

Рубрика: хирургическая аритмология

© Л.А. БОКЕРИЯ, О.Л. БОКЕРИЯ, И.Я. КЛИМЧУК, М.Ю. МИРОНЕНКО, В.А. ШВАРЦ, 2016
 © АННАЛЫ АРИТМОЛОГИИ, 2016

УДК 616.126.42:616.125-008.313.2-089
 DOI: 10.15275/annaritmol.2016.4.1

ОЦЕНКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА ПРИ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ

Тип статьи: оригинальная статья

Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, И.Я. Климчук, М.Ю. Мироненко, В.А. Шварц

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева»
 (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское шоссе, 135, Москва,
 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН и РАМН, директор
 Бокерия Ольга Леонидовна, доктор мед. наук, профессор, член-корр. РАН, гл. науч. сотр.
 Климчук Игорь Ярославович, мл. науч. сотр., сердечно-сосудистый хирург, E-mail: klimchuk.igor.y@gmail.com
 Мироненко Марина Юрьевна, канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики
 Шварц Владимир Александрович, канд. мед. наук, науч. сотр.

Цель. Изучить трехмерные морфологические особенности митрального клапана (МК) исходно у пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП), а также их динамику после аннулопластики в сочетании с хирургической коррекцией ФП.

Материал и методы. Обследованы 45 пациентов (средний возраст – 58 (53;62) лет, 80% – мужчины). У всех больных длительный анамнез ФП, сохранная фракция выброса левого желудочка, аннулодилатация фиброзных колец (ФК) атриовентрикулярных клапанов. Частота персистирующей и длительно персистирующей форм ФП суммарно составляла 80%, стаж ФП – в среднем 6 лет, максимальный более 10 лет. Объем левого предсердия у данной группы пациентов составил $140 \pm 31,6$ мл.

Результаты. Получены средней силы обратные корреляции между объемом ЛП и площадью задней створки МК ($R = -0,586$), а также длиной задней створки ($R = -0,624$). Прямая корреляция между объемом ЛП и митрально-аортальным углом ($R = 0,487$). Отмечены средней силы прямые корреляции между: передне-задним диаметром ФК МК и периметром (окружностью) ФК МК ($R = 0,451$), площадью ФК ($R = 0,496$), площадью задней створки ($R = 0,395$), менее выраженная обратная корреляция с углом задней створки ($R = -0,289$). Прямая корреляция получена между окружностью ФК МК и объемом тенинга створок ($R = 0,373$). После выполнения шовной аннулопластики передне-задний диаметр ФК МК уменьшился с $36,3 \pm 2,9$ до $30,9 \pm 2,4$ мм ($p < 0,001$). Передне-латеральный-заднемедиальный диаметр ФК МК уменьшился с $39,3$ (37,4;40,4) до $32,4$ (31;34) мм ($p < 0,001$). Определяющая трехмерную форму кольца высота ФК МК увеличилась с $4,5$ (3,3;6,8) до $6,4$ (5,4;7,8) мм ($p < 0,001$). Также увеличился уровень высоты ФК с $13 \pm 5,7$ до $22 \pm 8\%$ ($p < 0,001$). Было получено уменьшение площади ФК и его периметра с $1153,3 \pm 185,7$ до $847,1 \pm 103,8$ мм² и с $126,6 \pm 11,7$ до $109,2 \pm 8,5$ мм соответственно ($p < 0,001$). После аннулопластики увеличилась длина дуги передне-латерально-заднемедиальной коаптации в зоне проекции с 22 (20;26,3) до 24 (22;28) мм ($p = 0,036$), что доказывает более глубокую коаптацию. Непланарный угол уменьшился, стал более острым и составил 113 (101;119)° по сравнению с дооперационным значением $123,9$ (113,8;146)° ($p < 0,001$).

Заключение. ФП вызывает нарушение функции МК, приводящее к клапанной недостаточности, через основные механизмы: аннулодилатацию, снижение индекса уровня высоты ФК (седловидности), увеличение непланарного угла (угла коаптации створок).

Ключевые слова: митральный клапан; фибрилляция предсердий; шовная аннулопластика; трехмерная эхокардиография.

ASSESSMENT OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF MITRAL VALVE IN THE SURGICAL TREATMENT OF ATRIAL FIBRILLATION

Bockeria L.A., Bockeria O.L., Klimchuk I.Ya., Mironenko M.Yu., Shvarts V.A.

Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery, Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552,
 Russian Federation

Bockeria Leo Antonovich, MD, PhD, DSc, Professor, Academician of RAS and RAMS, Director
 Bockeria Ol'ga Leonidovna, MD, PhD, DSc, Professor, Corresponding Member of RAS and RAMS, Chief Research Associate
 Klimchuk Igor' Yaroslavovich, MD, Junior Research Associate, Cardiovascular Surgeon,
 E-mail: klimchuk.igor.y@gmail.com
 Mironenko Marina Yur'evna, MD, PhD, DSc, Ultrasonic Diagnostician
 Shvarts Vladimir Aleksandrovich, MD, PhD, Research Associate

Objection. To study the three-dimensional morphological features of the mitral valve baseline in patients with atrial fibrillation (AF), as well as their dynamics after annuloplasty combined with surgical correction of AF.

Material and methods. The study involved 45 patients (average age – 58 (53;62) years, 80% were male). All of these patients has long history of AF, left ventricle ejection fraction > 50%, dilated mitral annulus. The frequency of persistent and long-lasting persistent AF was 80% in total, AF experience – an average of 6 years and maximum 10 years. Left atrium volume was 140 ± 31.6 ml.

Results. We obtained the average power inverse correlation between the amount of the left atrium and the posterior mitral leaflet area ($R = -0.586$), and the posterior leaflet length ($R = -0.624$); the direct correlation between the amount of left atrium and mitral-aortic angle ($R = 0.487$); an average power direct correlation between: anteroposterior diameter and the perimeter (circumference) of mitral valve ($R = 0.451$), the area of mitral annulus ($R = 0.496$), the area of posterior mitral leaflet ($R = 0.395$), at least a significant inverse correlation with the angle of posterior mitral leaflet ($R = -0.289$). Direct correlation was obtained between the perimeter of mitral annulus and the tenting volume of mitral valve ($R = 0.373$). After the suture annuloplasty anteroposterior diameter decreased from 36.3 ± 2.9 to 30.9 ± 2.4 mm ($p < 0.001$). Anterolateral, posteromedial diameter decreased from 39.3 (37.4;40.4) to 32.4 (31;34) mm ($p < 0.001$). Annulus height of three-dimensional shape defining rings increased from 4.5 (3.3;6.8) to 6.4 (5.4;7.8) mm ($p < 0.001$). Also increased the level of the height of annulus from 13 ± 5.7 to $22 \pm 8\%$ ($p < 0.001$). The decrease in the area of mitral annulus and perimeter was found from 1153.3 ± 185.7 to 847.1 ± 103.8 mm² and from 126.6 ± 11.7 to 109.2 ± 8.5 mm, respectively ($p < 0.001$). After the annuloplasty the length of anterolateral posteromedial coaptation in the projection area increased from 22 (20;26.3) to 24 (22;28) mm ($p = 0.036$), which proves deeper coaptation. Non-planar angle declined, became more acute, and was 113 (101;119) compared with the preoperative 123.9 (113.8;146) ($p < 0.001$).

