



Тарасевич С.В.¹ ✉, Жерко О.М.², Крачак Д.И.³, Галицкая С.С.¹

¹ Республиканский клинический медицинский центр Управления делами Президента Республики Беларусь, Минск, Беларусь

² Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь

³ Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, Минск, Беларусь

Структурно-функциональное ремоделирование левого желудочка после биопротезирования аортального клапана по поводу аортального стеноза

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, обзор литературы, исследование, анализ полученных данных, подготовка текста – Тарасевич С.В.; концепция и дизайн исследования, обзор литературы, анализ полученных данных, редактирование текста – Жерко О.М.; обзор литературы, анализ полученных данных, редактирование текста – Крачак Д.И., Галицкая С.С.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Резюме

Цель. Оценить динамику обратного структурно-функционального ремоделирования левого желудочка у пациентов, перенесших изолированную замену аортального клапана по поводу тяжелого стеноза с использованием шовных биологических протезов.

Материалы и методы. В исследование включено 33 пациента с тяжелым аортальным стенозом, которым выполнена изолированная хирургическая замена клапана. Всем проводили эхокардиографию по общепринятой методике.

Результаты. В отдаленном периоде наблюдается статистически значимое уменьшение массы миокарда, индекса массы миокарда, толщины межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка, отношения массы миокарда к конечно-диастолическому объему левого желудочка, относительной толщины стенки левого желудочка, увеличение амплитуды движения латерального края фиброзного кольца митрального клапана в М-режиме и в режиме тканевой импульсно-волновой доплерографии, глобальной и регионарных деформаций левого желудочка, исследованных методом «спекл-слежения».

Заключение. После имплантации биологических протезов в отдаленном периоде формируется обратное структурно-функциональное ремоделирование левого желудочка.

Ключевые слова: протезирование аортального клапана, биологические протезы, обратное структурно-функциональное ремоделирование, «спекл-слежение», деформация миокарда, гипертрофия миокарда

Tarasevich S.¹ ✉, Zherko O.², Krachak D.³, Galitskaya S.¹

¹ Republican Clinical Medical Center of the Administration of the President of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

² Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

³ Minsk Scientific and Practical Center for Surgery, Transplantology and Hematology, Minsk, Belarus

Structural and Functional Remodeling of the Left Ventricle after Bioprosthetic Aortic Valve Replacement in Patients with Aortic Stenosis

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contributions: study concept and design, literature review, research, analysis of the data obtained, text writing – Tarasevich S.; study concept and design, literature review, analysis of the data obtained, text editing – Zherko O.; literature review, analysis of the data obtained, text editing – Krachak D., Galitskaya S.

Funding: the study was performed without external funding.

Abstract

Purpose. To evaluate the dynamics of reverse structural and functional remodeling of the left ventricle in patients who underwent isolated aortic valve replacement for severe stenosis using suture biological prostheses.

Materials and methods. The research included 33 patients with severe aortic stenosis who underwent isolated surgical valve replacement. All patients underwent echocardiography using standard methods.

Results. In the long-term period, statistically significant decreases in myocardial mass, in myocardial mass index, in thickness of the interventricular septum and posterior wall of the left ventricle, in the ratio of myocardial mass to the end-diastolic volume of the left ventricle, in relative wall thickness, as well as increase in the amplitude of movement of the lateral edge of the fibrous ring of the mitral valve in M-mode and tissue Doppler method, and a decrease of global and regional LV deformation were revealed using the speckle tracking method.

Conclusion. After implantation of biological prostheses, a reverse structural and functional remodeling of the left ventricle is formed in the long-term period.

Keywords: aortic valve replacement, biological prostheses, reverse structural and functional remodeling, speckle tracking, myocardial deformation, myocardial hypertrophy

■ ВВЕДЕНИЕ

Аортальный стеноз (АС) – распространенное клапанное заболевание, характеризующееся кальцификацией, дегенерацией створок и уменьшением эффективной площади отверстия аортального клапана, приводящее к увеличению постнагрузки, давления в левом желудочке (ЛЖ), возникновению и прогрессированию гипертрофии ЛЖ и в конечном итоге к систолической дисфункции, дилатации ЛЖ и сердечной недостаточности [1–3]. Развитие структурного ремоделирования ЛЖ с нарастанием выраженности гипертрофии (ГЛЖ) и последующих аномалий функционального статуса левых отделов сердца является центральным звеном патофизиологического

