

УДК 616.127

DOI 10.17802/2306-1278-2020-9-4-47-58

## ВЛИЯНИЕ МИЭКТОМИИ С ПЛАСТИКОЙ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА НА ТРЕХМЕРНУЮ МОДЕЛЬ КЛАПАНА И ОБСТРУКЦИЮ В ВЫВОДНОМ ОТДЕЛЕ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У БОЛЬНЫХ ГИПЕРТРОФИЧЕСКОЙ КАРДИОМИОПАТИЕЙ

Е.Н. Павлюкова<sup>1</sup>, А.Ф. Канев<sup>1</sup>, Д.И. Лебедев<sup>2</sup>, В.В. Евтушенко<sup>1</sup>, А.В. Евтушенко<sup>2</sup>, Р.С. Карпов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», ул. Киевская, 111а, Томск, Российская Федерация, 634012; <sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

ОРИГИНАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

### Основные положения

• В статье проанализировано влияние сочетанной миэктомии на трехмерную модель митрального клапана у больных обструктивной гипертрофической кардиомиопатией.

<b>Цель</b>	Оценить влияние миэктомии с пластикой митрального клапана (МК) на трехмерную модель клапана у больных обструктивной гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП).
<b>Материалы и методы</b>	Исследованы 24 пациента с ГКМП и обструкцией в выводном отделе левого желудочка (ВОЛЖ) более 50 мм рт. ст. в покое, которым выполнены миэктомия с пластикой МК по методике А. Carpentier (n = 8), О. Alfieri (по типу «край в край», n = 7) и резекцией вторичных хорд по Р. Ferrazzi (n = 9). Всем пациентам до и в течение двух недель после сочетанной операции выполнены стандартная трансторакальная эхокардиография и чреспищеводная трехмерная визуализация МК в реальном масштабе времени с последующей трехмерной количественной реконструкцией МК и расчетом показателей фиброзного кольца (ФК), створок и аортально-митрального угла.
<b>Результаты</b>	Независимо от метода пластики МК наблюдалось снижение градиента обструкции в ВОЛЖ. Не выявлено различий в величине резидуального градиента обструкции между применяемыми методиками пластики. У больных ГКМП после миэктомии в сочетании с пластикой задней створки МК по А. Carpentier величина снижения обструкции в ВОЛЖ коррелировала с непланарным углом ( $r = -0,83$ ; $p = 0,040$ ), индексом сферичности ( $r = 0,83$ ; $p = 0,04$ ) и снижением скорости движения ФК ( $r = 0,94$ ; $p = 0,005$ ). У пациентов после пластики МК по типу «край в край» (О. Alfieri) резидуальный градиент обструкции в ВОЛЖ связан с высотой ФК ( $r = 0,90$ ; $p = 0,04$ ) и отношением этой высоты к комиссуральному диаметру ФК МК ( $r = 0,90$ ; $p = 0,04$ ). После резекции вторичных хорд величина снижения градиента обструкции в ВОЛЖ коррелировала с индексом сферичности ( $r = 0,77$ ; $p = 0,03$ ), переднелатерально-заднемедиальным диаметром ФК ( $r = -0,72$ ; $p = 0,04$ ), углом передней ( $r = -0,78$ ; $p = 0,02$ ) и задней ( $r = -0,78$ ; $p = 0,02$ ) створок, отношением суммарной длины створок к переднезаднему диаметру ФК ( $r = -0,83$ ; $p = 0,01$ ), площадью ( $r = -0,76$ ; $p = 0,03$ ) и высотой ( $r = -0,95$ ; $p = 0,00$ ) тентинга створок МК.
<b>Заключение</b>	Миэктомия в сочетании с пластикой МК является предпочтительным способом лечения пациентов с ГКМП. При оценке трех методов пластики МК не выявлено различий в резидуальных градиентах обструкции в ВОЛЖ. Наиболее физиологичными технологиями коррекции динамической обструкции ВОЛЖ следует считать методики по типу «край в край».
<b>Ключевые слова</b>	Гипертрофическая кардиомиопатия • Митральный клапан • Трехмерная модель митрального клапана • Сочетанная миэктомия • Пластика митрального клапана

Поступила в редакцию: 05.10.2020; поступила после доработки: 15.11.2020; принята к печати: 30.11.2020

Для корреспонденции: Елена Николаевна Павлюкова, [pavluk@cardio-tomsk.ru](mailto:pavluk@cardio-tomsk.ru); адрес: ул. Киевская, 111а, Томск, Россия, 634012

Corresponding author: Elena N. Pavlyukova, [pavluk@cardio-tomsk.ru](mailto:pavluk@cardio-tomsk.ru); address: 111a, Kievskaya St., Tomsk, Russian Federation, 634012

## EFFECTS OF COMBINED MYECTOMY WITH MITRAL VALVE REPAIR ON A THREE-DIMENSIONAL MITRAL VALVE MODEL AND LEFT VENTRICLE OUTFLOW OBSTRUCTION IN PATIENTS WITH HYPERTROPHIC CARDIOMYOPATHY

E.N. Pavlyukova<sup>1</sup>, A.F. Kanev<sup>1</sup>, D.I. Lebedev<sup>2</sup>, V.V. Evtushenko<sup>1</sup>, A.V. Evtushenko<sup>2</sup>, R.S. Karpov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, 111a, Kievskaya St., Tomsk, Russian Federation, 634012; <sup>2</sup> Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, 6, Sosonoviy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

### Highlights

- The article reports the existing evidence on the effects of combined myectomy with mitral valve repair on a three-dimensional model of the mitral valve in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy.

### Aim

To assess the effects of combined myectomy with mitral valve repair on a three-dimensional model of the mitral valve in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy.

### Methods

24 patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy and left ventricular outflow obstruction over 50 mm Hg at rest were recruited in a study. Eight patients underwent combined myectomy with mitral valve repair according to the Carpentier method. Seven patients underwent the Alfieri's edge-to-edge repair, and nine patients underwent secondary chordae resection using the Ferrazzi's technique. Before combined myectomy and two weeks after it, all patients underwent standard transthoracic echocardiography and real-time 3D transesophageal imaging of the mitral valve, followed by quantitative 3D reconstruction of the mitral valve and calculation of the annulus, the leaflets, and the aorto-mitral angle.

### Results

Despite the selected mitral valve repair technique, we observed a decrease in the LVOT obstruction gradient. There were no differences in the residual obstruction gradient between the selected mitral valve repair technique. Patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy, who underwent combined myectomy and posterior mitral leaflet plasty valve according to the Carpentier approach, reported a correlation of a decrease in the LVOT obstruction with the non-planar angle ( $r = -0.83$ ;  $p = 0.040$ ), sphericity index ( $r = 0.83$ ;  $p = 0.04$ ) and a decrease in the velocity excursion of the annulus ( $r = 0.94$ ;  $p = 0.005$ ). Patients who underwent the Alfieri's edge-to-edge repair demonstrated that the residual LVOT obstruction gradient depended on the annulus height ( $r = 0.90$ ;  $p = 0.04$ ) and the ratio of this height to the commissural diameter of the annulus ( $r = 0.90$ ;  $p = 0.04$ ). After secondary chordae resection, a decrease in the LVOT obstruction gradient correlated with the sphericity index ( $r = 0.77$ ;  $p = 0.03$ ), the anterolateral-posteromedial annulus diameter ( $r = -0.72$ ;  $p = 0.04$ ), the anterior ( $r = -0.78$ ;  $p = 0.02$ ) and posterior ( $r = -0.78$ ;  $p = 0.02$ ) leaflets, the ratio of the total leaflet length to the anteroposterior diameter of the annulus ( $r = -0.83$ ;  $p = 0.01$ ), the area ( $r = -0.76$ ;  $p = 0.03$ ) and the mitral valve tenting height ( $r = -0.95$ ;  $p = 0.00$ ).

