

# РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРАВЫХ ОТДЕЛОВ СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКОЙ ЛЕГОЧНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ ПО ДАННЫМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ ПОСЛЕ БАЛЛОННОЙ АНГИОПЛАСТИКИ ВЕТВЕЙ ЛЕГОЧНЫХ АРТЕРИЙ

## REMODELING OF THE RIGHT HEART IN PATIENTS WITH CHRONIC THROMBOEMBOLIC PULMONARY HYPERTENSION ACCORDING TO ECHOCARDIOGRAPHY AFTER BALLOON ANGIOPLASTY OF THE BRANCHES OF THE PULMONARY ARTERIES

**B. Sagymbaev  
A. Vaneeva  
K. Petrosyan**

*Summary.* This article presents the results of a retrospective-prospective study aimed at assessing the reverse remodeling of the right heart chambers in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) following balloon pulmonary angioplasty (BPA). The study included echocardiographic data from 146 patients aged 27 to 80 years during the long-term follow-up period after the intervention (observation up to 55.2 months). The obtained results demonstrated significant improvement in right ventricular (RV) systolic function (increase in RV FAC from 32 % to 37 %, TAPSE from 13 to 18 mm) and reduction of its dilation (decrease in RV end-diastolic dimension from 4.8 to 4.1 cm). A reduction in right atrial size and restoration of left ventricular geometry due to normalization of interventricular septal position were also noted. The results confirm that the assessment of changes in right heart geometry using echocardiography should be an integral part of monitoring the effectiveness of BPA in patients with CTEPH.

*Keywords:* right heart geometry, chronic thromboembolic pulmonary hypertension, balloon pulmonary angioplasty, ultrasound imaging.

**Сагымбаев Байзак Абдрасулович**

врач, ФГБУ Национальный  
медицинский исследовательский центр  
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева  
sagymbaevbaizak@gmail.com

**Ванеева Анна Муратовна**

врач, научный сотрудник, ФГБУ Национальный  
медицинский исследовательский центр  
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева  
Amvaneeva@bakulev.ru

**Петросян Карен Валерьевич**

доктор медицинских наук, врач, ФГБУ Национальный  
медицинский исследовательский центр  
сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева  
dr.petrosian@gmail.com

*Аннотация.* В статье представлены результаты ретроспективно-проспективного исследования, направленного на оценку обратного ремоделирования правых отделов сердца у пациентов с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией (ХТЭЛГ) после транслюминальной баллонной ангиопластики легочных артерий (ТЛБАП). В исследование включены данные эхокардиографического обследования 146 пациентов в возрасте от 27 до 80 лет в отдаленном периоде после вмешательства (наблюдение до 55,2 месяцев). Полученные результаты продемонстрировали значительное улучшение систолической функции правого желудочка (рост ФИП ПЖ с 32 % до 37 %, TAPSE с 13 до 18 мм) и уменьшение его дилатации (снижение КДР ПЖ с 4,8 до 4,1 см). Также отмечено уменьшение размеров правого предсердия и восстановление геометрии левого желудочка за счет нормализации положения межжелудочковой перегородки. Результаты подтверждают, что оценка изменений геометрии правых отделов сердца по данным эхокардиографии должна быть неотъемлемой частью мониторинга эффективности ТЛБАП у пациентов с ХТЭЛГ.

*Ключевые слова:* геометрия правых отделов сердца, хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия, транслюминальная баллонная ангиопластика, ультразвуковое исследование.

### Введение

**Х**роническая тромбоэмболическая легочная гипертензия (ХТЭЛГ) является серьезным заболеванием, характеризующимся стойким повышением давления в легочной артерии и развитием прогрессирующей правожелудочковой недостаточности, вследствие не-

полной резорбции тромботических масс в легочных артериях после острого эпизода тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА). По данным различных исследований, ХТЭЛГ развивается у 0,5–4 % пациентов, перенесших ТЭЛА, что делает эту патологию значимой проблемой для здравоохранения [1-5].

Диагностика и лечение ХТЭЛГ представляют собой непростую задачу. Традиционно основным методом лечения проксимальных поражений ветвей легочной артерии является хирургическая тромбэндартерэктомия легочных артерий (ТЭЭЛА) [6,7]. Однако, значительная часть пациентов не является кандидатами на хирургическое вмешательство по различным причинам, включая высокие операционные риски, анатомические особенности тромботических поражений и наличие сопутствующих заболеваний. В таких случаях баллонная ангиопластика (ТЛБАП ЛА) ветвей легочной артерии становится важной альтернативой, обеспечивающей улучшение перфузии легочной ткани и снижение давления в легочной артерии [8, 9,10].