Conclusion. Atrial fibrillation leads to disruption of mitral valve, leading to valvular insufficiency, through basic mechanisms: annulodilation, reducing the height of mitral annulus level index (decrease saddle), the increase in non-planar angle (angle of the leaflets coaptation).

Keywords: mitral valve; atrial fibrillation; suture annuloplasty; three-dimensional echocardiography.

Введение

Функциональная недостаточность митрального клапана (МК) встречается при дисфункции левого желудочка (ЛЖ) как неишемического, так и ишемического генеза [1]. Расширение фиброзного кольца (ФК) МК способствует увеличению митральной регургитации (МР) у этих пациентов [2, 3].

В литературе существует мнение, что доминирующим механизмом МР является дисфункция подклапанного аппарата, его смещение, которое приводит к нарушению коаптации створок клапана [4–6]. Расширение левого предсердия (ЛП), часто наблюдающееся у пациентов с МР, считается следствием, а не причиной клапанной недостаточности, хотя некоторые исследователи утверждают, что первичное увеличение ЛП может привести к дилатации ФК МК.

В современной литературе встречаются противоречивые мнения о генезе МР при расширении ФК МК у пациентов с фибрилляцией предсердий (ФП) [7–10]. Недостаточность МК на фоне дилатации ФК без органических изменений МК распространена среди больных ФП [9, 11].

ФП приводит к дилатации как правого, так и левого предсердия, что сопровождается аннулодилатацией митрального и трикуспидального (ТК) клапанов без увеличения размеров ЛЖ [9, 10].

Одной из форм МР в результате действия патофизиологических механизмов длительно существующей ФП является предсердная МР, в основе которой лежит аритмия, что крайне важно в выборе метода лечения пациентов [11, 12]. Коррекция митральной недостаточности при хирургическом лечении ФП – актуальная и широко обсуждаемая тема наряду с коррекцией ишемической митральной недостаточности. Поэтому необходим детальный анализ морфологии клапана как в условиях ФП, так и при ишемической болезни сердца, что позволит определить основные характерные особенности и выбрать необходимую тактику лечения.

Самым распространенным методом верификации митральной недостаточности является эхокардиография (ЭхоКГ) с доплерографией. С помощью двухмерной эхокардиографии можно визуализировать смещение створок в одной плоскости, но нельзя охарактеризовать

взаимодействия створок по всей ширине клапана. Трехмерная (3D) ЭхоКГ позволяет визуализировать МК в полном объеме. Для описания взаимодействия между передней и задней створками МК используют параметры коаптации, а также параметры площади и направления створок. Применение 3D ЭхоКГ позволяет оценить и визуализировать морфологию МК и прогнозировать развитие функциональной недостаточности МК вследствие потери оптимальной коаптации его створок [13].

Цель данного исследования состояла в изучении трехмерных морфологических особенностей МК исходно у пациентов с ФП, а также их динамики после аннулопластики в сочетании с хирургической коррекцией ФП.

Материал и методы

В исследование были включены 45 пациентов, средний возраст больных составил 58 (53;62) лет, 80% были мужчины. Данные пациенты проходили лечение и обследование в от-

делении хирургического лечения интерактивной патологии НЦССХ им. А.Н. Бакулева в 2013–2016 гг.

Все больные имели сохранную фракцию выброса ЛЖ, аннулодилатацию ФК атриовентрикулярных клапанов, фибрилляцию предсердий. Частота персистирующей и длительно персистирующей форм ФП суммарно составляла 80%, стаж ФП – в среднем 6 лет, а максимальный более 10 лет. На этом фоне у 27% обследуемых выявлен синдром слабости синусового узла, а размер ЛП в среднем составил $140 \pm 31,6$ мл. Часто наблюдались артериальная гипертензия, дисфункция щитовидной железы. В таблице 1 подробно представлена клинично-инструментальная характеристика пациентов.

Исходно больные были отобраны согласно критериям включения/исключения.

Критерии включения:

- фибрилляция предсердий;
- аннулодилатация (размер фиброзного кольца более 30 мм);

Таблица 1

Клинично-инструментальная характеристика пациентов ($n = 45$)

Параметр	Значение
Пол	
мужской, n (%)	36 (80)
женский, n (%)	9 (20)
Возраст, лет	58 (53;62)
Индекс массы тела, кг/м ²	28 ± 3
Класс хронической сердечной недостаточности по NYHA	2 (2;2)
Форма фибрилляции предсердий	
пароксизмальная, n (%)	10 (22,2)
персистирующая, n (%)	14 (31,1)
длительно персистирующая, n (%)	21 (46,7)
Стаж фибрилляции предсердий, мес	72 (48;108)
Синдром слабого синусового узла, n (%)	12 (27)
Предшествующая радиочастотная абляция, n (%)	6 (13)
Дисфункция щитовидной железы, n (%)	15 (33,3)
Артериальная гипертензия, n (%)	32 (71,1)
Сахарный диабет, n (%)	2 (4,4)
Хроническая обструктивная болезнь легких, n (%)	3 (6,7)
Данные ЭхоКГ	
конечный диастолический объем левого желудочка, мл	$136,5 \pm 22,8$
конечный систолический объем левого желудочка, мл	$51,5 \pm 14,2$
фракция выброса левого желудочка, %	$61,7 \pm 8,6$
степень недостаточности митрального клапана	1,5 (1;2)
размер фиброзного кольца митрального клапана, мм	38 (36;40)
степень недостаточности трикуспидального клапана	2 (1,5;2)
размер фиброзного кольца трикуспидального клапана, мм	$37,7 \pm 3,7$
объем левого предсердия, мл	$140 \pm 31,6$

Примечание. Данные представлены в виде $M \pm SD$ (при нормальном распределении значений) или Me (Q1;Q3) при распределении значений, отличном от нормального.

- умеренная митральная недостаточность;
- фракция выброса левого желудочка более 50%.

Критерии исключения:

- ревматические и дегенеративные поражения митрального клапана (митральный стеноз, недостаточность МК, миксоматоз, пролабирование створок, отрыв хорд);
- ранее выполненные пластические операции на МК;
- необходимость протезирования других клапанов сердца;
- наличие желудочковых аритмий;
- поражение коронарных артерий или любая другая кардиальная патология, требующая дополнительного хирургического вмешательства.

Эхокардиография

2D ЭхоКГ выполняли на дооперационном этапе, в раннем послеоперационном периоде и через 12 мес после операции. Конечный диастолический объем, конечный систолический объем и фракция выброса ЛЖ были определены по методу Симпсона.

3D ЭхоКГ проводили до операции и через 12 мес после операции. Эти измерения выполнялись одним специалистом. Трехмерные изображения получены при проведении чреспищеводной ЭхоКГ из среднепищеводного доступа системой IE-33 (Philips Medical Systems, США). Записывались 4 последовательных сердечных цикла. Полученные данные были обработаны системой QLAB MVQ. Перпендикулярные изображения митрального клапана впоследствии были обработаны для четкой визуализации кольца, створок и их взаимного расположения. Измерение параметров митрального кольца проводилось в конце систолы, то есть перед открытием МК. После определения 4 ключевых референтных точек МК (переднелатеральной, заднемедиальной, передней и задней) на вращающихся срезах были проставлены 16 меток вокруг кольца (рис. 1).