### Conclusion

Combined myectomy with mitral valve repair is the method of choice in the treatment of patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. The comparison of three mitral valve repair techniques did not reveal any differences in the residual LVOT obstruction gradient. However, the Alfieri's edge-to-edge repair may be considered as the most physiological technique to repair dynamic LVOT obstruction.

### Keywords

Hypertrophic cardiomyopathy • Mitral valve • Three-dimensional model of the mitral valve • Combined myectomy with mitral valve repair

*Received: 05.10.2020; received in revised form: 15.11.2020; accepted: 30.11.2020*

### Список сокращений

ВОЛЖ – выводной отдел левого желудочка	МК – митральный клапан
ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия	ФК – фиброзное кольцо
ЛЖ – левый желудочек	ЭхоКГ – эхокардиография

## Введение

Обструкция выводного отдела левого желудочка (ВОЛЖ) играет важную роль в патофизиологии и развитии клинических проявлений гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП). Повышение градиента давления в ВОЛЖ обусловлено статическим (за счет утолщения межжелудочковой перегородки) и динамическим (переднесистолическим движением передней створки митрального клапана (МК) – Systolic Anterior Motion, SAM) компонентами [1]. Как известно, SAM-синдром способствует развитию митральной регургитации [1, 2].

Подходы к хирургической коррекции обструкции менялись по мере того, как эволюционировали представления о механизмах ее формирования. Поскольку первоначально в качестве основной причины повышения градиента давления рассматривали асимметричную гипертрофию базального сегмента межжелудочковой перегородки, с целью ее коррекции была предложена миэктомия [3]. Операция Mогow продемонстрировала эффективность как в снижении градиента в ВОЛЖ, так и в устранении симптомов, и до сих пор является стандартом хирургической помощи данной категории больных [1].

В последующем во многом благодаря широкому внедрению в клиническую практику современных визуализирующих модальностей изменения аппарата МК, которые ранее считались у пациентов с ГКМП случайными и не имеющими клинического значения проявлениями, стали объектом пристального внимания ученых. Так, увеличение длины той или иной створки МК, превышающее два стандартных отклонения от медианы у здоровых лиц, у данной категории больных наблюдается в 30% случаев [4]. В последующем выявлены аномалии папиллярных мышц и хорд [5]. С признанием роли МК в развитии SAM-синдрома изменились подходы к ее лечению. Предложен ряд вмешательств, направленных на устранение влияния МК на повышение градиента давления в ВОЛЖ: от протезирования до пластики МК [4]. Все предложенные оперативные методы пластики МК показали удовлетворительную безопасность и высокую эффективность. Доказано, что сочетанная миэктомия в большей степени снижает градиент обструкции в ВОЛЖ по сравнению с изолированной операцией [6]. Однако не до конца изучено, какие изменения МК после сочетанной миэктомии способствуют большему снижению градиенту обструкции в ВОЛЖ у больных ГКМП.

**Цель исследования** – оценить влияние миэктомии с пластикой митрального клапана на трехмерную модель МК у больных обструктивной ГКМП.

## Материал и методы

В анализ включены 24 пациента с обструктивной ГКМП. Критериями включения служили градиент в ВОЛЖ  $>50$  мм рт. ст. в покое или после про-

бы Вальсальвы; симптомы сердечной недостаточности, соответствующие II–IV функциональному классу по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (NYHA) на фоне адекватно подобранной медикаментозной терапии [7]. Критериями исключения были первичная патология аортального или митрального клапана, дилатация полости ЛЖ, фракция выброса ЛЖ  $<50\%$ , стенозы коронарных артерий  $>50\%$  по данным коронарной ангиографии, отказ от хирургического вмешательства.

Пациенты случайным образом разделены на три группы в зависимости от типа вмешательства на МК: в первую группу вошли 8 пациентов, которым выполнена пластика МК по A. Carpentier [8]; вторую группу составили 7 пациентов, перенесших пластику МК по типу «край в край» O. Alfieri [9]; пациентам третьей группы ( $n = 9$ ) проводили резекцию вторичных хорд по P. Ferrazzi [10]. Клиническая характеристика пациентов приведена в табл. 1. Пациенты трех групп не различались по возрасту, полу, индексу массы тела, выраженности симптомов сердечной недостаточности, частоте приема препаратов.

От всех пациентов, включенных в исследование, получено информированное добровольное согласие на участие и выполнение сочетанной миэктомии. Исследование одобрено локальным этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 196 от 08.04.2020).

Всем пациентам до и в течение двух недель после вмешательства выполнены стандартная трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ), а также чреспищеводная трехмерная визуализация МК в реальном масштабе времени с последующей трехмерной количественной реконструкцией. ЭхоКГ проведена на ультразвуковой системе Vivid E9 (GE Healthcare, США), с использованием датчиков M5S и 6VT-D. Протокол стандартной ЭхоКГ включал проведение исследования в двухмерном режиме из парастернальной позиции по короткой оси ЛЖ на уровне фиброзного кольца (ФК) МК, папиллярных мышц и верхушки ЛЖ, а также апикальных позиций на уровне двух и четырех камер и по длинной оси ЛЖ. Из апикального доступа на уровне двух и четырех камер оценивали конечные систолический и диастолический объемы, фракцию выброса ЛЖ и объем левого предсердия (по методу Simpson) [11]. Массу миокарда ЛЖ рассчитывали согласно рекомендациям. Критерием гипертрофии ЛЖ считали значение индексированной массы миокарда ЛЖ  $95$  г/м<sup>2</sup> и более у женщин и  $115$  г/м<sup>2</sup> и более у мужчин [11]. Степень нарушения диастолической функции ЛЖ оценивали в соответствии с рекомендациями [12]. Максимальный и средний градиенты давления в ВОЛЖ определяли из апикальной позиции на уровне пяти камер с помощью постоянного доплерографического режима [1]. Степень митральной регургитации исследовали методом PISA согласно рекомендациям [13].

Трехмерная визуализация сердца в реальном масштабе времени выполнена с максимальной визуализацией ВОЛЖ, митрального, аортального клапанов и восходящего отдела аорты [14]. Трехмерная реконструкция МК с последующим количественным анализом проведена в режиме офлайн с применением опции Valve в программе Echocor (версия 202). Определяли конечный диастолический и систолический кадр, на котором выравняли многоплоскостные проекции МК, размещали референтные точки ФК МК. После компьютерной обработки автоматически формировалась трехмерная модель МК, вычислялись показатели фиброзного кольца и створок МК, их динамические характеристики и угол между ФК аортального и митрального клапанов (табл. 2). До вмешательства пациенты трех групп не отличались по показателям геометрии ФК, створок МК, а также динамическим критериям.

### Статистический анализ

Для проверки нормальности распределения использован критерий Шапиро – Уилка. Поскольку нулевую гипотезу пришлось отвергнуть, для статистической обработки применяли непараметрические критерии. Критерии Манна – Уитни (t-test) и Краскела – Уоллиса (ANOVA) использованы для выявления различий между исследованными группами по количественным признакам, критерий Спирмена – для поиска корреляционных связей. Для оценки различий показателей, оцениваемых в

динамике, применяли непараметрический критерий Уилкоксона. Для выявления различий по показателям, представленным в номинативной шкале, использован хи-квадрат (критерий Пирсона). Результаты представлены в виде медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05.

### Результаты

Данные стандартной трансторакальной ЭхоКГ после операции представлены в табл. 3.

