



# Возможности методики Mitral Valve Quantification в кардиохирургии

Толстихина А.А.<sup>1</sup> • Машина Т.В.<sup>2</sup> • Мрикаев Д.В.<sup>2</sup> • Джанкетова В.С.<sup>2</sup> • Громова О.И.<sup>2</sup> •  
Голухова Е.З.<sup>2</sup>

## Толстихина Александра

**Александровна** – канд. мед. наук, врач функциональной диагностики, отделение функциональной диагностики<sup>1</sup>

✉ 119607, г. Москва, ул. Раменки, 25–4–989, Российская Федерация. Тел.: +7 (916) 704 54 50.

E-mail: alexsasha2000@mail.ru

## Машина Татьяна Васильевна

– канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики, ст. науч. сотр., рентген-диагностический отдел<sup>2</sup>

## Мрикаев Давид Валерьевич

– канд. мед. наук, кардиолог, науч. сотр., отделение неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии<sup>2</sup>

## Джанкетова Виолета Султановна

– канд. мед. наук, кардиолог, науч. сотр., отделение неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии<sup>2</sup>

## Громова Ольга Игоревна

– канд. мед. наук, кардиолог, науч. сотр., отделение неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии<sup>2</sup>

**Голухова Елена Зеликовна** – академик РАН, д-р мед. наук, профессор, руководитель отделения неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии<sup>2</sup>

**Цель** – выявить особенности анатомии митрального клапана у пациентов с митральной недостаточностью различного генеза с помощью методики Mitral Valve Quantification (MVQ) для оптимизации выбора тактики хирургической коррекции клапана. **Материал и методы.** В исследование вошли 30 пациентов (17 мужчин и 13 женщин) с митральной регургитацией органического и функционального генеза разной степени выраженности (средний возраст – 48±5 лет), которых распределили на 3 группы в зависимости от этиологии митральной недостаточности. Первую группу составили 15 пациентов с митральной недостаточностью дегенеративного характера, вторую – 9 пациентов с митральной недостаточностью при ишемической болезни сердца, третью – контрольную – 6 больных с минимальной митральной недостаточностью без структурных аномалий сердца. С помощью методики MVQ на ультразвуковом аппарате Philips iE33 для каждого пациента строилась геометрическая модель митрального клапана. У всех пациентов оценивались параметры геометрии фиброзного кольца митрального клапана; характер поражения створок, хордальный аппарат митрального клапана, длина коаптации створок, угол между аортальным и митральным клапанами. **Результаты.** При сравнении параметров геометрии фиброзного кольца митрального клапана отмечены следующие особенности. У пациентов с ишемической митральной недостаточностью по сравнению с другими группами были увеличены передне-задний и комиссуральный диаметры (48,7 и 45,7 мм соответственно;  $p < 0,05$ ), а также высота и объем тента, то есть глубина коаптации митрального клапана ( $11,9 \pm 2,1$  мм и  $5,9 \pm 2,8$  мл соответственно;  $p < 0,05$ ). Проплапс створок митрального клапана

(высота пролапса –  $6,4 \pm 0,9$  мм, объем пролапса –  $1,3 \pm 0,1$  мл;  $p < 0,001$ ) превалировал при дегенеративном поражении створок митрального клапана. Отмечена тенденция к большей длине коаптации створок в группе с органическим поражением створок митрального клапана ( $30 \pm 7,5$  мм), наименьшая длина коаптации характерна для пациентов контрольной группы ( $23 \pm 1,6$  мм), однако различия не достигли уровня статистической значимости. При измерении хорд выявлено: в группе с митральной недостаточностью дегенеративного характера максимальную длину имела переднелатеральная хорда (31,2 мм; 21,3 мм длина заднемедиальной хорды), а у пациентов с ишемической митральной недостаточностью и в контрольной группе равномерно развиты обе хорды. **Заключение.** Методика MVQ позволяет диагностировать патологию митрального клапана и оценить количественно и качественно геометрию митрального клапана при его поражении различной этиологии, что существенно влияет на выбор тактики хирургической коррекции клапана.

**Ключевые слова:** митральный клапан, митральная недостаточность, чреспищеводная эхокардиография, трехмерная реконструкция митрального клапана

**Для цитирования:** Толстихина АА, Машина ТВ, Мрикаев ДВ, Джанкетова ВС, Громова ОИ, Голухова ЕЗ. Возможности методики Mitral Valve Quantification в кардиохирургии. Альманах клинической медицины. 2017;45(8):635–43. doi: 10.18786/2072-0505-2017-45-8-635-643.