В завершение были определены трехмерные параметры митрального клапана.

Параметры фиброзного кольца:

- диаметры: передне-задний диаметр ФК МК (DAP), представляющий расстояние от аортального клапана до ФК задней створки МК и переднелатерально-заднемедиальный диаметр ФК МК (DIAP), который является межкомиссуральным расстоянием;

- периметр (окружность) ФК (C3D) и площадь ФК (A2D) в плоскости проекции;

– высота ФК (H) – расстояние между самой высокой и самой низкой точками кольца относительно плоскости, проведенной через кольцо. Уровень высоты кольца (АНСVP) рассчитывали в процентах с целью отражения трехмерной структуры кольца. Более высокое значение этого показателя определяет более трехмерную, то есть более седловидную форму кольца.

Параметры створок митрального клапана и коаптации:

- площади передней ($A3DE_{Ant}$) и задней ($A3DE_{Post}$) створок;

– объем тентинга створок (V_{tent}) – объем геометрической фигуры, образованной во время систолы поверхностью створок и плоскостью ФК;

– объем пролапса створок (V_{prol}) – объем геометрической фигуры, образованной во время систолы поверхностью пролабирующей створки и плоскостью ФК;

– высота тентинга створок (H_{tent}), или высота натяжения створок – расстояние от плоскости ФК до точки коаптации;

– пролапс тентинга створок (H_{prol}), или высота пролапса створок – расстояние от плоскости ФК до наиболее высокой точки пролабирующей створки;

– длины створок от ФК до коаптации по средним сегментам: передней створки ($L3DE_{A2}$) и задней створки ($L3DE_{P2}$);

– угол передней створки (θ_{Ant}) – угол, образованный между плоскостью ФК и передней створкой;

– угол задней створки (θ_{Post}) – угол, образованный между плоскостью ФК и задней створкой;

– неплоскостной угол створок (θ_{NPA}) – угол, образованный передней и задней створками;

– длина дуги переднелатерально-заднемедиальной коаптации ($L2DAIP$) – длина коаптации между передней и задней створками в плоскости проекции;

– митрально-аортальный угол (θ), образованный фиброзными кольцами аортального и митрального клапанов.

Параметры хордального аппарата:

– длина хорд переднелатеральной папиллярной мышцы ($L_{chordAl}$)

– длина хорд заднемедиальной папиллярной мышцы ($L_{chordPm}$).

Объем ЛП представлен по данным компьютерной томографии сердца.

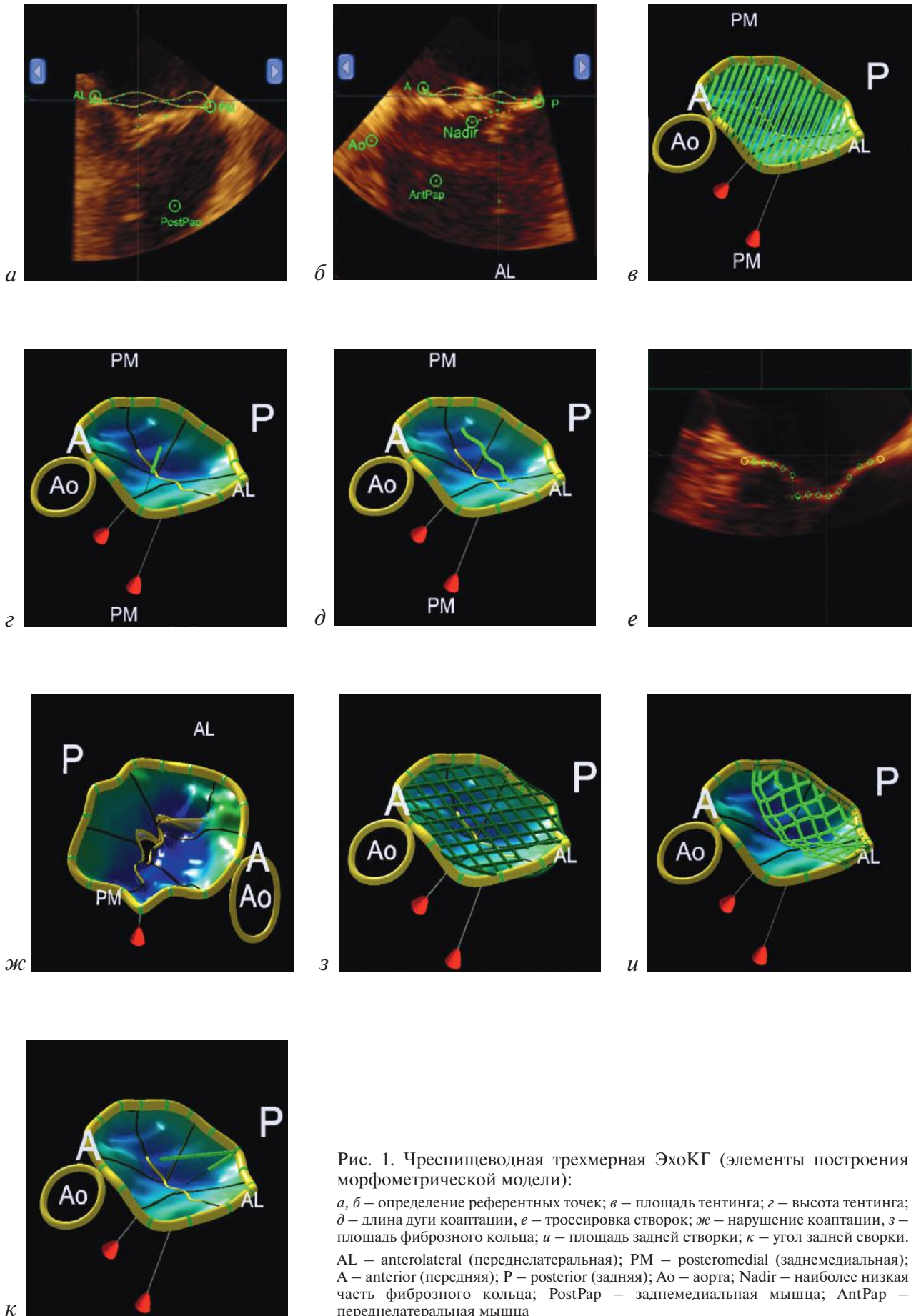


Рис. 1. Чреспищеводная трехмерная ЭхоКГ (элементы построения морфометрической модели):

a, б – определение референтных точек; *в* – площадь тентинга; *г* – высота тентинга; *д* – длина дуги коаптации; *е* – трассировка створок; *ж* – нарушение коаптации; *з* – площадь фиброзного кольца; *и* – площадь задней створки; *к* – угол задней створки.

AL – anterolateral (переднелатеральная); PM – posteromedial (заднемедиальная); A – anterior (передняя); P – posterior (задняя); Ao – аорта; Nadir – наиболее низкая часть фиброзного кольца; PostPap – заднемедиальная мышца; AntPap – переднелатеральная мышца

Хирургическое вмешательство

Все операции выполнены на открытом сердце с использованием кардиopleгического раствора кустодиол и гипотермии 28 °С. Использовали расширенный двухпредсердный доступ. Коррекцию ФП выполняли по методике «Лабиринт». Затем последовательно проводили пластику ТК и МК. Во время пластики применяли анатомические бужи размерами 26 и 28 мм согласно индексу массы тела в соответствии с нормативными показателями [14].