Во всех группах после вмешательства наблюдалось закономерное уменьшение толщины межжелудочковой перегородки и индексируемой массы миокарда ЛЖ. Увеличение КСО наблюдалось только у пациентов с пластикой МК по типу «край в край» (O. Alfieri) Толщина задней стенки, конечный диастолический ЛЖ, объем левого предсердия, типы диастолической дисфункции ЛЖ значимо не менялись во время оперативного вмешательства. У всех пациентов с ГКМП, независимо от методики пластики МК, наблюдалось выраженное снижение максимального и среднего градиентов давления в ВОЛЖ. Не выявлено различий в величине резидуального градиента обструкции между применяемыми методиками пластики МК. Объем митральной регургитации снижался у всех пациентов с ГКМП.

Показатели трехмерной количественной реконструкции МК после сочетанной миэктомии представлены в табл. 4.

**Таблица 1.** Клиническая характеристика больных гипертрофической кардиомиопатией  
**Table 1.** Clinical characteristics of patients with hypertrophic cardiomyopathy

Показатель / Parameter	Подгруппы больных ГКМП, разделенные по пластике МК / Subgroups of patients with HCM depending on the MV repair technique			p
	A. Carpentier, n = 8 Me (Q1–Q3)	O. Alfieri, n = 7 Me (Q1–Q3)	P. Ferrazzi, n = 9 Me (Q1–Q3)	
Мужчины / Men, n (%)	3 (37,5)	3 (42,9)	3 (33,3)	0,93
Возраст, г / Age, years	46,5 (42,0–63,5)	57,0 (53,0–62,0)	61,0 (60,0–68,0)	0,70
Индекс массы тела, см/кг <sup>2</sup> / Body mass index, sm/kg <sup>2</sup>	30,5 (26,2–36,8)	29,3 (26,2–36,8)	30,5 (27,7–33,1)	0,90
Площадь поверхности тела, м <sup>2</sup> / Body surface area, m <sup>2</sup>	2,0 (1,9–2,1)	1,9 (1,8–2,0)	1,9 (1,8–2,0)	0,39
ЧСС, уд/мин / HR, bpm	66,0 (52,0–69,0)	61,0 (58,0–65,0)	62,0 (60,0–68,0)	0,69
САД, мм рт. ст. / SBP, mm Hg	140 (130–140)	138 (126–140)	130 (130–140)	0,71
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mm Hg	80 (80–90)	78 (67–80)	80 (78–82)	0,16
Функциональный класс сердечной недостаточности по классификации NYHA / NYHA class, n (%):				
II	4 (50,0)	3 (42,9)	3 (33,3)	0,76
III	3 (37,5)	3 (42,9)	6 (66,7)	
IV	1 (12,5)	1 (14,3)	0	
Прием $\beta$ -адреноблокаторов / Beta – blockers, n (%)	4 (50,0)	5 (71,4)	5 (55,6)	0,69
Прием диуретиков / Diuretics, n (%)	3 (37,5)	3 (42,9)	1 (11,1)	0,31
Прием блокаторов РААС / RAAS blockers, n (%)	2 (25,0)	4 (57,1)	4 (44,4)	0,44

**Примечание:** ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия; ДАД – диастолическое артериальное давление; МК – митральный клапан; РААС – ренин-ангиотензин-альдостероновая система; САД – систолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений.  
**Note:** DBP – diastolic blood pressure; HCM – hypertrophic cardiomyopathy; HR – heart rate; MV – mitral valve; RAAS – renin-angiotensin-aldosterone system; SBP – systolic blood pressure.

**Таблица 2.** Показатели фиброзного кольца, створок митрального клапана и аортально-митральный угол у больных ГКМП до сочетанной микэтомии

**Table 2.** Mitral annulus, mitral leaflets and aorto-mitral angle in patients with HCM before combined myectomy

Показатель / Parameters indexed by body area	Подгруппы больных ГКМП, разделенные по технике МК / Subgroups of patients with HCM depending on the MV repair technique			P
	A. Carpentier, n = 8 Me (Q1–Q3)	O. Alfieri, n = 7 Me (Q1–Q3)	P. Ferrazzi, n = 9 Me (Q1–Q3)	
Переднезадний диаметр, см/м <sup>2</sup> / A-P diameter, cm/m <sup>2</sup>	1,65 (1,46–2,06)	1,68 (1,50–1,94)	1,52 (1,29–1,67)	0,47
Переднелатеральный-заднемедиальный диаметр, см/м <sup>2</sup> / PM-AL diameter, cm/m <sup>2</sup>	1,72 (1,61–2,17)	1,85 (1,65–1,96)	1,72 (1,65–2,05)	0,99
Индекс сферичности ФК МК, усл. ед. / Sphericity index, c.u.	0,93 (0,82–1,00)	0,90 (0,70–1,00)	0,80 (0,70–0,90)	0,35
Комиссуральный диаметр, см/м <sup>2</sup> / Commissural diameter, cm/m <sup>2</sup>	1,69 (1,59–2,12)	1,77 (1,68–1,79)	1,70 (1,60–1,97)	1,00
Интертригональное расстояние, см/м <sup>2</sup> / Inter-trigonal distance, cm/m <sup>2</sup>	1,20 (1,15–1,27)	1,39 (1,35–1,43)	1,31 (1,14–1,54)	0,36
Периметр кольца, см/м <sup>2</sup> / Annulus perimeter, cm/m <sup>2</sup>	5,89 (5,60–6,79)	6,56 (5,90–6,63)	5,57 (5,26–6,50)	0,75
Площадь кольца (2D), см <sup>2</sup> / Annulus area (2D), cm <sup>2</sup>	4,85 (4,18–6,47)	5,35 (4,22–6,09)	4,24 (3,52–5,63)	0,51
Площадь кольца (3D), см/м <sup>2</sup> / Annulus area (3D), cm/m <sup>2</sup>	5,39 (4,29–6,83)	5,91 (4,57–6,60)	4,73 (4,06–6,16)	0,76
Высота кольца, мм/м <sup>2</sup> / Annulus height, mm/m <sup>2</sup>	3,83 (3,76–3,91)	3,62 (3,59–4,35)	4,14 (3,63–4,19)	0,64
Отношение высоты к комиссуральному диаметру, усл. ед. / The ratio of height to commissural diameter, c.u.	2,2 (2,0–2,5)	2,1 (1,9–2,4)	2,3 (2,0–2,7)	0,94
Непланарный угол / Non-planar angle	154,4 (141,5–167,4)	140,5 (133,0–145,0)	148,5 (138,0–162,0)	0,20
Аортально-митральный угол / Aorto-mitral angle, °	137,5 (121,7–153,9)	145,0 (131,0–146,0)	137,0 (125,0–144,5)	0,59
Длина передней створки МК, см/м <sup>2</sup> / Anterior leaflet length, cm/m <sup>2</sup>	1,11 (1,00–1,35)	1,40 (0,95–1,50)	1,05 (0,81–1,25)	0,55
Длина задней створки МК, см/м <sup>2</sup> / Posterior leaflet length, cm/m <sup>2</sup>	0,88 (0,87–0,90)	1,00 (0,93–1,21)	0,96 (0,79–1,07)	0,62
Отношение длины передней створки к длине задней, усл. ед. / The ratio of the anterior leaflet length to the posterior leaflet length, c.u.	1,18 (1,13–1,56)	1,13 (1,10–1,15)	1,26 (0,87–1,67)	0,88
Общая длина створок, см/м <sup>2</sup> / the total leaflet lengths, cm/m <sup>2</sup>	2,21 (1,88–3,04)	2,43 (1,95–2,61)	1,94 (1,68–2,10)	0,34
Отношение суммы длин створок к переднезаднему диаметру, усл. ед. / The ratio of the total leaflet lengths to the A-P diameter, c.u.	1,24 (1,23–1,61)	1,44 (1,30–1,52)	1,33 (1,23–1,43)	0,51
Площадь передней створки, см/м <sup>2</sup> / Anterior leaflet area, cm/m <sup>2</sup>	2,96 (2,56–4,86)	3,03 (2,72–3,45)	2,74 (2,40–3,41)	0,70
Площадь задней створки, см/м <sup>2</sup> / Posterior leaflet area, cm/m <sup>2</sup>	3,64 (3,10–4,58)	3,40 (3,35–4,98)	3,63 (2,88–4,04)	0,75
Отношение площади передней створки к площади задней, усл. ед. / The ratio of the anterior leaflet area to the posterior leaflet area, c.u.	0,84 (0,81–1,06)	0,70 (0,61–0,81)	0,81 (0,75–0,90)	0,11
Общая площадь створок, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> / Total leaflet area, cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	6,59 (5,66–9,44)	6,85 (6,07–8,01)	6,49 (5,28–7,59)	0,73
Отношение общей площади створок к площади кольца (3D), усл. ед. / The ratio of the total leaflet area to the annulus area (3D), c.u.	1,35 (1,24–1,43)	1,33 (1,16–1,42)	1,26 (1,16–1,34)	0,72
Угол передней створки / Anterior leaflet angle, °	28,0 (26,0–31,0)	40,0 (33,0–43,0)	35,0 (28,0–43,0)	0,38
Угол задней створки / Posterior leaflet angle, °	35,0 (33,0–36,0)	48,0 (40,0–52,0)	41,0 (32,0–51,5)	0,09
Передняя длина линии смыкания створок (3D), см/м <sup>2</sup> / Anterior coaptation length (3D), cm/m <sup>2</sup>	2,14 (1,93–2,72)	2,12 (1,68–2,49)	1,90 (1,74–2,04)	0,25
Задняя длина линии смыкания створок (3D), см/м <sup>2</sup> / Posterior coaptation length (3D), cm/m <sup>2</sup>	2,14 (1,92–2,46)	2,12 (1,68–2,41)	1,89 (1,58–2,09)	0,48
Высота тентинга, мм/м <sup>2</sup> / Tenting height, mm/m <sup>2</sup>	6,46 (5,26–7,68)	6,98 (5,71–8,10)	5,55 (4,64–7,17)	0,42
Площадь тентинга, см/м <sup>2</sup> / Tenting area, cm/m <sup>2</sup>	1,36 (0,86–1,43)	1,35 (0,99–1,43)	0,95 (0,75–1,30)	0,46
Объем тентинга, мл/м <sup>2</sup> / Tenting volume, ml/m <sup>2</sup>	1,26 (0,61–1,47)	1,26 (1,18–2,29)	1,12 (0,96–1,65)	0,40
Смещение кольца МК, мм / Mitral annulus excursion, mm	6,6 (5,1–8,2)	6,8 (5,0–8,5)	5,6 (4,0–6,6)	0,40
Максимальная скорость смещения кольца МК, мм/с / Max mitral annular plane velocity, mm/s	50,6 (43,7–70,5)	46,6 (38,6–59,9)	41,1 (31,4–48,2)	0,28
Фракция объема тентинга / Tenting volume fraction, %	47,0 (36,3–84,7)	41,7 (37,4–44,1)	33,5 (31,5–40,9)	0,23
Фракция площади кольца (2D) / 2D annular area fraction, %	3,6 (1,5–11,4)	4,1 (0,6–5,8)	2,0 (1,5–3,7)	0,56