прогрессирования аортального стеноза. Как отмечается в литературе, переход от адаптивно-компенсаторных к дезадаптивным процессам при стенозе аортального клапана может приводить к неблагоприятным исходам, в том числе к фиброзу миокарда. Фиброз миокарда является важным аспектом, который следует учитывать в контексте ремоделирования ЛЖ после имплантации биологического протеза в аортальную позицию [4–6]. Биопротезирование аортального клапана стало относительно безопасным и эффективным способом лечения пациентов с тяжелым аортальным стенозом, обеспечивающим уменьшение симптомов, улучшение сердечной функции и обратное структурно-функциональное ремоделирование сердца [7]. Однако влияние замены аортального клапана на структуру и функцию ЛЖ остается темой продолжающихся исследований и дискуссий. Понимание перехода от адаптивной компенсации к дезадаптивной ГЛЖ при АС, изучение процессов обратного структурно-функционального ремоделирования после биопротезирования имеет важное значение для разработки стратегий вмешательства, оценки долгосрочных преимуществ и потенциальных ограничений данного хирургического вмешательства, определения лечебных подходов после замены аортального клапана, профилактики послеоперационных осложнений, что в конечном итоге улучшит результаты лечения и качество жизни пациентов.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить динамику обратного структурно-функционального ремоделирования левого желудочка у пациентов, перенесших изолированную замену аортального клапана по поводу тяжелого стеноза с использованием шовных биологических протезов.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе государственного учреждения «Республиканский клинический медицинский центр» Управления делами Президента Республики Беларусь и государственного учреждения «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» города Минска в 2019–2022 гг. 44 пациентам с тяжелым АС различной этиологии была выполнена изолированная хирургическая замена клапана.

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

Критериями исключения являлись стенозы и умеренная/тяжелая регургитация на митральном, трикуспидальном клапанах, клапане легочной артерии, врожденные пороки сердца, стенозирование коронарных артерий, требующее реваскуляризации, перенесенный в прошлом инфаркт миокарда, заболевания щитовидной железы с изменением нормальных показателей уровня гормонов щитовидной железы, хроническая почечная недостаточность, требующая проведения гемодиализа, железодефицитная анемия средней и тяжелой степени до операции, хронические болезни дыхательной системы, отказ пациента от участия в исследовании.

В период наблюдения умерло 5 человек. Во всех случаях причинами смерти являлись либо сопутствующая патология, либо осложнения после COVID-ассоциированной пневмонии. Кроме того, из группы исследования были исключены 2 пациента, у которых в раннем послеоперационном периоде возникло нарушение ритма в виде перманентной формы фибрилляции предсердий. В одном случае в

раннем послеоперационном периоде случилось острое нарушение мозгового кровообращения, дальнейшее наблюдение было прекращено ввиду тяжести общего состояния. Трое пациентов отказались от участия в исследовании. Таким образом, группа наблюдения составила 33 человека. Оценка глобальной систолической продольной деформации (GLPS, %) ЛЖ перед хирургическим вмешательством и в отдаленном периоде была выполнена 12 пациентам.

Этиологией аортального порока у включенных в ретроспективное исследование пациентов были хроническая ревматическая болезнь сердца и дегенеративное поражение аортального клапана (АоК). В качестве сопутствующей патологии наиболее часто встречалась ишемическая болезнь сердца (ИБС), артериальная гипертензия (АГ), хроническая сердечная недостаточность (ХСН). Полная характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Для протезирования аортального клапана использовались биологические протезы – Carpentier-Edwards PERIMOUNT MAGNA, Carpentier-Edwards PERIMOUNT MAGNA EASE, St Jude Trifecta. Типоразмеры биологических протезов были от 19 до 27 мм. Эхокардиографические исследования (ЭхоКГ) выполнены трансторакальным доступом, на ультразвуковых системах Vivid E 9 и Vivid E 95 (GE Healthcare) датчиками с частотой 2,5–5,0 МГц. Стандартно исследовались максимальная систолическая скорость (м/с), максимальный и средний транспротезные градиенты давления (мм рт. ст.), эффективная площадь отверстия (см²), рассчитанная уравнением непрерывности потока. Для оценки состояния ЛЖ исследовались следующие переменные: конечно-диастолический размер (КДР, мм), конечно-систолический размер (КСР, мм) ЛЖ; толщина миокарда межжелудочковой перегородки (МЖП, мм) и задней стенки ЛЖ (ЗСЛЖ, мм) во время диастолы в В-режиме в парастернальной позиции по длинной оси. Конечно-диастолический (КДО, мл), конечно-систолический (КСО, мл) ЛЖ, фракцию выброса ЛЖ (ФВ, %) определяли на основании биплановой методики дисков Симпсона. Ударный объем (УО, мл) равнялся разности КДО и КСО ЛЖ. Конечно-диастолический (индекс КДО, мл/м²), конечно-систолический (индекс КСО, мл/м²) и ударный объем ЛЖ (индекс УО, мл/м²) индексировали к площади поверхности тела (ППТ). Массу миокарда ЛЖ (ММЛЖ, г) рассчитывали в В-режиме по формуле «площадь – длина» и далее индексировали к ППТ (ИММ, г/м²) и к росту (м),