Шовную аннулопластику МК выполняли проленовой нитью 3/0 непрерывным двурядным швом, с применением трех прокладок Gore-Tex. Шов накладывали в проекции ФК. Началом являлось ФК передней митральной створки отступя на 1 см от заднемедиальной комиссуры, далее линия шва проходила по ФК задней митральной створки, заканчивался шов на 1 см выше переднелатеральной комиссуры. Состоятельность пластики МК проверяли введением кардиopleгического раствора под давлением в ЛЖ (рис. 2, 3).

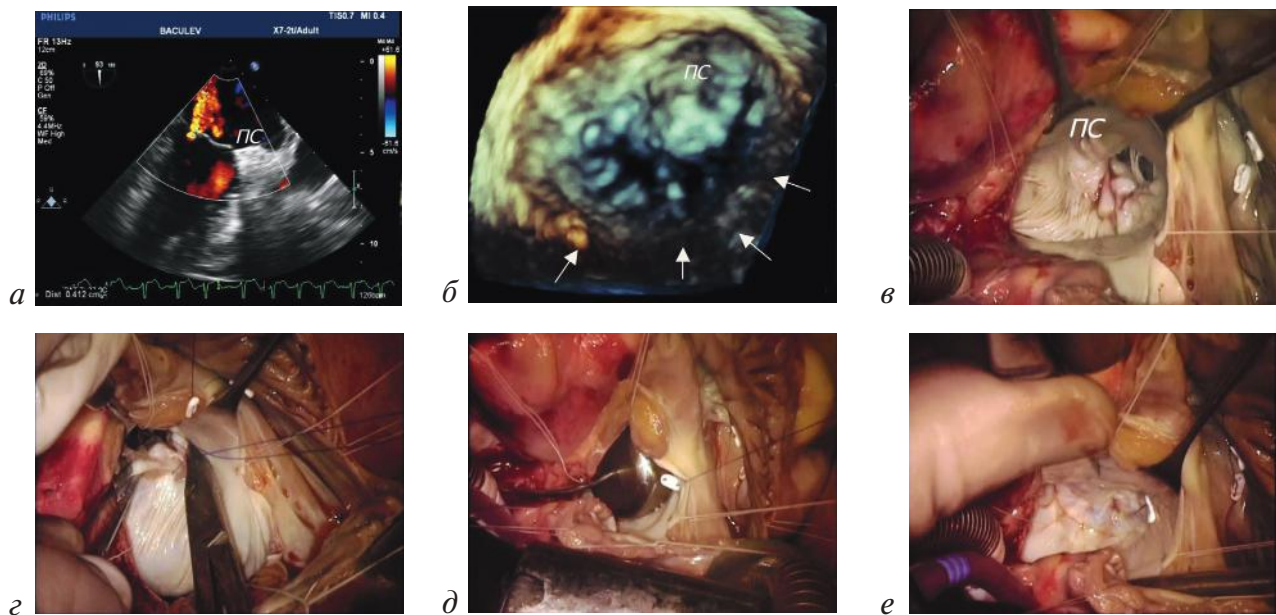


Рис. 2. Сопоставление диагностических и операционных данных:
a – чреспищеводная 2D ЭхоКГ; *б* – чреспищеводная 3D ЭхоКГ (стрелками указано расширенное фиброзное кольцо, струя регургитации вдоль последнего); *в* – интраоперационный вид митрального клапана, визуализируется нарушение коаптации; *г* – наложение швов по фиброзному кольцу; *д* – использование анатомического бужа; *е* – гидродинамическая проба.
 ПС – передняя створка митрального клапана

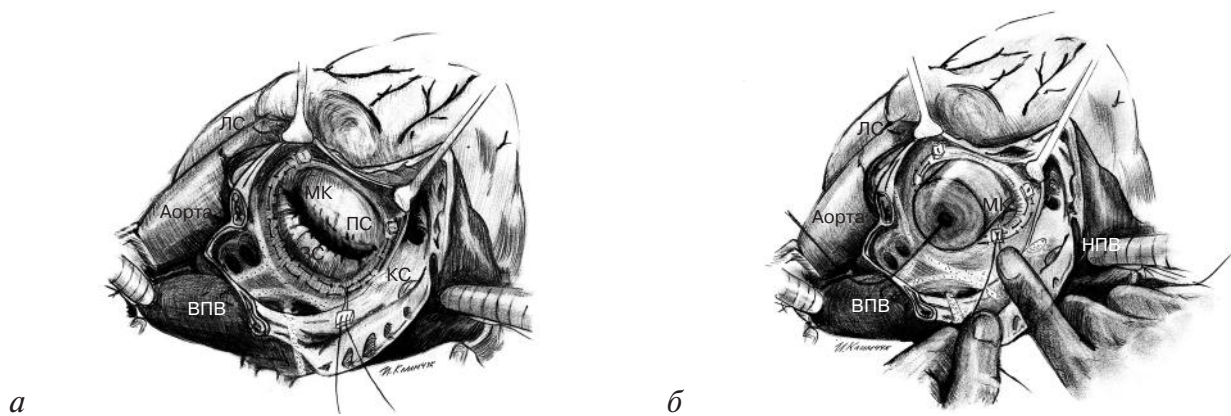


Рис. 3. Техника аннулопластики (*a*, *б*).
 ЛС – легочный ствол; МК – митральный клапан; ПС – передняя створка; ЗС – задняя створка; КС – коронарный синус; ВПВ – верхняя полая вена; НПВ – нижняя полая вена

Статистический анализ

Исходно определяли нормальность распределения как количественных, так и качественных полученных параметров. Мы использовали наиболее жесткий критерий – W-критерий Шапиро–Уилка. Было выявлено, что структура полученных данных частично не описывается законом нормального распределения. Поэтому дальнейшие исследования зависимостей проводили методами как параметрической, так и непараметрической статистики. Для сравнения двух зависимых выборок использовали непараметрический критерий Вилкоксона и параметрический двусторонний *t*-критерий Стьюдента (при нормальном распределении). Корреляционный анализ выполняли с применением непараметрического критерия Спирмена. Корреляцию считали высокой при $R=0,5-0,7$, средней – при $R=0,3-0,5$. Данные представлены в виде $M \pm SD$ (при нормальном распределении значений) или $Me (Q1;Q3)$ при распределении значений, отличном от нормального. Надежность используемых статистических оценок принимали не менее 95%. Использовали программные пакеты Microsoft Office Excel 2007, Statistica 10.0 (Statsoft, США).

Результаты

Получены средней силы обратные корреляции между объемом ЛП и площадью задней створки МК ($R=-0,586$), а также длиной задней створки ($R=-0,624$), прямая корреляция между объемом ЛП и митрально-аортальным углом ($R=0,487$). Подробно данные представлены в таблице 2.