**Примечание:** ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия; МК – митральный клапан; ФК – фиброзное кольцо.  
**Note:** AL-PM – anterolateral-posteromedial; HCM – hypertrophic cardiomyopathy; MV – mitral valve, A-P – anterior-posterior.

**Таблица 3.** Изменения внутрисердечной гемодинамики, градиента обструкции в ВОЛЖ, объема митральной регургитации после сочетанной миэктомии у больных ГКМП**Table 3.** Changes in parameters of intracardiac hemodynamics, LVOT obstruction gradient, and mitral regurgitation after combined myectomy in patients with HCM

Показатель / Parameter	Срок исследования / study duration	Подгруппы больных ГКМП, разделенные по технике МК / Subgroups of patients with HCM depending on the MV repair technique			p
		A. Carpentier, n = 8 Me (Q1–Q3)	O. Alfieri, n = 7 Me (Q1–Q3)	P. Ferrazzi, n = 9 Me (Q1–Q3)	
Межжелудочковая перегородка, мм / Interventricular septum, mm	До / Before	18,5 (16,0–22,5)	22,0 (20,0–23,0)	19,0 (17,0–21,0)	0,49
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	15,0 (13,0–15,0)***	16,0 (15,0–18,0)**	12,0 (10,0–13,0)*	0,06
Задняя стенка левого желудочка, мм / Left ventricular posterior wall, mm	До / Before	14,5 (13,0–15,5)	15,0 (13,0–16,0)	12,0 (11,0–14,0)	0,28
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	11,0 (11,0–12,0)	13,6 (13,0–14,0)	13,0 (10,0–13,0)	0,45
Индекс массы миокарда ЛЖ, г/м <sup>2</sup> / LV myocardial mass index, g/m <sup>2</sup>	До / Before	192,9 (163,2–212,2)	151,6 (145,4–217,9)	136,5 (121,9–185,8)	0,15
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	115,5 (106,5–133,5)***	138,0 (129,0–164,0)***	111,5 (77,0–146,0)**	0,10
Конечный диастолический объем, мл / End-diastolic volume, mL	До / Before	115,5 (101,0–122,0)	73,0 (53,0–94,0)*	62,0 (54,0–68,0)*	0,001
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	113,0 (85,0–130,0)	96,0 (82,0–103,0)	64,0 (54,0–104,0)	0,16
Конечный систолический объем, мл / End-systolic volume, mL	До / Before	20,0 (16,0–26,0)	15,0 (9,0–22,0)	13,0 (8,0–16,0)*	0,03
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	27,5 (21,0–46,0)**	30,0 (19,0–35,0)	16,0 (15,0–35,0)	0,48
Фракция выброса ЛЖ / LVEF, %	До / Before	83,0 (75,5–83,6)	73,0 (70,0–86,0)	77,0 (73,0–87,0)	0,77
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	71,5 (65,0–78,0)*	66,0 (62,0–77,0)*	67,0 (63,0–75,0)	0,82
Объем левого предсердия, мл/м <sup>2</sup> / Left atrial volume, mL/m <sup>2</sup>	До / Before	67,7 (54,0–145,0)	53,5 (42,6–62,9)	55,7 (45,3–60,6)	0,12
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	55,9 (50,0–65,0)	62,2 (45,3–64,6)	38,0 (31,0–58,0)	0,26
Тип диастолической дисфункции ЛЖ / Type of diastolic LV dysfunction, n (%):					
I	До / Before	5 (62,5)	6 (85,7)	6 (66,7)	0,60
II		2 (25,0)	1 (14,3)	2 (22,2)	
III		0	0	1 (11,1)	
I	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	3 (37,5)	4 (57,1)	5 (55,6)	0,87
II		4 (50,0)	3 (42,9)	1 (11,1)	
III		0	0	1 (11,1)	
Степень митральной регургитации / Mitral regurgitation grade, n (%):					
I	До / Before	2 (25,0)	3 (42,9)	7 (77,8)	0,79
II		1 (12,5)	2 (28,6)	1 (11,1)	
III		2 (25,0)	0	0	
I	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	3 (37,5)	2 (28,6)	2 (22,2)	0,35
II		1 (12,5)	1 (14,3)	0	
III		0	0	0	
Объем митральной регургитации, мл / Mitral regurgitant volume, mL	До / Before	20,0 (7,0–38,0)	18,0 (11,0–24,0)	20,0 (10,0–20,0)	0,99
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	10,5 (0,0–13,0)**	0 (0,0–11,0)*	0,0 (0,0–13,5)**	0,30
Максимальный градиент в ВОЛЖ, мм рт. ст. / Max LVOT gradient, mm Hg	До / Before	81,7 (74,5–84,7)	65,0 (47,9–85,7)	67,4 (54,3–74,6)	0,14
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	8,9 (4,0–12,0)***	10,8 (8,5–12,0)***	8,9 (7,3–11,9)***	0,71
Средний градиент в ВОЛЖ, мм рт. ст. / mean LVOT gradient, mm Hg	До / Before	35,2 (33,1–41,1)	31,4 (16,8–45,7)	27,3 (17,5–32,6)	0,28
	После сочетанной миэктомии / After combined myectomy	4,6 (1,4–7,8)***	4,8 (3,8–5,3)***	4,2 (4,0–5,4)***	0,91

