бескаркасного митрального аллографта для протезирования атриовентрикулярных клапанов сердца. Ч. 1. От эксперимента до разработки надежных методов консервации / Л.А. Бокерия, А.В. Царегородцев, Д.В. Бритиков, С.П. Глянцев // Сердечно-сосудистые заболевания : бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2024. – Т. 25. – № 1. – С. 11-21. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-1-11-21.
2. История разработки и применения бескаркасного митрального аллографта для протезирования атриовентрикулярных клапанов сердца. Ч. 2. От разработки надежных методов сохранения жизнеспособности до децеллюляризации / Л.А. Бокерия, А.В. Царегородцев, Д.В. Бритиков, С.П. Глянцев // Сердечно-сосудистые заболевания : бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2024. – Т. 25. – № 2. – С. 131-140. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-2-131-140.
3. Бокерия, Л.А. Замена аортального клапана механическим полнопроточным протезом «КорБит»: оценка его функциональной эффективности / Л.А. Бокерия, О.Д. Бокерия, А.А. Фадеев // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. – 2012. – Т. 13. – № 2. – С. 57-64.
4. Применение криосохраненных гомографтов в клапанной хирургии – опыт одной клиники / Р.Н. Комаров, А.В. Царегородцев, И.М. Васалатий [и др.] // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39. – № 2. – С. 78-85. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-78-85.
5. Комаров, Р.Н. Митральный гомографт при протезировании атриовентрикулярных клапанов – проблема на стыке тканевой инженерии и хирургии / Р.Н. Комаров, А.В. Царегородцев, М.Д. Нуждин // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2025. – Т. 18. – № 1. – С. 34-40.
6. Комаров, Р.Н. Русский кондуит II: обоснование использования нового протеза корня аорты и доклад о первой операции / Р.Н. Комаров, А.В. Царегородцев, М.И. Ткачев // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2024. – Т. 39. – № 2. – С. 112-121. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-112-121.
7. Технические аспекты и результаты применения клапанных гомографтов в хирургии атриовентрикулярных клапанов сердца: систематический обзор / М.Д. Нуждин, Р.Н. Комаров, Д.А. Мацуганов [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2023. – Т. 27. – № 2. – С. 42-53. DOI: 10.21688/1681-3472-2023-2-42-53.

8. Влияние геометрии протеза восходящей аорты на трансклапанную гемодинамику: экспериментальное исследование и опыт одного учреждения / А.В. Царегородцев, М.И. Ткачев, А.Н. Дзюндзя, Н.Б. Сейфатова // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2024. – Т. 13. – № 2. – С. 41-49. DOI: 10.17802/2306-12.

REFERENCES

1. Bokeriya L.A., Tsaregorodtsev A.V., Britikov D.V., Glyantsev S.P. History of development and application of frameless mitral allograft for atrioventricular heart valve prosthetics. Part 1. From experimentation to the development of reliable conservation methods. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*, 2024, vol. 25, no. 1, pp. 11-21. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-1-11-21. (in Russ.)
2. Bokeriya L.A., Tsaregorodtsev A.V., Britikov D.V., Glyantsev S.P. History of development and application of frameless mitral allograft for atrioventricular heart valve prosthetics. Part 2. From the development of robust viability preservation methods to decellularization. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*, 2024, vol. 25, no. 2, pp. 131-140. DOI: 10.24022/1810-0694-2024-25-2-131-140. (in Russ.)
3. Bokeriya L.A., Bokeriya O.D., Fadeev A.A. Aortic valve replacement with mechanical full-flow KorBit prosthesis: assessment of its functional effectiveness. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*, 2012, vol. 13, no. 2, pp. 57-64. (in Russ.)
4. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Vasalatiy I.M. et al. Cryopreserved homografts in valve surgery – the experience of one clinic. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2024, vol. 39, no. 2, pp. 78-85. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-78-85. (in Russ.)
5. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Nuzhdin M.D. Mitral homograft for atrioventricular valve replacement – a problem at the interface of tissue engineering and surgery. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*, 2025, vol. 18, no. 1, pp. 34-40. (in Russ.)
6. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I. Russian Conduit II: rationale for the use of a new aortic root prosthesis and first case-report. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2024, vol. 39, no. 2, pp. 112-121. DOI: 10.29001/2073-8552-2024-39-2-112-121. (in Russ.)
7. Nuzhdin M.D., Komarov R.N., Matsuganov D.A., Melnikov I.Yu., Tsaregorodtsev A.V. Technical aspects and outcomes of using homografts in atrioventricular valve surgery: a systematic review. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*, 2023, vol. 27, no. 2, pp. 42-53. DOI: 10.21688/1681-3472-2023-2-42-53. (in Russ.).
8. Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I., Dzyundzya A.N., Seyfatova N.B. Does the geometry of the ascending aortic prosthesis affect transvalvular hemodynamics? Experimental study and one clinic's experience. *Complex Problems of Cardiovascular Diseases*, 2024, vol. 13, no. 2, pp. 41-49. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-2-41-49. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Юлия Александровна Маслакова – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной физиологии, Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: doctorulia555@mail.ru.
Анна Ивановна Березенцева – кандидат педагогических наук, доцент кафедры нормальной физиологии, Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: bereza-psy@yandex.ru.
Татьяна Анатольевна Веснина – старший преподаватель кафедры нормальной физиологии, Тюменский ГМУ Минздрава России, Тюмень, e-mail: rossa600@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Yulia A. Maslakova – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: doctorulia555@mail.ru.
Anna I. Berezentseva – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: bereza-psy@yandex.ru.
Tatyana A. Vesnina – Senior Lecturer of the Department of Normal Physiology, Tyumen State Medical University, Tyumen, e-mail: rossa600@mail.ru.

Для цитирования: Маслакова, Ю.А. Ультразвуковые параметры функционирования левого желудочка и протезов клапанов сердца после хирургического лечения пороков митрального и аортального клапана у взрослых пациентов / Ю.А. Маслакова, А.И. Березенцева, Т.А. Веснина // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8

For citation: Maslakova Yu.A., Berezentseva A.I., Vesnina T.A. Ultrasound parameters of the left ventricle and prosthetic cardiac valve functioning after surgical treatment of mitral and aortic valve diseases in adult patients. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 2(37). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_02_8