Кроме того, были оценены корреляции морфометрических характеристик МК между

Таблица 2

Корреляции объема левого предсердия с морфометрическими характеристиками митрального клапана

Показатель	R
DAP	0,147
DIAP	-0,029
H	-0,044
C3D	0,064
A2D	-0,009
AHCVP	-0,059
DAP/DAIP	0,086
A3DE _{Ant}	-0,181
A3DE _{Post}	-0,586
V _{tent}	-0,113
V _{prol}	-0,132
L3DE A2	0,004
L3DE P2	-0,624
θ_{Ant}	-0,160
θ_{Post}	0,281
θ_{NPA}	-0,370
H _{tent}	-0,243
H _{prol}	-0,304
L2DAIP	-0,170
θ	0,487
L _{chordAl}	-0,113
L _{chordPm}	0,078

Примечание. Полужирным шрифтом выделены наиболее сильные корреляции.

собой. Избранные результаты корреляционного анализа представлены в таблице 3.

Получены средней силы прямые корреляции между: передне-задним диаметром ФК МК и периметром (окружностью) ФК МК ($R=0,451$), площадью ФК ($R=0,496$), площадью задней

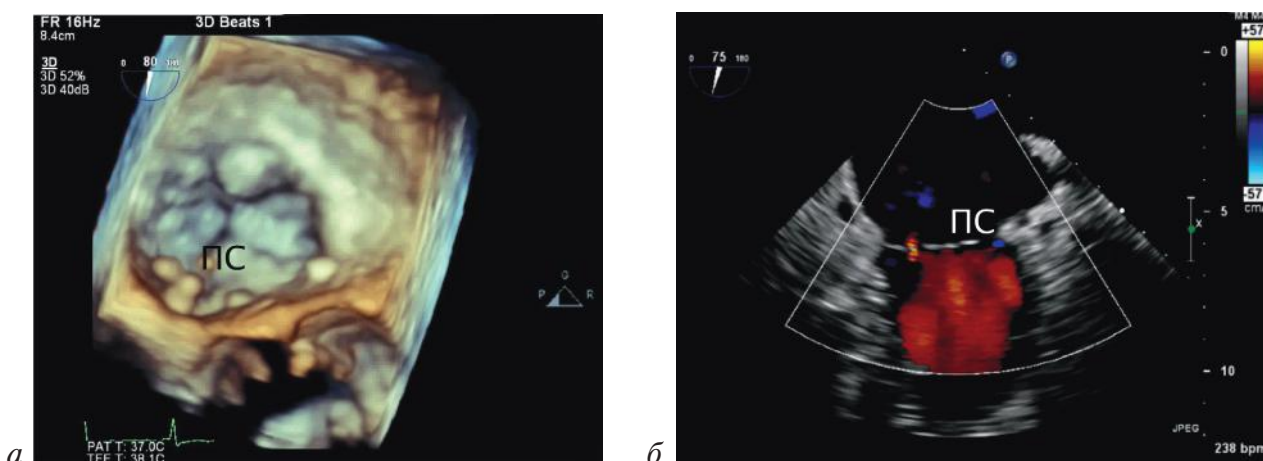


Рис. 4. Послеоперационное чреспищеводное ЭхоКГ-исследование через 12 мес после операции показало компетентность клапана после аннулопластики, отсутствие регургитации:

a – трехмерная эхокардиограмма; *б* – двухмерная эхокардиограмма

Таблица 3

Избранные результаты корреляционного анализа морфометрических характеристик митрального клапана

Показатель 1	Показатель 2	R
DAP	DIAP	0,405
	H	-0,023
	C3D	0,451
	A2D	0,496
	A3DE _{Ant}	0,109
	A3DE _{Post}	0,395
	θ_{Ant}	-0,092
	θ_{Post}	-0,289
	θ_{NPA}	0,201
	θ	-0,160
DIAP	H	0,035
	C3D	0,861
	A2D	0,910
	A3DE _{Ant}	0,590
	A3DE _{Post}	0,387
	θ_{Ant}	0,209
	θ_{Post}	-0,028
	θ_{NPA}	-0,054
	θ	-0,137
	C3D	V _{tent}
θ_{Ant}		0,132
θ_{Post}		0,169
θ_{NPA}		-0,272
A2D	θ_{Ant}	0,150
	θ_{Post}	0,037
	θ_{NPA}	-0,009
DAP/DAIP	A3DE _{Ant}	-0,432
	L3DE A2	-0,500
	θ_{Ant}	-0,272
	θ_{Post}	-0,267
	θ_{NPA}	0,243
A3DE _{Ant}	V _{tent}	0,590
A3DE _{Post}	H _{tent}	0,500
	θ	-0,410
V _{tent}	L2DAIP	0,387
L3DE A2	θ_{Ant}	0,064
	θ_{Post}	0,478
	θ_{NPA}	-0,242
	L2DAIP	0,120
	θ	0,220
	θ_{Ant}	0,226
	θ_{Post}	-0,350
θ_{NPA}	0,310	
θ_{Ant}	θ_{NPA}	-0,658
	θ_{NPA}	-0,385
	θ_{NPA}	-0,721
θ_{Post}	θ	0,414
	H _{tent}	-0,414
	L2DAIP	-0,245
θ_{NPA}	θ	-0,333

Примечание. Полужирным шрифтом выделены наиболее сильные корреляции.

створки ($R=0,395$), менее выраженная обратная корреляция с углом задней створки ($R=-0,289$).

Прямая корреляция отмечена между окружностью ФК МК и объемом тентинга створок ($R=0,373$). Также объем тентинга створок коррелирует с длиной дуги коаптации ($R=0,387$). При больших значениях площади передней створки наблюдаются большие объемы ($R=0,590$) и высота тентинга ($R=0,500$). Получена обратная корреляция между площадью задней створки и митрально-аортальным углом ($R=-0,410$).

Через 12 мес после пластики отмечена хорошая замыкательная функция клапанов (рис. 4).

Параметры фиброзного кольца

Передне-задний диаметр ФК МК (DAP) статистически значимо уменьшился с $36,3 \pm 2,9$ до $30,9 \pm 2,4$ мм ($p < 0,001$). Переднелатеральный-заднемедиальный диаметр ФК МК (DIAP) также статистически значимо уменьшился с $39,3$ ($37,4; 40,4$) до $32,4$ ($31; 34$) ($p < 0,001$) (табл. 4).

Определяющая трехмерную форму кольца высота ФК МК (H) статистически значимо увеличилась с $4,5$ ($3,3; 6,8$) до $6,4$ ($5,4; 7,8$) мм ($p < 0,001$). Также увеличился уровень высоты ФК (АНСVP) – с $13 \pm 5,7$ до $22 \pm 8\%$ ($p < 0,001$).

Было получено уменьшение площади ФК (A2D) и его периметра (C3D) с $1153,3 \pm 185,7$ до $847,1 \pm 103,8$ мм² и с $126,6 \pm 11,7$ до $109,2 \pm 8,5$ мм соответственно ($p < 0,001$).

Значимой динамики в показателе соотношения двух диаметров (DAP/DAIP) не обнаружено ($p=0,919$).

Параметры створок митрального клапана и коаптации

Отмечено уменьшение площадей в плоскости проекции ФК МК как передней створки (до операции – $746,4 \pm 198,4$ мм², после – 640 ± 181 мм², $p=0,009$), так и задней створки (до операции – 501 ($401; 583$) мм², после – 428 ($377; 482$) мм², $p < 0,001$).