**Примечание:** \*\*\* $p < 0,001$ , \*\* $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$  по сравнению до операционным периодом; ВОЛЖ – выводной отдел левого желудочка; ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия; ЛЖ – левый желудочек; МК – митральный клапан.

**Note:** \*\*\* $p < 0.001$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \* $p < 0.05$  in comparison with the preoperative values; HCM – hypertrophic cardiomyopathy; LV – left ventricle; LVEF – left ventricular ejection fraction, LVOT – left ventricle outflow tract; MV – mitral valve.

**Таблица 4.** Показатели трехмерной реконструкции МК у больных ГКМП в раннем периоде после сочетанной миксэтомии  
**Table 4.** 3D reconstruction of the mitral valve in HCM patients after combined myectomy in the early postoperative period

Показатель / Parameters indexed by body area	Подгруппы больных ГКМП, разделенные по пластике МК / Subgroups of patients with HCM depending on the MV repair technique			P
	A. Carpentier, n = 8 Me (Q1–Q3)	O. Alfieri, n = 7 Me (Q1–Q3)	P. Ferrazzi, n = 9 Me (Q1–Q3)	
Переднезадний диаметр, см/м <sup>2</sup> / A-P diameter, cm/m <sup>2</sup>	1,57 (1,28–1,75)	1,84 (1,68–2,17)	1,68 (1,56–1,76)	0,09
Переднелатеральный-заднемедиальный диаметр, см/м <sup>2</sup> / PM-AL diameter, cm/m <sup>2</sup>	1,72 (1,47–2,12)	2,15 (1,87–2,37)	1,96 (1,89–2,05)	0,14
Индекс сферичности ФК МК, усл. ед. / Sphericity index, c.u.	0,82 (0,80–0,95)	0,85 (0,80–0,90)	0,90 (0,80–0,90)	1,00
Комиссуральный диаметр, см/м <sup>2</sup> / Commissural diameter, cm/m <sup>2</sup>	1,56 (1,34–2,07)*	2,10 (1,87–2,20)	1,82 (1,79–1,93)	0,049
Интертригональное расстояние, см/м <sup>2</sup> / Inter-trigonal distance, cm/m <sup>2</sup>	1,15 (1,01–1,20)*	1,44 (1,21–1,74)	1,39 (1,25–1,46)	0,02
Периметр кольца, см/м <sup>2</sup> / Annulus perimeter, cm/m <sup>2</sup>	5,67 (4,78–6,35)	7,01 (5,56–7,35)	6,09 (5,87–6,39)	0,08
Площадь кольца (2D), см <sup>2</sup> / Annulus area (2D), cm <sup>2</sup>	4,72 (3,28–5,53)	6,51 (4,56–7,01)	5,09 (4,50–5,68)	0,05
Площадь кольца (3D), см/м <sup>2</sup> / Annulus area (3D), cm/m <sup>2</sup>	5,19 (3,52–5,78)	6,85 (4,93–7,52)	5,38 (4,83–6,11)	0,06
Высота кольца, мм/м <sup>2</sup> / Annulus height, mm/m <sup>2</sup>	2,79 (2,66–3,59)	3,92 (3,01–5,01)	3,54 (2,11–4,23)	0,41
Отношение высоты к комиссуральному диаметру, усл. ед. / The ratio of height to commissural diameter, c.u.	1,76 (1,44–2,16)	1,89 (1,37–2,53)	2,24 (1,16–2,57)	0,92
Непланарный угол / Non-planar angle	156,3 (153,0–161,0)	149,0 (135,0–160,0)	151,0 (141,0–165,0)	0,44
Аортально-митральный угол / Aorto-mitral angle, °	139,0 (129,4–146,0)	141,0 (131,0–150,0)	141,5 (136,5–149,0)	0,64
Длина передней створки МК, см/м <sup>2</sup> / Anterior leaflet length, cm/m <sup>2</sup>	1,06 (1,01–1,13)	1,40 (1,21–1,50)	1,23 (1,14–1,30)	0,05
Длина задней створки МК, см/м <sup>2</sup> / Posterior leaflet length, cm/m <sup>2</sup>	0,74 (0,72–0,75)*	1,19 (0,93–1,33)	0,81 (0,77–0,85)*	0,005
Отношение длины передней створки к длине задней, усл. ед. / The ratio of the anterior leaflet length to the posterior leaflet length, c.u.	1,43 (1,40–1,50)*	1,23 (1,19–1,29)	1,45 (1,36–1,59)*	0,01
Общая длина створок, см/м <sup>2</sup> / the total leaflet lengths, cm/m <sup>2</sup>	1,80 (1,72–1,89)*	2,64 (2,14–2,85)	2,07 (1,95–2,15)	0,02
Отношение суммы длин створок к переднезаднему диаметру, усл. ед. / The ratio of the total leaflet lengths to the A-P diameter, c.u.	1,38 (1,26–1,38)	1,31 (1,24–1,49)	1,18 (1,15–1,26)	0,12
Площадь передней створки, см/м <sup>2</sup> / Anterior leaflet area, cm/m <sup>2</sup>	2,57 (1,87–5,50)	3,59 (2,86–4,57)	2,81 (2,41–3,41)	0,45
Площадь задней створки, см/м <sup>2</sup> / Posterior leaflet area, cm/m <sup>2</sup>	2,36 (2,11–3,41)*	4,60 (3,03–5,63)	3,53 (2,73–3,89)	0,01
Отношение площади передней створки к площади задней, усл. ед. / The ratio of the anterior leaflet area to the posterior leaflet area, c.u.	1,11 (0,89–1,63)*	0,77 (0,72–1,02)	0,84 (0,77–1,04)	0,03
Общая площадь створок, см <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> / Total leaflet area, cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	4,89 (3,98–8,91)	8,68 (5,66–9,97)	6,34 (5,51–7,24)	0,17
Отношение общей площади створок к площади кольца (3D), усл. ед. / The ratio of the total leaflet area to the annulus area (3D), c.u.	1,30 (1,18–1,54)	1,19 (1,12–1,32)	1,15 (1,11–1,24)	0,34
Угол передней створки / Anterior leaflet angle, °	28,0 (19,0–31,0)	32,5 (29,0–39,0)	22,0 (17,0–30,0)	0,09
Угол задней створки / Posterior leaflet angle, °	45,0 (38,0–48,0)	45,5 (36,0–51,0)	32,5 (31,5–42,5)	0,21
Передняя длина линии смыкания створок (3D), см/м <sup>2</sup> / Anterior coaptation length (3D), cm/m <sup>2</sup>	1,72 (1,56–3,04)	2,45 (2,13–2,67)	1,89 (1,65–2,13)	0,22
Задняя длина линии смыкания створок (3D), см/м <sup>2</sup> / Posterior coaptation length (3D), cm/m <sup>2</sup>	1,72 (1,56–2,69)	2,32 (2,03–2,62)	1,89 (1,65–2,13)	0,19
Высота тентинга, мм/м <sup>2</sup> / Tenting height, mm/m <sup>2</sup>	5,29 (4,31–6,09)	6,79 (6,13–9,50)	4,03 (3,77–5,39)*	0,01
Площадь тентинга, см/м <sup>2</sup> / Tenting area, cm/m <sup>2</sup>	0,74 (0,70–0,92)*	1,48 (1,22–1,77)	0,87 (0,70–1,02)*	0,009
Объем тентинга, мл/м <sup>2</sup> / Tenting volume, ml/m <sup>2</sup>	0,74 (0,31–0,98)*	1,99 (1,25–2,30)	1,12 (0,83–1,67)	0,02
Смещение кольца МК, мм / Mitral annulus excursion, mm	5,45 (4,18–8,30)	7,20 (5,70–7,90)	6,00 (3,10–6,95)	0,45
Максимальная скорость смещения кольца МК, мм/с / Max mitral annular plane velocity, mm/s	47,65 (29,27–53,95)	40,60 (34,00–50,70)	34,50 (26,75–40,85)	0,19
Фракция объема тентинга / Tenting volume fraction, %	44,7 (41,9–46,7)	38,50 (22,30–50,60)	44,65 (25,50–52,30)	0,96
Фракция площади кольца (2D) / 2D annular area fraction, %	5,20 (3,15–6,15)	4,20 (1,60–12,30)	4,60 (2,60–6,00)	0,86