Несмотря на растущее применение ТЛБАП ЛА в лечении ХТЛГ, влияние этой процедуры на геометрию и функцию правых отделов сердца остается недостаточно изученным. Правые отделы сердца играют ключевую роль в патофизиологии ХТЭЛГ, и изменения их структуры и функции имеют прямое влияние на клиническое состояние пациентов и их прогноз. Эхокардиография является основным методом визуализации, позволяющим оценивать качественно и количественно морфофункциональные и гемодинамические характеристики правых камер сердца. Изучение изменений геометрии правых отделов сердца после ТЛБАП ЛА у пациентов с ХТЭЛГ имеет важное значение для понимания механизма действия процедуры, оптимизации тактики лечения и улучшения исходов для пациентов. Таким образом, данное исследование направлено на комплексную оценку этих изменений с использованием эхокардиографических методов, что позволит расширить знания в данной области и разработать рекомендации по ведению пациентов с ХТЛГ после ТЛБАП ЛА.

### Материал и методы

Для оценки геометрии правых отделов сердца проведен ретроспективно-проспективный анализ эхокардиограмм, выполненных 146 пациентам в возрасте от 27–80 (51,5±13,1) лет в НИИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева с июля 2015 по январь 2023 г. Пациентов женского пола было 90 (61,6 %). Продолжительность заболевания составляла в среднем 22,2 месяца, однако стандартное отклонение (28,8) свидетельствует о значительном разбросе данных. Среди сопутствующих заболеваний с наибольшей частотой встречались артериальная гипертензия — 14,9 % (n=22), тромбофлебит нижних конечностей — 12,9 % (n=19) и тромбоз глубоких вен — 10,9% (n=16) (табл. 1). Протокол обследования до и после операции у всех пациентов включал: опросник SF-36, тест 6-минутной ходьбы (Т6МХ), эхокардиографию, катетеризацию правых отделов сердца и компьютерную томографию.

Средний срок наблюдения за пациентами в отдалённом периоде составил 17,7 ± 7,56 месяцев для 111 паци-

Таблица 1.

Характеристика пациентов, включенных в исследование

Показатели	Перед операцией
Возраст, (полных лет)	27–80 (51,5 ±13.1)
Пол	
мужской, абс. (%)	56 (38)
женский, абс. (%)	90 (61,2)
Сопутствующая патология	
Тромбофлебит нижних конечностей, абс. (%)	19(12,9)
Тромбоз глубоких вен, абс. (%)	16 (10,9)
Варикоз нижних конечностей. абс. (%)	11 (7,5)
COVID-19, абс. (%)	8 (5,5)
Фибрилляция предсердий, абс. (%)	4 (2,7)
Трепетания предсердий, абс. (%)	4 (1,4)
Артериальная гипертензия, абс. (%)	22 (14,9)
Ишемическая болезнь сердца, абс. (%)	9 (6,1)
Бронхолегочные заболевания, абс. (%)	9 (6,1)
Онкологические заболевания, абс. (%)	9 (6,1)
Гастрит, абс. (%)	5 (3,4)
Перелом н/к абс. (%)	1 (0,7)
ФК по NYHA II, абс (%)	54 (36,7)
ФК по NYHA III, абс (%)	86 (58,4)
ФК по NYHA IV, абс (%)	6 (4)

ентов, наблюдение за которыми длилось до 36 месяцев, и 55,2 ± 15,8 месяцев для 33 пациентов, чей период наблюдения превысил 36 месяцев.

#### Критерии формирования исследуемой группы:

В исследование включались пациенты в возрасте от 18 лет с верифицированным диагнозом хронической тромбоэмболической легочной гипертензии (ХТЭЛГ), предоставившие информированное добровольное согласие на участие.

Критериями исключения из исследования служили: возраст моложе 18 лет, беременность, наличие онкотромбоэмболий, а также выраженная почечная недостаточность (скорость клубочковой фильтрации <30 мл/мин). Дополнительными критериями исключения являлись аллергические реакции или индивидуальная непереносимость контрастных веществ и гепарина в анамнезе, острые воспалительные процессы любой этиологии

и выявление тромбоэмболических масс в основных ветвях легочной артерии.