Также отмечено увеличение длины дуги переднелатеральной-заднемедиальной коаптации в зоне проекции (L2DAIP) с 22 ($20; 26,3$) до 24 ($22; 28$) мм ($p=0,036$), что связано с уменьшением размеров ФК и формированием более глубокой коаптации.

Непланарный угол (θ_{NPA}) значимо уменьшился – стал более острым и составил 113 ($101; 119$)° по сравнению с дооперационным показателем $123,9$ ($113,8; 146$)° ($p < 0,001$).

Динамика морфометрических параметров митрального клапана по данным 3D ЭхоКГ до операции и через 12 мес

Параметр	Исходно	После операции	<i>p</i>
DAP, мм	36,3 ± 2,9	30,9 ± 2,4	< 0,001
DIAP, мм	39,3 (37,4;40,4)	32,4 (31;34)	< 0,001
H, мм	4,5 (3,3;6,8)	6,4 (5,4;7,8)	< 0,001
C3D, мм	126,6 ± 11,7	109,2 ± 8,5	< 0,001
A2D, мм ²	1153,3 ± 185,7	847,1 ± 103,8	< 0,001
AHCVP, %	13,0 ± 5,7	22 ± 8	< 0,001
DAP/DAIPM	0,940 (0,9;0,97)	0,960 (0,86;1,00)	0,919
A3DE _{Ant} , мм ²	746,4 ± 198,4	640 ± 181	0,009
A3DE _{Post} , мм ²	501 (401;583)	428 (377;482)	< 0,001
V _{tent} , мл	1,6 (1;3)	2,1 (1,6;3,2)	0,453
V _{prol} , мл	0 (0;0)	0 (0;0)	0,071
L3DE A2, мм	21,826 ± 3,800	21,5 ± 3,7	0,268
L3DE P2, мм	16,2 ± 3,8	12,9 ± 3,4	< 0,001
θ _{Ant} , °	25,3 ± 5,5	27,5 ± 6,4	0,017
θ _{Post} , °	30,7 ± 9,98	40,5 ± 11,0	< 0,001
θ _{NPA} , °	123,9 (113,8;146,0)	113 (101;119)	< 0,001
H _{tent} , мм	4,4 (3,5;6,3)	4,9 (3,9;6,9)	0,204
H _{prol} , мм	0,6 (0,1;1,0)	0,1 (0,1;0,6)	0,004
L2DAIP, мм	22 (20,0;26,3)	24 (22;28)	0,036
θ, °	149 (122,7;165,0)	138 (121;164)	1,000
L _{chordAl} , мм	19,4 (17,6;23,0)	19,8 (17,4;22,0)	0,683
L _{chordPm} , мм	19,30 ± 3,55	19,1 ± 3,3	0,925

Примечание. Данные представлены в виде $M \pm SD$ (при нормальном распределении значений) или Me (Q1;Q3) при распределении значений, отличном от нормального. Полужирным шрифтом выделены статистически значимые отличия.

Сравнение углов передней (θ_{Ant}) и задней (θ_{Post}) створок по отношению к плоскости ФК МК показало: угол передней створки до операции достоверно не изменился и составил $25,3 \pm 5,5^\circ$, после – $27,5 \pm 6,4^\circ$ ($p = 0,017$); угол задней створки увеличился ($p < 0,001$) после операции и составил $40,5 \pm 11,0^\circ$ по сравнению с дооперационными $30,70 \pm 9,98^\circ$. Объем тентинга после операции 2,1 (1,6;3,2) мл достоверно не изменился ($p = 0,453$) по сравнению с дооперационными его значениями 1,6 (1;3) мл. Митрально-аортальный угол (θ) после шовной аннулопластики не изменился. Длины хорд передне-латеральной и заднемедиальной групп мышц также достоверно не отличались в послеоперационном периоде по сравнению с таковыми до операции (см. таблицу 4).

Обсуждение

Нормальный митральный клапан является сложной анатомической структурой, состоящей из четырех основных компонентов, а именно: фиброзное кольцо, створки, сухожильные хорды и папиллярные мышцы. Правильная дея-

тельность комплекса зависит от нормальной функции каждого из компонентов. Фиброзное кольцо имеет седловидную форму, такая геометрия клапана необходима, чтобы уменьшить напряжение на створки МК во время систолы [15]. Существует два основных компонента, приводящих к снижению нагрузки на створки, – это прогиб створок и седловидная форма кольца. Такая форма кольца присутствует у всех видов млекопитающих, что косвенно свидетельствует о преимуществах, которые она обеспечивает.

Митральное ФК играет важную роль в сопоставлении створок, распределении нагрузки на МК при его закрытии, а также в содействии наполнению и опорожнению ЛП и ЛЖ. Нарушения геометрии и механики ФК сопряжены с рядом заболеваний, включая функциональную и ишемическую МР, пролапс МК, ФП, кальцификацию митрального кольца и подклапанных аневризм кольца [16]. Задняя часть ФК МК находится в непрерывной связи с задней стенкой ЛЖ и ЛП, что важно при развитии МР, ремоделировании левых отделов сердца, в частности – увеличении ЛП.

Подобно митральной недостаточности, заболеваемость и распространенность ФП увеличивается с возрастом. В 30–45% случаев пароксизмальная ФП и в 20–25% персистирующая ФП выявляются у молодых людей без другой кардиальной патологии [17].

Возникновение клапанной недостаточности – процесс многофакторный и зависит от дополнительной дисфункции и дилатации ЛЖ. Они изменяют баланс гемодинамического воздействия на створки клапана и создают условия для их неполного сопоставления. То есть требуется большая площадь створок, чтобы покрыть площадь кольца. У пациентов, имеющих длительный анамнез ФП, наблюдается сердечная недостаточность, аннулодилатация ФК МК и ТК, дисфункция ЛЖ, что является причиной клапанной недостаточности [7, 9]. В таких условиях кривизна створок снижается из-за уменьшения изгиба или «выбухания», напрямую связанного с дилатацией кольца. Как отмечал В.В. Виноградов в 1958 г., для получения благоприятного результата любая реконструктивная операция по поводу митральной недостаточности должна ликвидировать абсолютную потерю вальвулярной субстанции, гипертонос деформированных хорд и расширение митрального кольца [18].

Наибольшим преимуществом обладают аннулопластические операции на МК, при которых сохраняются все структуры клапана, уменьшается МР путем укорочения передне-задних и межкомиссуральных размеров и сокращения площади кольца.

Аннулопластика опорным кольцом, выполняемая как «золотой стандарт» при любой реконструкции, не отвечает в полной мере требованиям физиологичности коррекции. Развитие систолического движения передней митральной створки (SAM – systolic anterior movement) МК с обструкцией выводного тракта левого желудочка после имплантации опорного кольца может привести к серьезным послеоперационным гемодинамическим нарушениям [19, 20]. Методика предоперационной оценки геометрии МК позволяет определить тактику хирургической коррекции и возможные причины сохранения и прогрессирования МР после коррекции.