**Примечание:** \*  $p < 0,05$  в сравнении с пациентами после пластики МК по типу «край в край» (O. Alfieri); ГКМП – гипертрофическая кардиомиопатия; МК – митральный клапан; ФК – фиброзное кольцо.

**Note:** \*  $p < 0.05$  in relation to patients after MV plastic by “Edge-to-Edge” (O. Alfieri); HCM – hypertrophic cardiomyopathy; MV – mitral valve; PM-AL – anterolateral-posteromedial.

В группе пациентов, которым проведен слайдинг задней створки, наблюдалось закономерное уменьшение площади задней створки МК ( $p = 0,03$ ), сопровождавшееся увеличением отношения площадей створок ( $p = 0,01$ ). В группе пациентов, прооперированных по методике О. Alfieri, выявлено уменьшение угла передней створки ( $p = 0,04$ ), отношения суммарной длины створок к переднезаднему диаметру ФК ( $p = 0,04$ ), а также общей площади створок к площади ФК МК ( $p = 0,04$ ). После резекции вторичных хорд геометрия МК характеризовалась уменьшением угла ( $p = 0,04$ ) и увеличением длины передней створки МК ( $p = 0,03$ ), а также уменьшением высоты тентинга створок МК ( $p = 0,049$ ). Группа пациентов, которым выполнена пластика по типу «край в край», отличалась большими длиной передней створки, отношением длины передней створки к задней и площадью тентинга створок МК. Кроме того, в этой группе, по сравнению с пациентами после пластики по А. Carpentier, наблюдалось увеличение комиссурального диаметра, интертригонального расстояния, суммарной длины створок, площади задней створки, отношения площадей створок и объема тентинга. От пациентов, перенесших резекцию вторичных хорд, больных данной группы отличала большая высота тентинга створок.

После пластики задней створки МК по методике А. Carpentier величина резидуального градиента давления в ВОЛЖ ( $r = 0,83$ ;  $p = 0,04$ ), а также степень его относительного снижения ( $r = -0,83$ ;  $p = 0,04$ ) коррелировали с величиной непланарного угла. Кроме того, с величиной абсолютного снижения градиента коррелировало значение индекса сферичности ФК МК ( $r = 0,83$ ;  $p = 0,04$ ). Снижение скорости движения ФК в систолу было взаимосвязано со степенью абсолютного снижения величины обструкции ВОЛЖ ( $r = 0,94$ ;  $p = 0,005$ ).

У пациентов, которым проведена пластика МК по методике О. Alfieri, резидуальный градиент обструкции в ВОЛЖ коррелировал с высотой ФК МК ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,04$ ), а также отношением этой высоты к комиссуральному диаметру ФК МК ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,04$ ). Относительное изменение градиента обструкции в ВОЛЖ коррелировало с величиной аортально-митрального угла ( $r = 0,83$ ;  $p = 0,04$ ). После резекции вторичных хорд абсолютная величина снижения градиента обструкции в ВОЛЖ коррелировала с индексом сферичности ( $r = 0,77$ ;  $p = 0,03$ ), переднелатерально-заднемедиальным диаметром ФК ( $r = -0,72$ ;  $p = 0,04$ ), углом передней ( $r = -0,78$ ;  $p = 0,02$ ) и задней ( $r = -0,78$ ;  $p = 0,02$ ) створок, отношением суммарной длины створок к переднезаднему диаметру ФК ( $r = -0,83$ ;  $p = 0,01$ ), площадью ( $r = -0,76$ ;  $p = 0,03$ ) и высотой ( $r = -0,95$ ;  $p = 0,00$ ) тентинга створок.

Площадь задней створки МК после пластики по А. Carpentier коррелировала со следующими показателями трехмерной модели МК: переднезадним ( $r = 0,88$ ;  $p = 0,01$ ) и переднелатерально-заднемедиальным ( $r = 0,78$ ;  $p = 0,04$ ) диаметрами, периметром ( $r = 0,78$ ;  $p = 0,04$ ) и площадью ( $r = 0,96$ ;  $p = 0,0005$ ) ФК, длиной смыкания створок МК ( $r = 0,99$ ;  $p = 0,00002$ ).

Выявлена связь абсолютного изменения площади задней створки МК с непланарным углом ФК ( $r = -0,78$ ;  $p = 0,04$ ), углом передней створки ( $r = -0,90$ ;  $p = 0,04$ ), площадью ( $r = -0,90$ ;  $p = 0,04$ ) и фракцией площади тентинга створок МК ( $r = -0,89$ ;  $p = 0,007$ ).

Величина угла передней створки МК после пластики по методике О. Alfieri была связана с углом задней створки ( $r = 0,93$ ;  $p = 0,008$ ) и высотой тентинга створок ( $r = 0,94$ ;  $p = 0,005$ ). Изменение угла передней створки после вмешательства коррелировало с комиссуральным диаметром ФК ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,04$ ), углом между ФК митрального и аортального клапанов ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,04$ ) и фракцией объема тентинга створок ( $r = 0,90$ ;  $p = 0,04$ ).

После пластики МК путем резекции вторичных хорд угол передней створки коррелировал с длиной задней створки ( $r = 0,80$ ;  $p = 0,01$ ), высотой тентинга ( $r = 0,85$ ;  $p = 0,003$ ), индексом сферичности ( $r = -0,84$ ;  $p = 0,004$ ) и скоростью смещения ФК МК в систолу ( $r = 0,71$ ;  $p = 0,03$ ).

## Обсуждение

Показателем, который статистически значимо менялся во время пластики задней створки по А. Carpentier, была площадь указанной створки. За счет этого отмечалась тенденция к снижению общей площади створок. Можно предположить, что в данном случае это и явилось причиной более эффективного снижения градиента обструкции в ВОЛЖ.

При пластике МК по типу «край в край» наблюдалось уменьшение угла передней створки, которое сопровождалось снижением отношения длины створок к переднезаднему диаметру и площади створок к площади ФК МК. Если более острый угол передней створки можно объяснить изменением ориентации створки вследствие наложения шва по О. Alfieri, приводящей к смещению точки коаптации кзади, то изменения указанных выше отношений трактовать сложнее. Несмотря на то что значимых различий между площадями створок до и после операции не отмечено, средние значения этих параметров имели тенденцию к увеличению, при этом площадь створок увеличивалась в большей степени. Наблюдаемое изменение со стороны створок МК может быть связано с включением шовного материала

при расчете площади во время построения 3D-модели, хотя однозначно прокомментировать природу обнаруженного явления в настоящее время затруднительно.