Поступила 20.10.2017;

принята к публикации 06.11.2017

<sup>1</sup> ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка» Минобороны России; 107014, г. Москва, Большая Оленья ул., 8А, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Минздрава России; 121552, г. Москва, Рублевское шоссе, 135, Российская Федерация



**В** настоящее время в области кардиохирургии предлагается широкий спектр диагностических методов, которые способствуют оптимизации выбора тактики хирургического вмешательства. Один из таких методов Mitral Valve Quantification (MVQ) дает возможность проводить количественный и качественный анализ геометрии митрального клапана на основании данных чреспищеводной эхокардиографии [1, 2].

В развитии патологии митрального клапана, в том числе митральной недостаточности, имеют значение не только характер и выраженность поражения створок, но и особенности формы фиброзного кольца митрального клапана, оценка хорд митрального клапана, а это осуществимо лишь при детальном анализе области интереса [3, 4]. С помощью модели митрального клапана при его пролапсе, построенной по методике MVQ, можно визуализировать анатомию его створок, а также выявить пораженный сегмент и количественно оценить зону пролапса [1]. Кроме этого, при наличии митральной недостаточности можно определить, насколько выражено отверстие регургитации и степень удлинения одной или двух хорд. Методика также дает представление о форме фиброзного кольца митрального клапана, позволяет измерить диаметр фиброзного кольца как от переднебоковой стенки до заднемедиальной (комиссуральный размер), так и от задней стенки до передней (передне-задний размер) [2]. Данная информация необходима для решения вопроса о дальнейшей хирургической тактике. Благодаря модели митрального клапана, построенной с помощью MVQ, кардиохирург выбирает оптимальное для конкретного пациента оперативное вмешательство на клапане, тем самым повышая эффективность операции [2, 5, 6].

Первые данные, полученные посредством MVQ, датируются 2007 г. [7]. С тех пор метод широко применяется в кардиохирургической практике: в частности, при диагностике митральной недостаточности вследствие пролапса митрального клапана [8, 9], при дегенеративной болезни митрального клапана [10], а также при болезни Барлоу [11]. Есть целый ряд сообщений, в которых описывается опыт применения MVQ при пороках митрального клапана ревматической этиологии [5, 12], кардиомиопатиях ишемического и неишемического генеза [1, 13–15]. Встречаются также работы по использованию данной методики для оценки эффективности хирургического вмешательства на митральном клапане [2, 12].

В связи с этим целью настоящего исследования стало определение возможностей MVQ у пациентов с митральной недостаточностью различной этиологии для оптимизации выбора хирургического вмешательства на клапане и оценки адекватности коррекции патологии.

## Материал и методы

В исследование вошли 30 пациентов, из них было 17 (56,7%) мужчин и 13 (43,3%) женщин. Митральная недостаточность различной этиологии была диагностирована у 24 больных; у 6 не было органической патологии митрального клапана, что позволило включить их в контрольную группу. Критериями исключения были предшествующие операции на сердце, такие как протезирование митрального клапана, реваскуляризация миокарда (шунтирование и стентирование коронарных артерий), наличие электрокардиостимулятора, острый инфаркт миокарда. Все больные наблюдались в отделении неинвазивной аритмологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Минздрава России. Клиническая характеристика пациентов дана в табл. 1.

Работа выполнена в соответствии с этическими принципами проведения медицинских

Таблица 1. Клиническая характеристика пациентов

Параметр	Значение
Возраст, годы*	48 ± 5
Мужчины / женщины, абс. (%)	17 (56,7) / 13 (43,3)
Ишемическая болезнь сердца, абс. (%)	9 (2,7)
Функциональный класс сердечной недостаточности по NYHA, абс. (%)	
I–II	29 (97)
III	1 (3)
Фракция выброса левого желудочка, %*	56 ± 3
Выраженность митральной недостаточности, абс. (%)	
незначительная (0–1-я степень)	12 (40)
умеренная (2-я степень)	6 (20)
значительная (3-я степень)	7 (23)
тяжелая (4-я степень)	5 (17)

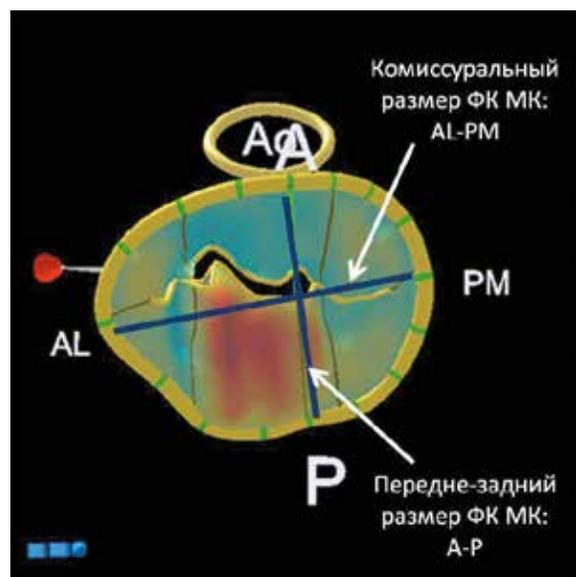
NYHA (New York Heart Association) – классификация Нью-Йоркской ассоциации кардиологов