Таблица 1
Клиническая характеристика пациентов
Table 1
Clinical characteristics of patients

Параметр	Исследуемая группа
Женщины, % (n)	60,6 (20,0)
Возраст, лет	71,0 (68,5; 72,5)
Рост, см	164,0 (163,0; 168,5)
ППТ, м ²	1,8 (1,7; 1,9)
ИБС, % (n)	60,6 (20,0)
ХСН, % (n)	87,9 (29,0)
Гемоглобин, г/л	134,0 (126,5; 135,5)
Сахарный диабет, % (n)	15,4 (4,0)

Примечание: ППТ – площадь поверхности тела.

возведенному в степень 2,7 (ИММ, г/м^{2,7}). Для определения геометрии ЛЖ рассчитывали относительную толщину стенки (ОТС) по формуле $TЗС * 2 / КДР$, где КДР – конечно-диастолический размер ЛЖ (мм), ТЗС – толщина задней стенки ЛЖ в конце диастолы (мм) в В-режиме. В своей работе мы решили оценить динамику изменения отношения массы миокарда к конечно-диастолическому объему ЛЖ (ММЛЖ/КДО, г/мл) как параметр, характеризующий обратное структурное ремоделирование сердца [8]. Сократительная функция миокарда ЛЖ анализировалась с помощью тканевой доплерографии в импульсно-волновом режиме по скоростям движения латерального ($S'_{лат}$, см/сек), септального ($S'_{септ}$, см/сек) краев фиброзного кольца митрального клапана и недоплеровской методики оценки движения миокарда – «спекл-слежения». Регионарную контрактильность ЛЖ определяли количественно методом «спекл-слежения» согласно деформациям 17 сегментов. Систolicескую экскурсию кольца митрального клапана (MAPSE, мм) рассчитывали как расстояние систolicеской экскурсии кольца в продольном направлении из апикальной четырехкамерной позиции. Тяжелый аортальный стеноз устанавливался на основании следующих критериев: пиковая трансклапанная скорость >4 м/сек, средний градиент >40 мм рт. ст., площадь аортального клапана <1 см², индекс площади AoК <0,6 см²/м². В случае низкотокового низкоградиентного тяжелого AC с сохраненной ФВ (более 50%) площадь отверстия составляет ≤1 см², средний градиент давления <40 мм рт. ст., индекс ударного объема (УО) ≤35 мл/м² [9–11].

Эхокардиография выполнялась перед операцией и не ранее года после оперативного вмешательства. Средний период наблюдения составил 2,5±1,5 года.

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 описательной статистической обработки данных представляли в виде медианы, 25-го нижнего и 75-го верхнего квартильных размахов – Me (LQ; UQ). Для зависимых выборок применяли одновыборочный критерий Вилкоксона с указанием уровня значимости (p). Сравнение нормально распределенных количественных признаков проводили с применением t-критерия Стьюдента и описывали как среднее значение ± стандартное отклонение. Значение p<0,05 считали статистически значимым.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всем пациентам выполнялось первичное изолированное плановое оперативное вмешательство в связи с тяжелым аортальным стенозом. За период наблюдения в исследуемой группе дисфункции протеза вследствие структурной дегенерации выявлено не было. В отдаленном периоде максимальная систolicеская скорость кровотока на биологических протезах составила 2,7 (2,4; 2,8) м/с, максимальный и средний градиенты давления – 30 (25; 32) и 16 (12; 20) мм рт. ст., площадь эффективного отверстия клапана – 1,6 (1,2; 1,7) см². Описание эхокардиографических данных, характеризующих структурно-функциональные параметры ЛЖ, представлено в табл. 2.