Все участники исследования были сопоставимы по основным функциональным и гемодинамическим показателям.

### Эхокардиографический анализ

Пациентам проводилось трансторакальное эхокардиографическое исследование до операции и в отдаленном периоде после операции с использованием ультразвуковой системы VIVID 7 (GE), Affinity 70 (PHILIPS) с датчиками 5Ms и S5-1, соответственно. Все эхокардиографические исследования выполнялись двумя специалистами по кардиовизуализации, имеющими опыт оценки кардиохирургических пациентов.

Для оценки морфологических и функциональных параметров левого и правого желудочков, а также правого и левого предсердий эхокардиографическое исследование выполняли и интерпретировали в соответствии с рекомендациями ASE и EACVI от 2015 года, а также внутреннему протоколу Центра [1]. Измерения размеров и объемов камер сердца, показателей систолической функции, а также параметров ремоделирования проводили из стандартизированных плоскостей и временных фаз сердечного цикла, при необходимости значения индексировали на площадь поверхности тела. Качественную и количественную оценку отклонений от нормы выполняли на основании референсных диапазонов и порогов градации степени выраженности, приведенных в указанных рекомендациях.

По результатам трансторакальной эхокардиографии вероятность наличия у данного пациента ЛГ оценивалась как низкая, средняя или высокая в зависимости от пиковой скорости потока ТР и наличия дополнитель-

ных ЭхоКГ-признаков со стороны желудочков сердца, ЛА, а также НПВ и ПП.

Измерение максимальной скорости потока трикуспидальной регургитации (ТР) проводилось в режиме непрерывного доплеровского картирования, используя апикальную четырехкамерную проекцию, парастернальную длинную ось ПЖ.

Пиковая скорость ТР в покое > 2,8 м/с при наличии двух дополнительных ЭхоКГ-признаков предполагала ЛГ (при отсутствии обструкции выносящего тракта ПЖ). К таким признакам относили: увеличение ПЖ (например, базальный диаметр ПЖ больше базального диаметра ЛЖ), патологический индекс эксцентричности ЛЖ (>1,1), среднесистолическая «выемка» («notching») доплеровского сигнала в ВОПЖ, конечнодиастолическая скорость лёгочной регургитации > 2,2 м/с или признаки повышенного давления в правом предсердии: диаметр нижней полой вены > 2,1 см или площадь правого предсердия > 18 см<sup>2</sup>.

Индекс эксцентричности ЛЖ рассчитывали, как отношение септально-латерального измерения (перпендикулярное межжелудочковой перегородке) к переднезаднему (параллельное межжелудочковой перегородке) в парастернальной позиции по короткой оси на уровне папиллярных мышц в конец систолы.

Систолическое давление в правом желудочке оценивали по пиковой скорости струи трикуспидальной регургитации с использованием упрощенного уравнения Бернулли и добавлением этого значения к давлению в правом предсердии, определенному по диаметру НПВ и ее реакции на фазы дыхания. В зависимости от комбинации этих параметров, предполагаемое давление в правом предсердии составляло 5–20 мм рт. ст. [12]. Диаметр нижней полой вены измерялся из субкостального доступа.

Таблица 2.

Характеристики интраоперационных данных

В зависимости от типов поражений ЛА при ХТЭЛГ					
Тип поражения	А	В	С	Д	Е
Описание поражения	Концентрическое сужение	Паучье гнездо	Субокклюзия	Окклюзия с прстенотическим расширением	Дистальные извитые поражения мелких сосудов
Общее количество	281 (51,09 %)	189 (34,3 %)	38 (6,91 %)	41 (7,45 %)	1 (0,18 %)
Успех вмешательства	281 (100 %)	184,65 (97,7 %)	32,8 (86,35 %)	37,52 (91,5 %)	—
Осложнения	—	—	—	—	—
Травма проводником/перфорация	—	1 (0,53 %)	1 (2,63 %)	—	—
Диссекция сосуда	—	2 (1,06 %)	2 (5,26 %)	—	—

Статистический анализ

Для статистической обработки полученных данных применялась программа SPSS версии 26 (IBM, США). Также для работы с данными использовались программы из пакета Microsoft Office 365. В анализе результатов использовались следующие статистические методы: U-тест Манна-Уитни для сравнения независимых выборок, t-критерий Стьюдента для проведения анализа статистической значимости различий признаков в независимых и зависимых выборках, критерий Краскела — Уоллиса для непараметрической оценки различий, а также корреляционный анализ с использованием критерия Пирсона.