У пациентов, которым проводилась резекция хорд, отмечалось уменьшение угла передней створки МК и относительное увеличение ее длины после вмешательства. Показано, что отсечение рестриктивных хорд нормализует геометрию МК при ГКМП [10], что, вероятно, и наблюдалось в данном случае. Относительное удлинение передней створки может быть следствием ее «расправления» после устранения влияния хорд. Этот факт, по нашему мнению, еще раз подтверждает негативное влияние хорд на пространственную геометрию створок МК, а также более эффективное восстановление пространственной геометрии МК резекцией вторичных хорд по сравнению с пластикой МК по О. Alfieri и А. Carpentier. Отсутствие различий в резидуальных градиентах обструкции в ВОЛЖ при трех методиках пластики МК свидетельствует о том, что способ коррекции динамического компонента обструкции при ГКМП не имеет значения.

Полученные результаты согласуются с данными литературы [6]. При этом мы впервые показали влияние резекции вторичных хорд на пространственную модель МК при ГКМП. Впервые описана связь угла передней створки после резекции вторичных хорд с абсолютным изменением градиента обструкции в ВОЛЖ. Кроме того, величина угла передней створки после резекции вторичных хорд коррелировала с индексом сферичности ФК, высотой и объемом тентинга, которые, в свою очередь, связаны с резидуальной обструкцией и величиной градиента давления в ВОЛЖ.

Уменьшение площади задней створки, наблюдаемое после пластики МК по А. Carpentier, не коррелировало с градиентом обструкции в ВОЛЖ. Однако выявлены взаимосвязи уменьшения площади задней створки с диаметром, периметром, площадью и непланарным углом ФК. Величина непланарного угла, в свою очередь, коррелировала с резидуальным градиентом обструкции в ВОЛЖ и величиной уменьшения обструкции в ВОЛЖ. При пластике МК по типу «край в край» механизм снижения обструкции в ВОЛЖ был аналогичным. Угол передней створки коррелировал с аортально-митральным углом, который, со своей стороны, был связан с резидуальным градиентом обструкции в ВОЛЖ.

Полученные данные позволяют считать, что миэктомия в сочетании с пластикой митрального клапана меняет пространственную геометрию митрального клапана, обуславливая тем самым устранение градиента обструкции в ВОЛЖ.

## Заключение

Миэктомия в сочетании с пластикой МК, вне зависимости от методики последней, приводит к изменению пространственной геометрии митрального аннулопапиллярного континуума, его взаимодействия с межжелудочковой перегородкой и снижению градиента обструкции в ВОЛЖ в раннем послеоперационном периоде. После миэктомии в сочетании с пластикой задней створки МК по методике А. Carpentier величина снижения градиента обструкции в ВОЛЖ связана с непланарным углом, индексом сферичности ЛЖ и снижением скорости движения ФК. При пластике МК по типу «край в край» (О. Alfieri, 1995) резидуальный градиент обструкции в ВОЛЖ коррелирует с высотой ФК и отношением этой высоты к комиссуральному диаметру ФК МК. После резекции вторичных хорд передней створки МК методом Р. Ferazzi (2015) степень снижения градиента обструкции в ВОЛЖ взаимосвязана с индексом сферичности, переднелатерально-заднемедиальным диаметром ФК, углом передней и задней створки, отношением суммарной длины створок к переднезаднему диаметру ФК, площадью и высотой тентинга створок МК.

Различий в резидуальных градиентах обструкции в ВОЛЖ при трех способах пластики МК не выявлено. Наиболее физиологичными технологиями коррекции динамической обструкции ВОЛЖ следует считать методики О. Alfieri и Р. Ferazzi, которые не влияют на кинетику фиброзного кольца митрального клапана.

## Конфликт интересов

Е.Н. Павлюкова заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Ф. Канев заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.И. Лебедев заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.В. Евтушенко заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Евтушенко заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Карпов входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

## Финансирование

Исследование выполнено в соответствии с планом НИИ кардиологии Томского НИМЦ по прикладной теме «Разработка высоких технологий хирургического лечения сердечной недостаточности и периоперационной защиты органов-мишеней» (№ АААА-А20-120041090009-2 от 10.04.2020), а также в соответствии с планом НИИ КПССЗ по ПНИ «Сравнительный анализ безопасности и эффективности имплантации митральных биопротезов и реконструкции митрального клапана у пациентов старшей возрастной группы» (№ 419-36).

**Информация об авторах**

*Павлюкова Елена Николаевна*, доктор медицинских наук, профессор, заведующая отделением атеросклероза и хронической ишемической болезни сердца Научно-исследовательского института кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Томск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-3081-9477

*Канев Александр Федорович*, ординатор по специальности «кардиология» в Научно-исследовательском институте кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Томск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-7556-9379

*Лебедев Денис Игоревич*, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории пороков сердца федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9764-3982

*Евтушенко Владимир Валерьевич*, кандидат медицинских наук, врач отделения сердечно-сосудистой хирургии Научно-исследовательского института кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Томск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-5537-0864

*Евтушенко Алексей Валерьевич*, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией пороков сердца федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8475-4667

*Карпов Ростислав Сергеевич*, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель Научно-исследовательского института кардиологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Томск, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-7011-4316

**Author Information Form**

*Pavlyukova Elena N.*, Ph.D., Professor, Head of the Department of Atherosclerosis and Chronic Coronary Artery Disease, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-3081-9477

*Kanev Alexander F.*, a resident at the Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-7556-9379

*Lebedev Denis I.*, Ph.D., a researcher at the Laboratory of Valvular Heart Disease, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9764-3982

*Evtushenko Vladimir V.*, Ph.D., a cardiovascular surgeon at the Department of Cardiovascular Surgery, Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-5537-0864

*Evtushenko Aleksey V.*, Ph.D., Head of the Laboratory of Valvular Heart Disease, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8475-4667

*Karpov Rostislav S.*, Ph.D., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, a leading researcher at the Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-7011-4316

**Вклад авторов в статью**

*ПЕН* – вклад в концепцию и дизайн исследования, получение данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*КАФ* – получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ЛДИ* – вклад в дизайн исследования, получение данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ЕВВ* – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ЕАВ* – вклад в дизайн исследования, получение данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