После имплантации биологических протезов в аортальную позицию в отдаленном периоде статистически значимо уменьшились масса миокарда (на 20,8±16,4%), индекс массы миокарда ЛЖ по отношению к площади тела и росту, толщина МЖП и

Таблица 2
Структурно-функциональные параметры левого желудочка в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах
Table 2
Structural and functional parameters of the left ventricle in the preoperative and long-term postoperative periods

Параметр	До операции	В отдаленном периоде	p
КДР, мм	49,0 (44,8; 52,0)	49,0 (47,7; 51,0)	p=0,38 Z=-0,87
КСР, мм	31,0 (28,0; 33,0)	31,0 (29,0; 33,0)	p=0,93 Z=0,08
КДО, мл	106,0 (91,7; 125,0)	107,0 (99,7; 129,0)	p=0,45 Z=-0,75
Индекс КДО, мл/м ²	56,8 (52,3; 66,7)	59,8 (52,1; 62,9)	p=0,73 Z=-0,39
КСО, мл	41,0 (33,8; 44,3)	38,0 (32,8; 41,5)	p=0,56 Z=0,58
Индекс КСО, мл/м ²	21,9 (18,1; 24,8)	20,7 (18,4; 22,8)	p=0,41 Z=0,82
УО, мл	66,0 (57,7; 81,5)	70,0 (60,0; 79,0)	p=0,33 Z=-0,98
Индекс УО, мл/м ²	36,8 (32,3; 41,2)	37,9 (33,5; 41,0)	p=0,48 Z=-0,70
ФВ ЛЖ, %	62,0 (59,8; 67,3)	64,0 (61,0; 67,0)	p=0,27 Z=-1,09
ММЛЖ, г	232,0 (201,5; 264,0)	192,0 (158,8; 222,0)	p<0,0001 Z=4,56
Индекс ММЛЖ, г/м ²	127,0 (109,0; 148,3)	98,0 (90,5; 115,3)	p<0,0001 Z=4,40
Индекс ММЛЖ, г/м ^{2,7}	59,9 (49,7; 70,2)	46,5 (41,0; 54,5)	p<0,0001 Z=4,67
МЖП, мм	13,0 (12,0; 14,3)	11,0 (11,0; 12,0)	p<0,0001 Z=4,39
ЗСЛЖ, мм	11,0 (10,0; 12,3)	10,0 (9,0; 10,3)	p<0,0001 Z=4,19
ММЛЖ/КДО, г/мл	2,2 (1,8; 2,8)	1,7 (1,4; 1,9)	p<0,0001 Z=4,21
ОТС	0,44 (0,41; 0,55)	0,41 (0,38; 0,43)	p<0,0001 Z=4,38
S _{лат} , см/сек	8,0 (6,8; 9,0)	9,0 (8,0; 9,0)	P=0,0009 Z=-2,6
S _{септ} , см/сек	7,0 (5,0; 8,0)	7,0 (6,0; 8,0)	P=0,28 Z=-1,07
MAPSE, мм	13,0 (10,0; 14,0)	14,0 (13,0; 17,0)	P=0,0006 Z=3,5

ЗСЛЖ, относительная толщина стенки ЛЖ, что свидетельствует в пользу уменьшения концентричности гипертрофии. Снизилось отношение массы миокарда к конечно-диастолическому объему ЛЖ. Статистически значимо улучшилось продольное движение латерального края фиброзного кольца митрального клапана, что демонстрирует восстановление продольной сократительной функции ЛЖ. КДО, КСО, УО и их индексы, а также ФВ и продольное движение медиального края фиброзного кольца не имели статистически значимых изменений в отдаленном периоде.

В табл. 3 представлены значения глобальной и регионарной систолической продольной деформации ЛЖ в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах.