Таблица 3.

Сравнение эхокардиографических данных до и после операции

Показатель, Ме [IQR]	До операции	После операции	p
ЛП (2D), мл/м <sup>2</sup>	38,0 [35,0–41,0]	37,0 [34,5–42,5]	0,027
КСР ЛЖ, см	2,80 [2,50–3,20]	2,9 [2,6–3,2]	0,101
КДР ЛЖ, см	4,50 [4,0–5,0]	4,8 [4,2–5,1]	0,001
КДО ЛЖ инд., мл/м <sup>2</sup>	49,2 [40,8–66,7]	60,3 [46,0–71,3]	0,023
КСО ЛЖ инд., мл/м <sup>2</sup>	16,7 [12,7–23,9]	18,1 [14,2–23,0]	0,785
УО абс., мл	57,9 [50,0–76,2]	75,1 [56,6–86,0]	0,035
ФВ ЛЖ(2D), %	66,0 [61,2–69,0]	65,2 [60,0–70,0]	0,528
Индекс эксцентричности ЛЖ	1,15 [1,07–1,22]	1,07 [1,03–1,18]	0,046
ПП (поперечный диаметр), см	5,27 [4,50–6,10]	4,85 [4,00–5,50]	<0,001
ПП (продольный диаметр), см	5,80 [5,00–6,60]	5,10 [4,60–6,05]	<0,001
Площадь ПП, см <sup>2</sup>	24,01 [17,67–31,62]	19,43 [14,45–26,13]	<0,001
КДР ПЖ, мм	4,80 [4,30–5,50]	4,10 [3,80–4,80]	<0,001
КДП ПЖ инд., см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	18,45 [14,9–25,0]	14,21 [12,00–19,84]	<0,001
TAPSE (2D), мм	13,0 [12,5–16,0]	18,0 [16,0–19,0]	0,003

Показатель, Ме [IQR]	До операции	После операции	p
S', см/с	7,2 [6,7–8,9]	10,0 [8,9–10,6]	<0,001
ФИП ПЖ, %	32 [28,0–35,0]	37 [33,0–40,0]	<0,001
Систолическое давление ПЖ, мм рт.ст.	69 [46–90]	46 [34–62]	0,002
Диаметр ЛА, мм	35,0 [30,0–39,0]	35,0 [29,0–39,0]	0,944
ФК ТК, мм	38,0 [34,0–41,0]	36,0 [33,0–39,0]	0,008
Т6МХ, м	328,3 [234,2–422,4]	430 [320–532]	<0,001

**КДО инд.** — индексированный к ППТ конечный диастолический объем;

**КСО инд.** — индексированный к ППТ конечный систолический объем;

**КДП ПЖ инд.** — индексированная к ППТ конечная диастолическая площадь правого желудочка;

**КДР ПЖ** — конечный диастолический размер;

**Т6МХ** — тест 6-минутной ходьбы

**ФИП ПЖ** — фракционное изменение площади правого желудочка

$$(\text{ФИП ПЖ \%} = \text{ФВ ПЖ} - 10)$$

**S'** — систолическая скорость латерального сегмента кольца трикуспидального клапана

**TAPSE** — систолическая экскурсия плоскости кольца трикуспидального клапана

\* — изменения показателей статистически значимы (p < 0,05).

*Динамика геометрии и функции правого желудочка*

Наблюдалось статистически значимое уменьшение дилатации размеров правого желудочка. Конечный диастолический размер (КДР) ПЖ уменьшился с 4,80 см [4,30–5,50] до 4,10 см [3,80–4,80] (p < 0,001), а индексированная конечная диастолическая площадь ПЖ (КДП ПЖ инд.) уменьшилась с 18,45 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> [14,9–25,0] до 14,21 см<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> [12,00–19,84] (p < 0,001).

Параллельно зафиксировано значительное улучшение систолической функции ПЖ. Фракционное измене-

ние площади правого желудочка увеличилось с 32 % до 37 % ( $p = 0,001$ ), а показатели TAPSE и  $S'$  с 13,0 мм [12,5–16,0] до 18,0 мм [16,0–19,0] ( $p = 0,003$ ) и с 7,2 см/с [6,7–8,9] до 10,0 см/с [8,9–10,6] ( $p < 0,001$ ) соответственно.