**Author Contribution Statement**

*PEN* – contribution to the concept and design of the study, data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*KAF* – data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*LDI* – contribution to the design of the study, data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*EVV* – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*EAV* – contribution to the design of the study, data collection, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*KPC* – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*KRS* – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Elliot P.M., Anastasakis A., Borger M.A., Borggrefe M., Cecchi F., Charron P, Hagege A.A., Lafont A., Limongelli G., Mahrhpldt H., McKenna W.J., Mogensen J., Nihoyannopoulos P., Nistri S., Pierper P.G., Pieske B., Rapezzi C., Rutten F.H., Tillmanns C., Watkins H. 2014 ESC guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the task force for the diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy of the European society of cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2014; 35 (39): 2733-2779. doi: 10.1093/eurheartj/ehu284.
2. Teo E.P., Teoh J.G., Hung J. Mitral valve and papillary muscle abnormalities in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Curr. Opin. Cardiol.* 2015; 30 (5): 475-482. doi: 10.1097/HCO.0000000000000200
3. Morrow A.G., Reitz B.A., Epstein S.E., Henry W.L., Conkle D.M., Itscoitz S.B., Redwood D.R. Operative treatment in hypertrophic subaortic stenosis. Techniques, and the results of pre and postoperative assessments in 83 patients. *Circulation.* 1975; 52 (1): 88-102. doi: 10.1161/01.cir.52.1.88.
4. Konstantinos Dean Boudoulas, Harisios Boudoulas. An Evolution of Management in Hypertrophic Cardiomyopathy: Myectomy, Alcohol Septal Ablation, Mitral Valve Replacement, MitraClip. *Cardiology.* 2017; 137:54–57. DOI: 10.1159/000455068
5. Kaple R.K., Murphy R.T., DiPaola L.M., Houghtaling P.L., Lever H.M., Lytle B.W., Blackstone E.H., Smedira N.G. Mitral valve abnormalities in hypertrophic cardiomyopathy: echocardiographic features and surgical outcomes. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 85 (5): 1527-1535. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.01.061.
6. Смышляев К.А., Евтушенко А.В., Евтушенко В.В., Павлюкова Е.Н. Отдаленные результаты сочетанной миектомии с пластикой митрального клапана у больных гипертрофической обструктивной кардиомиопатией. *Сибирский медицинский журнал.* 2016; 31 (2):82-87.
7. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S., et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. Heart J.* 2016; 37 (27): 2129–2200. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw128
8. Perier P., Clausnizer B., Mistarz K. Carpentier “Sliding leaflet” technique for repair of the mitral valve: early results. *Ann. Thorac. Surg.* 1994; 57 (2): 383-386. doi: 10.1016/0003-4975(94)91001-4.
9. Bhudia S.K., McCarthy P.M., Smedira N.G., Lam B.K., Rajeswaran J., Blackstone E.H. Edge-to-edge (Alfieri) mitral repair: results in diverse clinical settings. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 77 (5): 1598-1606. doi: 10.1016/j.athoracsur.2003.09.090.
10. Ferrazzi P., Spirito P., Iacovoni A., Calabrese A., Migliorati K., Simon C., Pentiricci S., Poggio D., Grillo M., Amigoni P., Iacone M., Mortara A., Maron B.J., Senni M., Bruzzi P. Transaortic chordal cutting: mitral valve repair for obstructive hypertrophic cardiomyopathy with mild septal hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2015; 66 (15): 1687-1696. doi: 10.1016/j.jacc.2015.07.069.
11. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilano 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. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 28(1): 1–39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
12. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F., Dokainish H., Edvardsen T., et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29 (4): 277–314. DOI: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
13. Zoghbi W.A., Adams D., Bonow R.O., Enriquez-Sarano M., Foster E., Grayburn P.A., et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: a report from the American society of echocardiography developed in collaboration with the society for cardiovascular magnetic resonance. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015; 30 (4): 1–39. DOI: 10.1016/j.echo.2017.01.007
14. Lang R.M., Badano L.P., Tsang W., Adams D.H., Agricola E., Buck T., et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012; 25 (1): 3–46. DOI: 10.1016/j.echo.2011.11.010

## REFERENCES

1. Elliot P.M., Anastasakis A., Borger M.A., Borggrefe M., Cecchi F., Charron P, Hagege A.A., Lafont A., Limongelli G., Mahrhpldt H., McKenna W.J., Mogensen J., Nihoyannopoulos P., Nistri S., Pierper P.G., Pieske B., Rapezzi C., Rutten F.H., Tillmanns C., Watkins H. 2014 ESC guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the task force for the diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy of the European society of cardiology (ESC). *Eur. Heart J.* 2014; 35 (39): 2733-2779. doi: 10.1093/eurheartj/ehu284.
2. Teo E.P., Teoh J.G., Hung J. Mitral valve and papillary muscle abnormalities in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Curr. Opin. Cardiol.* 2015; 30 (5): 475-482. doi: 10.1097/HCO.0000000000000200
3. Morrow A.G., Reitz B.A., Epstein S.E., Henry W.L., Conkle D.M., Itscoitz S.B., Redwood D.R. Operative treatment in hypertrophic subaortic stenosis. Techniques, and the results of pre and postoperative assessments in 83 patients. *Circulation.* 1975; 52 (1): 88-102. doi: 10.1161/01.cir.52.1.88.
4. Konstantinos Dean Boudoulas, Harisios Boudoulas. An Evolution of Management in Hypertrophic Cardiomyopathy: Myectomy, Alcohol Septal Ablation, Mitral Valve Replacement, MitraClip. *Cardiology.* 2017; 137: 54–57 DOI: 10.1159/000455068
5. Kaple R.K., Murphy R.T., DiPaola L.M., Houghtaling P.L., Lever H.M., Lytle B.W., Blackstone E.H., Smedira N.G. Mitral valve abnormalities in hypertrophic cardiomyopathy: echocardiographic features and surgical outcomes. *Ann. Thorac. Surg.* 2008; 85 (5): 1527-1535. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.01.061.

6. Smyshlyaev K.A., Evtushenko A.V., Evtushenko V.V., Pavlyukova E.N. Long-term results of combined myectomy with mitral valve plasty in patients with hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Siberian Medical Journal*. 2016; 31 (2): 82-87.
7. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S., et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. Heart J*. 2016; 37 (27): 2129–2200. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw128
8. Perier P., Clausnizer B., Mistarz K. Carpentier “Sliding leaflet” technique for repair of the mitral valve: early results. *Ann. Thorac. Surg*. 1994; 57 (2): 383-386. doi: 10.1016/0003-4975(94)91001-4.
9. Bhudia S.K., McCarthy P.M., Smedira N.G., Lam B.K., Rajeswaran J., Blackstone E.H. Edge-to-edge (Alfieri) mitral repair: results in diverse clinical settings. *Ann. Thorac. Surg*. 2004. 77 (5): 1598-1606. doi: 10.1016/j.athoracsur.2003.09.090.
10. Ferrazzi P., Spirito P., Iacovoni A., Calabrese A., Migliorati K., Simon C., Pentiricci S., Poggio D., Grillo M., Amigoni P., Iacone M., Mortara A., Maron B.J., Senni M., Bruzzi P. Transaortic chordal cutting: mitral valve repair for obstructive hypertrophic cardiomyopathy with mild septal hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2015; 66 (15): 1687-1696. doi: 10.1016/j.jacc.2015.07.069.
11. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilano 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. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2015; 28 (1): 1–39. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003
12. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F., Dokainish H., Edvardsen T., et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2016; 29 (4): 277–314. DOI: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
13. Zoghbi W.A., Adams D., Bonow R.O., Enriquez-Sarano M., Foster E., Grayburn P.A., et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: a report from the American society of echocardiography developed in collaboration with the society for cardiovascular magnetic resonance. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2015; 30 (4): 1–39. DOI: 10.1016/j.echo.2017.01.007
14. Lang R.M., Badano L.P., Tsang W., Adams D.H., Agricola E., Buck T., et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2012; 25 (1): 3–46. DOI: 10.1016/j.echo.2011.11.010

---

**Для цитирования:** Павлюкова Е.Н., Канев А.Ф., Лебедев Д.И., Евтушенко В.В., Евтушенко А.В., Карпов Р.С. Влияние миэктомии с пластикой митрального клапана на трехмерную модель клапана и обструкцию в выводном отделе левого желудочка у больных гипертрофической кардиомиопатией. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2020;9(4): 47-58. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-4-47-58

**To cite:** Pavlyukova E.N., Kanev A.F., Lebedev D.I., Evtushenko V.V., Evtushenko A.V., Karpov R.S. Effects of combined myectomy with mitral valve repair on a three-dimensional mitral valve model and left ventricle outflow obstruction in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2020;9(4): 47-58. DOI: 10.17802/2306-1278-2020-9-4-47-58

---