Таблица 3
Глобальная и регионарная систолическая продольная деформация левого желудочка в дооперационном и отдаленном послеоперационном периодах
Table 3
Global and regional longitudinal deformation of the left ventricle in the preoperative and long-term postoperative periods

Параметр	Основная группа до операции	Основная группа в отдаленном периоде	p
GLPS LAX, %	-16,2 (-18,1; -15,5)	-19,9 (-22,6; -16,7)	p=0,01 T=9,0
GLPS A4C, %	-16,8 (-18,1; -13,8)	-19,7 (-21,5; -17,0)	p=0,04 T=13,0
GLPS A2C, %	-16,0 (-18,5; -11,9)	-19,9 (-22,5; -18,4)	p=0,0015 T=2,0
GLPS Avg, %	-16,2 (-17,9; -14,3)	-19,4 (-20,9; -18,5)	p=0,003 T=4,0
Базальный передне-перегородочный, %	-11,5 (-14,0; -8,0)	-16,5 (-22,0; -13,0)	p=0,04 T=5,0
Средний передне-перегородочный, %	-19,5 (-21,0; -16,0)	-19,5 (-23,0; -18,0)	p=0,49 T=20,5
Верхушечный перегородочный, %	-21,0 (-27,0; -18,0)	-24,5 (-27,0; -21,0)	p=0,28 T=16,5
Базальный ниже-перегородочный, %	-11,0 (-12,0; -7,0)	-15 (-17,0; -14,0)	p=0,004 T=0
Средний ниже-перегородочный, %	-16,0 (-19,0; -14,0)	-19,0 (-24,0; -17,0)	p=0,05 T=8,0
Базальный нижний, %	-16,2 (-18,1; -15,5)	-19,9 (-22,6; -16,7)	p=0,55 T=21,5
Средний нижний, %	-17,0 (-23,0; -12,0)	-19,5 (-21,0; -18,0)	p=0,43 T=19,5
Верхушечный нижний, %	-23,5 (-27,0; -18,0)	-24,5 (-27,0; -23,0)	p=0,055 T=6,0
Базальный передний, %	-14,5 (-18,0; -8,0)	-17,5 (-21,0; -16,0)	p=0,02 T=3,5
Средний передний, %	-13,0 (-15,0; -10,0)	-22,0 (-24,0; -15,0)	p=0,02 T=5,0
Верхушечный передний, %	-16,2 (-18,1; -15,5)	-19,9 (-22,6; -16,7)	p=0,008 T=1,5
Базальный передне-боковой, %	-12,0 (-14,0; -9,0)	-17,0 (-19,0; -14,0)	p=0,06 T=9,0
Средний передне-боковой, %	-13,0 (-14,0; -9,0)	-19,5 (-22,0; -15,0)	p=0,03 T=6,5
Верхушечный боковой, %	-19,5 (-23,0; -18,0)	-24,5 (-28,0; -21,0)	p=0,13 T=9,5
Базальный ниже-боковой, %	-12,5 (-17,0; -9,0)	-17,5 (-21,0; -17,0)	p=0,037 T=7,0
Средний ниже-боковой, %	-16,0 (-18,0; -12,0)	-21,0 (-24,0; -19,0)	p=0,098 T=3,0



У пациентов с тяжелым аортальным стенозом значение GLPS до оперативного лечения было снижено и составило $-16,2\%$ ($-17,9$; $-14,3$), что указывает на наличие у обследованных пациентов ХСН с сохраненной ФВ. Данный параметр статистически значимо увеличился после замены аортального клапана и составил $-19,4\%$ ($-20,9$; $-18,5$) ($p=0,003$; $T=4,0$). Количественный анализ деформаций 16 сегментов ЛЖ позволил установить у пациентов с тяжелым стенозом аортального клапана преимущественное нарушение продольной деформации базальных и средних сегментов миокарда. Медиана деформации базальных сегментов до операции составила $-12,8\%$ ($-15,5$; $-9,2$), средних $-15,9\%$ ($-18,0$; $-12,7$), верхушечных $-20,5\%$ ($-23,5$; $-15,8$). В отдаленном периоде наблюдается статистически значимое улучшение деформаций базального передне-перегородочного, базального и среднего ниже-перегородочных, базального, среднего и верхушечного передних сегментов, среднего передне-бокового, базального и среднего ниже-бокового сегментов. После операции медиана деформаций базальных сегментов составила $-16,3\%$ ($-19,2$; $-15,7$) ($p=0,008$; $T=1,0$), средних $-19,5\%$ ($-21,0$; $-17,8$) ($p=0,004$; $T=1,0$), верхушечных $-24,6\%$ ($-26,8$; $-22,3$) ($p=0,02$; $T=3,0$).