#### *Динамика геометрии правого предсердия*

Анализ данных выявил статистически значимое уменьшение размеров правого предсердия после проведенного вмешательства. Поперечный диаметр ПП снизился с 5,27 см [4,50–6,10] до 4,85 см [4,00–5,50] ( $p < 0,001$ ). Продольный диаметр ПП уменьшился с 5,80 см [5,00–6,60] до 5,10 см [4,60–6,05] ( $p < 0,001$ ). Площадь правого предсердия уменьшилась с 24,01 см<sup>2</sup> [17,67–31,62] до 19,43 см<sup>2</sup> [14,45–26,13] ( $p < 0,001$ ).

#### *Динамика показателей левого желудочка*

Было отмечено изменение геометрии левого желудочка, выразившееся в увеличении его конечно-диастолического размера (КДР ЛЖ) с 4,50 см [4,0–5,0] до 4,80 см [4,2–5,1] ( $p = 0,001$ ), индексированного конечно-диастолического объема (КДО ЛЖ инд.) с 49,2 мл/м<sup>2</sup> [40,8–66,7] до 60,3 [46,0–71,3] ( $p = 0,023$ ), а так же индекса эксцентричности левого желудочка с 1,15 [1,07–1,22] до 1,05 [1,00–1,10]. При этом фракция выброса левого желудочка и индексированный конечно-систолический объем значимо не изменились ( $p > 0,05$ ), что свидетельствует о восстановлении нормальной геометрии ЛЖ за счет уменьшения его компрессии со стороны дилатированного ПЖ.

Таким образом, полученные данные убедительно свидетельствуют о положительном обратном ремоделировании правых отделов сердца и улучшении их систолической функции в отдаленном периоде после успешной ТЛБАП у пациентов с ХТЭЛГ. Визуальная динамика ключевых эхокардиографических параметров представлена на рисунках 1–3 и итоговом графике.

### Обсуждение

Проведенное исследование демонстрирует, что транслюминальная баллонная ангиопластика легочных артерий приводит к значимому обратному ремоделированию правых отделов сердца, которое подтверждается данными эхокардиографии в отдаленном периоде наблюдения (в среднем до 55,2 месяцев для части когорты).

Полученные нами результаты согласуются с данными современных исследований, подтверждающих, что снижение легочного сосудистого сопротивления после успешной ТЛБАП является ключевым фактором, запускающим процесс обратного ремоделирования ПЖ [11,12]. Уменьшение конечного диастолического размера и объема ПЖ, которое мы наблюдали, объективно отражает

снижение преднагрузки и дилатации желудочка. Важно отметить, что регресс гипертрофии и дилатации ПЖ происходил на фоне значительного улучшения его систолической функции, что подтверждается ростом фракции выброса ПЖ и такого надежного маркера продольной функции, как TAPSE [1].

Особого внимания заслуживает динамика показателей левого желудочка. Наблюдавшееся увеличение КДР и КДО ЛЖ при сохранной фракции выброса, на наш взгляд, является прямым следствием изменения отклонения межжелудочковой перегородки вправо. При высокой ЛГ дилатированный и гипертрофированный ПЖ вызывает смещение перегородки в сторону ЛЖ, что приводит к его диастолической дисфункции и уменьшению конечно-диастолического объема («эффект компрессии») [2]. После ТЛБАП снижение давления в ПЖ позволяет перегородке занять нейтральное положение, что восстанавливает диастолическое наполнение ЛЖ и, как следствие, увеличивает его ударный объем, что мы и зафиксировали в нашем исследовании. Этот факт имеет важное клиническое значение, так как улучшение наполнения ЛЖ напрямую влияет на сердечный выброс и перфузию органов.

Зафиксированное уменьшение размеров правого предсердия является закономерным следствием разгрузки ПЖ и снижения давления его наполнения. Поскольку ПП служит «барометром» давления в правых отделах сердца, его уменьшение косвенно свидетельствует об улучшении диастолической функции ПЖ и снижении среднего давления в правом предсердии [3].

Положительные изменения эхокардиографических параметров в нашем исследовании коррелируют с данными об улучшении клинического статуса пациентов (улучшение функционального класса, увеличение дистанции 6-минутной ходьбы), что подчеркивает не только статистическую, но и клиническую значимость полученных результатов.

Несмотря на современные возможности эхокардиографии, такие как методика спекл-трекинг, трехмерная эхокардиография, применение базовых алгоритмов оценки анатомии и функции ПЖ актуальны и широко применяются в повседневной кардиохирургической и кардиологической практике. В нашем исследовании продемонстрировано их полезность у пациентов с ТТЭЛГ для мониторинга эффективности лечения.