Ввиду того что вторичная МР оказывает худшее влияние на прогноз, нежели первичная, рекомендованы более жесткие критерии оценки ее тяжести [21]. J. Magne et al. предложили оценивать площадь натяжения, или тентинга (tenting area), в середине систолы. Под этим термином

подразумевается площадь многоугольника, заключенного между линией ФК и линией створок МК. Также было введено понятие коаптационного расстояния, определяемого как расстояние от линии ФК до точки соприкосновения створок. Кроме того, предложено оценивать длину натяжения передней створки (расстояние от крепления створки к ФК до точки изгиба), расстояние изгиба передней створки (перпендикуляр от плоскости ФК до точки изгиба) и длину задней створки. На основании данной методики рассчитывается угол задней створки. Если данный угол составляет 45° и более, это является предиктором сохранения и прогрессирования МР после аннулопластики. Площадь тентинга 2,5 см² и менее, а также коаптационное расстояние 1 см и более имеют высокую прогностическую значимость для оценки сохранения недостаточности МК после пластики [22].

В нашем исследовании мы оценивали морфометрические параметры кольца МК до и после шовной аннулопластики.

Индексированные значения, которые характеризуют трехмерную форму кольца, могут рассматриваться как определяющие при выборе тактики лечения. У пациентов с ФП в 77,8% случаев выявлены низкие показатели высоты кольца. Учитывая наши результаты, шовная аннулопластика может быть применима в случае дооперационно «плоских» митральных колец, так как такие кольца могут восстанавливать естественную седловидную форму в послеоперационном периоде при применении методики пластики.

Достаточное снижение нагрузки на створки достигается, когда отношение высоты ФК к переднелатерально-заднемедиальному диаметру в конце систолы равно 15–25% [23]. Данные значения высоты кольца схожи с показателями, которые получены нами в ходе анализа, и составляют $13 \pm 5,7\%$ до пластики и $22 \pm 8\%$ после пластики.

Как показывают отдаленные результаты, через 12 мес после пластики не отмечается редилатации ФК МК. Вогнутая форма МК подтверждается увеличением высоты колец, что связано со стабильностью структуры и снижает гидродинамическое воздействие на створки клапана, опосредованно увеличивая его резистентность. Именно такая форма кольца создает механическое преимущество для створок, снижает пиковую нагрузку на створки.

Оценивая коаптацию, необходимо помнить, что передняя створка МК больше по размеру и движется быстрее, чем задняя створка, однако

к зоне коаптации они приходят одновременно. При ФП происходит нарушение нескольких механизмов, влияющих на коаптацию, а именно: неполное закрытие клапана, потеря пресистолического уменьшения размера ФК (сокращения ФК за счет смежной мускулатуры ЛП и ЛЖ) и аннулодилатация, возникающая при хронизации процесса и ремоделировании. Изменения углов наклона створок и их взаимного расположения при этом напрямую сказываются на коаптации.

После применения шовной аннулопластики непланарный угол (угол, образованный между створками) уменьшился, что говорит о сближении передней и задней створок и увеличении коаптации. Во время систолы створки МК смыкаются не свободными краями, а значительной поверхностью шероховатой зоны, тем самым поддерживается замыкательная функция.

В нашем исследовании также идет речь о длине дуги переднелатерально-заднемедиальной коаптации в зоне проекции (L2DAIP). Мы получили увеличение данного значения после аннулопластики, что связано с уменьшением окружности ФК МК. То есть происходит более плотное соприкосновение створок, при этом их анатомическая (исходная) величина не изменилась.

Объем и размеры ЛП — величины динамические и могут зависеть от аритмии и объемной перегрузки при недостаточности МК. Площадь створок — величина, которая зависит от анатомии и структуры в определенный временной период (до и после пластики), наличия перфорации или отрыва хорд, кальцификации и т. д. В условиях расширенного ФК у пациентов с меньшей площадью задней митральной створки отмечена склонность к возникновению регургитации, при этом у всех этих больных наблюдалось увеличение ЛП. У пациентов с ФП МК имеет низкую резистентность к возникновению регургитации. Выполнение шовной аннулопластики приближает МК, находившийся в условиях ФП, к состоянию физиологической нормы, что повышает состоятельность клапана. Возможно введение термина «устойчивость МК к возникновению недостаточности». При одномоментном хирургическом лечении ФП и коррекции клапанной недостаточности при применении шовной аннулопластики повышается устойчивость к возникновению регургитации. Это достигается снижением ряда физических факторов, приводящих к сильной нагрузке на МК, а также устранением нерегулярного ритма сердца [24, 25].

Заключение

ФП вызывает нарушение функции МК, приводящее к клапанной недостаточности, через основные механизмы: аннулодилатацию, снижение индекса уровня высоты ФК (седловидности), увеличение непланарного угла (угла коаптации створок).

С учетом механизмов, приводящих к митральной недостаточности на фоне ФП, способом устранения клапанной недостаточности МК является шовная аннулопластика. В условиях расширенного ФК больные с меньшей площадью задней митральной стенки были склонны к возникновению регургитации, и у этих больных отмечены большие размеры ЛП. Выполнение шовной аннулопластики приближает МК, существовавший в условиях ФП, к состоянию физиологической нормы.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Библиографический список [References]

1. Grigioni F, Enriquez-Sarano M., Zehr K.J., Bailey K.R., Tajik A.J. Ischemic mitral regurgitation: long-term outcome and prognostic implications with quantitative Doppler assessment. *Circulation*. 2001; 103 (13): 1759–64. DOI: 10.1161/01.CIR.103.13.1759.
2. Бокерия Л.А., Шенгелия Л.Д. Изменения в сердце при фибрилляции предсердий. Часть I. Кардиопатия фибрилляции предсердий: новые дилеммы и старые проблемы. *Анналы аритмологии*. 2016; 13 (3): 138–47. DOI:10.15275/annaritm.2016.3.2. [Bockeria L.A., Shengeliya L.D. Changes in the heart associated with atrial fibrillation. Part I. Cardiopathy of atrial fibrillation: new dilemmas and old problems. *Annaly Aritmologii*. 2016; 13 (3): 138–47 (in Russ.). DOI:10.15275/annaritm.2016.3.2.]
3. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Мироненко М.Ю., Джобова Э.Р., Климчук И.Я. Структурное и функциональное состояние митрального и трикуспидального клапанов у больных с различными формами фибрилляции предсердий. *Анналы аритмологии*. 2016; 13 (3): 158–68. DOI:10.15275/annaritm.2016.3.4. [Bockeria L.A., Bockeria O.L., Mironenko M.Yu., Dzjobava E.R., Klimchuk I.Ya. Structural and functional condition of mitral and tricuspid valves in patients with various forms of atrial fibrillation. *Annaly Aritmologii*. 2016; 13 (3): 158–68 (in Russ.). DOI:10.15275/annaritm.2016.3.4.]
4. He S., Fontaine A.A., Schwammenthal E., Yoganathan A.P., Levine R.A. Integrated mechanism for functional mitral regurgitation. Leaflet restriction versus coapting force: in vitro studies. *Circulation*. 1997; 96 (6): 1826–34. DOI: 10.1161/01.CIR.96.6.1826.
5. Yiu S.F., Enriquez-Sarano M., Tribouilloy C., Seward J.B., Tajik A.J. Determinants of the degree of functional mitral regurgitation in patients with systolic left ventricular dysfunction: a quantitative clinical study. *Circulation*. 2000; 102 (12): 1400–6. DOI: 10.1161/01.CIR.102.12.1400.
6. Otsuji Y., Handschumacher M.D., Schwammenthal E., Jiang L., Song J.K., Guerrero J.L. et al. Insights from three-dimensional echocardiography into the mechanism of functional mitral regurgitation: direct in vivo demonstration of altered leaflet tethering geometry. *Circulation*. 1997; 96 (6): 1999–2008. DOI: 10.1161/01.CIR.96.6.1999.
7. Otsuji Y., Kumanohoso T., Yoshifuku S., Matsukida K., Koriyama C., Kisanuki A. et al. Isolated annular dilation does not usually cause important functional mitral regurgitation: comparison between patients with lone atrial fibrillation and those with idio-