В соответствии с полученными данными ЭхоКГ в исследуемой группе статистически значимых различий ФВ ЛЖ не установлено, но отмечается улучшение глобальной и регионарной систолической продольной деформации, MAPSE и $S'_{\text{лат}}$. Это дает основание говорить, что GLPS, тканевая доплерография и экскурсия латерального края фиброзного кольца являются дополнительными индикаторами систолической функции ЛЖ и лучшими предикторами восстановления глобальной и локальной систолической функции ЛЖ после замены аортального клапана.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После коррекции аортального стеноза вшиваемыми биологическими протезами в отдаленном периоде происходит обратное структурное ремоделирование ЛЖ в виде статистически значимого регресса массы миокарда, индекса массы миокарда по отношению к площади тела и росту, толщины межжелудочковой перегородки и задней стенки ЛЖ. Также исследование продемонстрировало обратное функциональное ремоделирование ЛЖ в виде улучшения дополнительных индикаторов систолической функции, оцененных методом «спекл-слежения» и тканевой доплерографии.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Cribrier A. The development of transcatheter aortic valve replacement (TAVR) [Electronic resource]. *Global Cardiology Science & Practice*. 2016;4. Mode of access: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5624190/pdf/gcsp-2016-4-e201632.pdf>. Date of access: 19.03.2024. doi: 10.21542/gcsp.2016.32.
2. Musumeci L. et al. Prosthetic aortic valves: challenges and solutions [Electronic resource]. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 2018;5. Mode of access: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcvm.2018.00046/full>. Date of access: 15.03.2024. doi: 10.3389/fcvm.2018.00046.
3. Aluru J.S. et al. Valvular heart disease epidemiology [Electronic resource]. *Med. Sciences*. 2022;10(2). Mode of access: <https://www.mdpi.com/2076-3271/10/2/32/pdf?version=1655287893>. Date of access: 15.03.2024. doi: 10.3390/medsci10020032.
4. Spiliadis N. et al. Left ventricular systolic dysfunction in aortic stenosis: pathophysiology, diagnosis, management, and future directions [Electronic resource]. *Structural Heart*. 2023;6(5). Mode of access: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2474870622018796?via%3Dihub>. Date of access: 19.03.2024. doi: 10.1016/j.shj.2022.100089.
5. Sade L.E. et al. Current clinical use of speckle-tracking strain imaging: insights from a worldwide survey from the European Association Of Cardiovascular Imaging (EACVI). *Europ. Heart J. Cardiovascular Imaging*. 2023;24(12):1583–1592. <https://academic.oup.com/ehjcmimaging/article/24/12/1583/7225902>. doi: 10.1093/ehjcmi/jead170.

6. Thomas L. et al. Left atrial structure and function, and left ventricular diastolic dysfunction: JACC state-of-the-art review. *J. Amer. College of Cardiology*. 2019;73(15):1961–1977. doi: 10.1016/j.jacc.2019.01.059.
7. Wilde N.G. et al. Left ventricular reverse remodeling after transcatheter aortic valve implantation in patients with low-flow low-gradient aortic stenosis. *Hellenic J. of Cardiology*. 2023;74:1–7. doi: 10.1016/j.hjc.2023.04.009. Epub 2023 Apr 27.
8. Lembo M., Santoro C., Sorrentino R., et al. Impact of left ventricular mass/end-diastolic volume ratio by three-dimensional echocardiography on two-dimensional global longitudinal strain and diastolic function in native hypertensive patients. *J Hypertens*. 2019 Oct; 37(10):2041–2047. doi: 10.1097/HJH.0000000000002147.
9. Vahanian A. et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Europ. Heart J*. 2022;43(7):561–632. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395. Erratum in: *Eur Heart J*. 2022 Feb 18.
10. Baumgartner H. et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Europ. Heart J*. 2017;38(36):2739–2791. doi: 10.1093/eurheartj/ehx391.
11. Potapova I.I., Evseychik E.S., Kononova O.N., Semenyago E.F. *Practical recommendations for the management of patients with acquired valvular heart disease*. Gomel, 2021;32 p. (in Russian)