*Ограничения исследования.* Настоящее исследование имеет ряд ограничений. Его наблюдательный дизайн (ретроспективно-проспективный) не позволяет полностью исключить влияние смещающих факторов. Для части пациентов отсутствовали данные МРТ сердца, которое считается «золотым стандартом» для оценки объ-

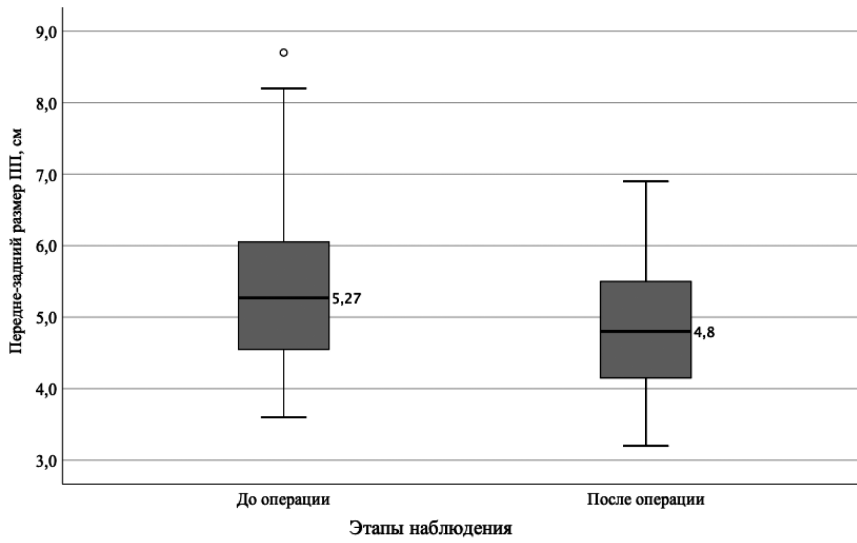


Рис. 1. Анализ динамики эхокардиографического значения продольных размеров правого предсердия

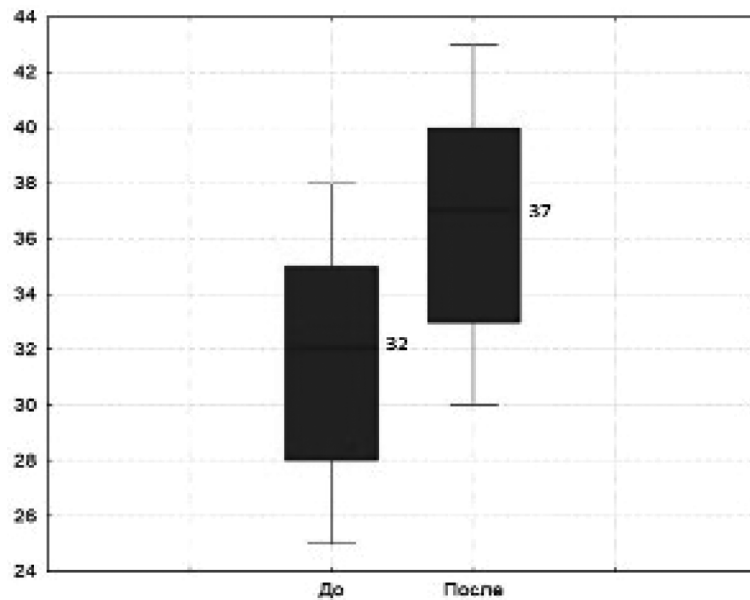


Рис. 2. Анализ динамики эхокардиографического значения фракционного изменения площади правого желудочка