- pathic or ischemic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002; 39 (10): 1651–6. DOI: 10.1016/S0735-1097(02)01838-7.
8. Tanimoto M., Pai R.G. Effect of isolated left atrial enlargement on mitral annular size and valve competence. *Am. J. Cardiol.* 1996; 77 (9): 769–74. DOI: 10.1016/S0002-9149(97)89217-X.
 9. Kihara T., Gillinov A.M., Takasaki K., Fukuda S., Song J.M., Shiota M., Shiota T. Mitral regurgitation associated with mitral annular dilation in patients with lone atrial fibrillation: an echocardiographic study. *Echocardiography.* 2009; 26 (8): 885–9. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2009.00904.x.
 10. Zhou X., Otsuji Y., Yoshifuku S., Yuasa T., Zhang H., Takasaki K. et al. Impact of atrial fibrillation on tricuspid and mitral annular dilation and valvular regurgitation. *Circ. J.* 2002; 66: 913–6. DOI: 10.1253/circj.66.913.
 11. Gertz Z.M., Raina A., Saghy L., Zado E.S., Callans D.J., Marchlinski F.E. et al. Evidence of atrial functional mitral regurgitation due to atrial fibrillation: reversal with arrhythmia control. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 58 (14): 1474–81. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.06.032.
 12. Liang J.J., Silvestry F.E. Mechanistic insights into mitral regurgitation due to atrial fibrillation: "atrial functional mitral regurgitation". *Trends Cardiovasc. Med.* 2016; 26 (8): 681–9. DOI: 10.1016/j.tcm.2016.04.012.
 13. Yamada R., Watanabe N., Kume T., Tsukiji M., Kawamoto T., Neishi Y. et al. Quantitative measurement of mitral valve coaptation in functional mitral regurgitation: in vivo experimental study by real-time three-dimensional echocardiography. *J. Cardiol.* 2009; 53 (1): 94–101. DOI: 10.1016/j.jicc.2008.09.005.
 14. Бокерия Л.А., Махачев О.А., Панова М.С., Филиппкина Т.Ю. Нормативные параметры сердца и его структур. Справочное пособие. 2-е изд. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2010: 70. [Bockeria L.A., Makhachev O.A., Panova M.S., Filippkina T.Yu. The normative parameters of the heart and its structures. Handbook. 2nd ed. Moscow: Nauchnyy Tsentr Serdechno-Sosudistoy Khirurgii imeni A.N. Bakuleva RAMN; 2010: 70 (in Russ.).]
 15. Levine R.A., Triulzi M.O., Harrigan P., Weyman A.E. The relationship of mitral annular shape to the diagnosis of mitral valve prolapse. *Circulation.* 1987; 75 (4): 756–67. DOI: 10.1161/01.CIR.75.4.756.
 16. Silbiger J.J. Anatomy, mechanics, and pathophysiology of the mitral annulus. *Am. Heart J.* 2012; 164 (2): 163–76. DOI: 10.1016/j.ahj.2012.05.014.
 17. Fuster V., Rydén L.E., Cannom D.S., Crijns H.J., Curtis A.B., Ellenbogen K. et al. 2011 ACCF/AHA/HRS Focused Updates Incorporated Into the ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for the management of patients with atrial fibrillation: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Developed in partnership with the European Society of Cardiology and in collaboration with the European Heart Rhythm Association and the Heart Rhythm Society. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011; 57 (11): e101–98. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.09.013.
 18. Шихвердиев Н.Н., Марченко С.П. Основы реконструктивной хирургии клапанов сердца. СПб: Дитон; 2007: 25. [Shikhverdiev N.N., Marchenko S.P. The basics of reconstructive surgery of heart valves. Saint-Petersburg: Diton; 2007: 25 (in Russ.).]
 19. Мироненко В.А. Хирургическое лечение недостаточности митрального клапана с сохранением архитектоники левого желудочка. Дис. ... д-ра мед. наук. М.; 2003. [Mironenko V.A. Surgical treatment of mitral regurgitation with preservation of the architectonics of the left ventricle. Diss. ... doctor med. sci. Moscow; 2003 (in Russ.).]
 20. Lancellotti P., Moura L., Pierard L.A., Agricola E., Popescu B.A., Tribouilloy C. et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur. J. Echocardiogr.* 2010; 11 (4): 307–32. DOI: 10.1093/ejechocard/jeq031.
 21. Новиков В.И., Новикова Т.Н. Клапанные пороки сердца. СПб: СпецЛит; 2015: 88. [Novikov V.I., Novikova T.N. Valvular disease. Saint-Petersburg: SpetsLit; 2015: 88 (in Russ.).]
 22. Magne J., Pibarot P., Dagenais F., Hachicha Z., Dumesnil J.G., Sénéchal M. Preoperative posterior leaflet angle accurately predicts outcome after restrictive mitral valve annuloplasty for ischemic mitral regurgitation. *Circulation.* 2007; 115 (6): 782–91. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.649236.
 23. Salgo I.S., Gorman J.H. 3rd, Gorman R.C., Jackson V.M., Bowen F.W., Plappert T. et al. Effect of annular shape on leaflet curvature in reducing mitral leaflet stress. *Circulation.* 2002; 106 (6): 711–7. DOI: 10.1161/01.CIR.0000025426.39426.83.
 24. Bockeria L.A., Bockeria O.L., Sanakoev M.K., Le T.G., Satyukova A.S., Ispiryay A.Yu. et al. Simultaneous surgical correction of atrial fibrillation and aortic valve replacement: immediate results after surgery. *Russian Open Medical Journal.* 2016; 5: e0404. DOI: 10.15275/rusomj.2016.0404.
 25. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Шварц В.А., Санакоев М.К., Испириян А.Ю., Фатулаев З.Ф., Ле Т.Г. Непосредственные результаты одномоментной хирургической коррекции фибрилляции предсердий и сложной патологии сердца. *Новости хирургии.* 2016; 24 (3): 227–33. DOI: 10.18484/2305-0047.2016.3.227. [Bockeria L.A., Bockeria O.L., Shvarts V.A., Sanakoev M.K., Ispiryay A.Yu., Fatulaev Z.F., Le T.G. The immediate results of one stage surgical correction of atrial fibrillation and complex pathology of the heart. *Novosti Khirurgii.* 2016; 24 (3): 227–33 (in Russ.). DOI: 10.18484/2305-0047.2016.3.227.]

Поступила 12.12.2016

Принята к печати 15.12.2016