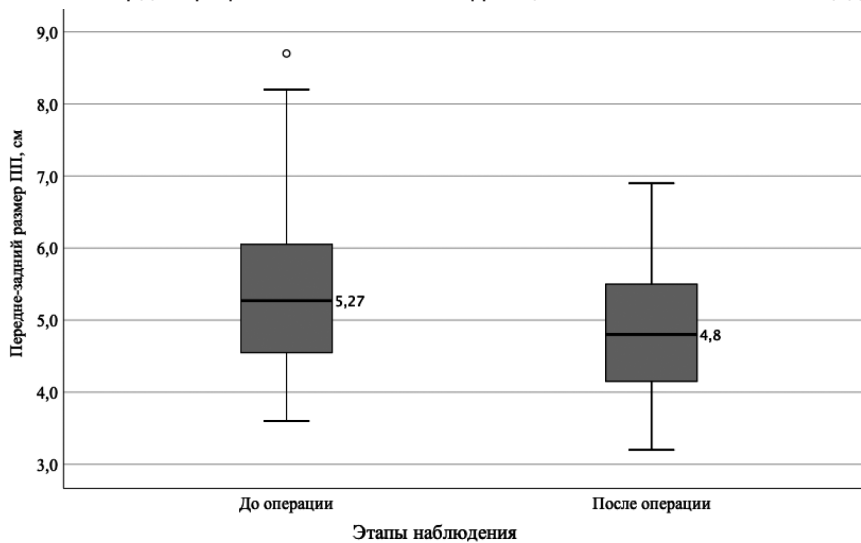


Рис. 3. Анализ динамики эхокардиографического значения систолической экскурсии кольца трикуспидального клапана (TAPSE)

емов и функции ПЖ. Однако рутинная эхокардиография остается широкодоступным и воспроизводимым методом для динамического наблюдения.

### Заключение

Результаты нашего исследования убедительно доказывают, что ТЛБАП приводит к выраженному обратному

ремоделированию правых отделов сердца, которое сохраняется в отдаленном периоде. Комплексная эхокардиографическая оценка, включающая анализ размеров, объемов и систолической функции ПЖ и ПП, должна быть обязательным компонентом мониторинга эффективности лечения и определения прогноза у пациентов с ХТЭЛГ после баллонной ангиопластики.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Lang I.M., Madani M. Update on chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Circulation* 2014; 130:508–18.
2. Piazza G., Goldhaber S.Z. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *N Engl J Med* 2011; 364:351–60.
3. Riedel M., Stanek V., Widimsky J., et al. Longterm follow-up of patients with pulmonary thromboembolism. Late prognosis and evolution of hemodynamic and respiratory data. *Chest* 1982; 81:151–8.
4. Hoepfer M.M., Mayer E., Simonneau G., et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Circulation* 2006; 113:2011–20.
5. Cannon J.E., Su L., Kiely D.G., et al. Dynamic Risk Stratification of Patient Long-Term Outcome After Pulmonary Endarterectomy: Results from the United Kingdom National Cohort. *Circulation* 2016; 133:1761–71.
6. Jenkins D., Madani M., Fadel E., et al. Pulmonary endarterectomy in the management of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Eur Respir Rev* 2017; 26:160111.
7. Pepke-Zaba J., Delcroix M., Lang I., et al. Chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH): results from an international prospective registry. *Circulation*. 2011;124(18):1973–1981.
8. Humbert M., Kovacs G., Hoepfer M.M., Badagliacca R., Berger R.M.F., Brida M., et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J* 2022; 43:3618–3731. doi: 10.1093/eurheartj/ehac237
9. Петросян К.В., Горбачевский С.В., Жеблани И.А., Соболев А.В., Дадабаев Г.М. Транслюминальная баллонная ангиопластика ветвей легочной артерии при лечении больных с хронической тромбоэмболической легочной гипертензией и высоким хирургическим риском (четырёхлетний опыт). *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2020; 62 (4): 334–44. DOI: 10.24022/0236-2791-2020-62-4-334-344
10. Poch D.S., Mahmud E., Patel M., Papamatheakis D., Fernandes T., Kerr K., et al. Patient selection for balloon pulmonary angioplasty: six-year results from a high-volume PTE surgical center. *Pulm Circ* 2022;12: e12148. doi: 10.1002/pul2.12148.
11. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2015;28(1):1–39. e14. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
12. Avdeev S.N., Aldashev A.A., Gorbachevskiy S.V., Edemskiy A.G., Karaskov A.M., Korobkova I.Z. et al. Pulmonary Hypertension. — М.: GEOTAR-Media; 2015. — 416 p. [Russian: Авдеев С.Н., Алдашев А.А., Горбачевский С.В., Едемский А.Г., Караськов А.М., Коробкова И.З. и др. Легочная гипертензия. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 416с]. ISBN 978-5-9704-3323-2.

© Сагымбаев Байзак Абдрасулович (sagymbaevbaizak@gmail.com); Ванеева Анна Муратовна (Amvaneeva@bakulev.ru);

Петросян Карен Валерьевич (dr.petrosian@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»