\* Данные представлены в виде среднего арифметического (M) и стандартного отклонения (SD)

**Таблица 2.** Геометрия створок митрального клапана у обследуемых пациентов

Параметры геометрии створок митрального клапана, М±SD	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Значение <i>p</i>
Длина передней створки, мм	36,38±9,43	32,68±10,98	30,63±1,5	нд
Длина задней створки, мм	18,73±3,6	17,35±3,89	17,15±0,3	нд
Угол передней створки, °	30,0±15,2	38,95±8,7	29,01±18	нд
Угол задней створки, °	17,2±9,2	24,07±10,8	23,68±15,5	нд
Площадь передней створки, мм <sup>2</sup>	1539,2±454,9	1469,9±620,3	1301,4±108,4	нд
Площадь задней створки, мм <sup>2</sup>	1018,4±399,1	653,4±106,4	521,7±21,8	нд
Непланарный угол створок, °	133±24,9	116,98±16,22	128,35±29,67	нд
Высота тента, мм	10,7±0,2	11,9±2,1	7,78±3,17	0,005
Объем тента, мл	4,7±0,6	5,9±2,8	2,5±0,18	0,005
Высота пролапса, мм	6,4±0,9	2,1±0,4	2,4±0,18	< 0,001
Объем пролапса, мл	1,36±0,1	0,18±0,03	0,15±0,01	< 0,001
Длина коаптации, мм	30,04±7,55	27,54±4,5	23,08±1,68	нд
Угол между аортальным и митральным клапанами, °	117,48±10,7	111,85±10,5	115,3±8,19	нд

Группа 1 – пациенты с дегенеративной митральной недостаточностью, группа 2 – пациенты с ишемической митральной недостаточностью, группа 3 – контрольная; нд – различия между группами не достигли уровня статистической значимости



**Рис. 1.** Геометрическая модель митрального клапана (МК) у пациента с пролапсом сегмента P2 задней створки МК, иллюстрирующая измерение диаметров фиброзного кольца (ФК); AL (anterolateral) – переднелатеральная сторона ФК МК, PM (posteromedial) – заднемедиальная сторона ФК МК, А (anterior) – передняя створка МК, Р (posterior) – задняя створка МК, Ао – аорта

исследований (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации 1964 г., с изменениями от 2013 г.). До начала обследования все пациенты подписали информированное согласие на участие в нем.

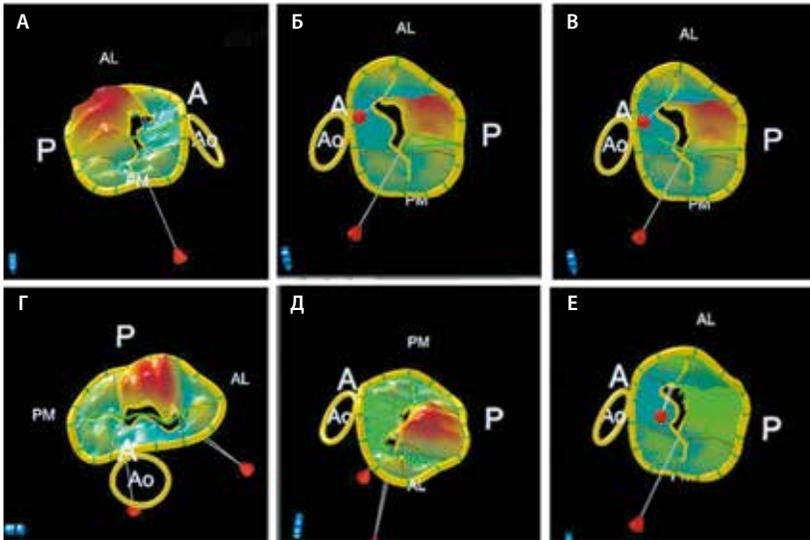
Исследуемые были разделены на 3 группы в зависимости от этиологии митральной недостаточности. В 1-ю группу включены 15 пациентов с митральной недостаточностью органического генеза (дегенеративная митральная недостаточность). Спектр патологии был представлен миксоматозной дегенерацией митрального клапана, включая болезнь Барлоу, а также ревматическим поражением митрального клапана. В данной группе большинство пациентов имели 3- и 4-ю степень митральной недостаточности. Во 2-ю группу вошли 9 больных с ишемической митральной недостаточностью, у которых преобладала 1- и 2-я степень митральной недостаточности; тяжелая митральная недостаточность отсутствовала. Третью группу – контрольную – составили 6 больных без органической патологии митрального клапана с незначительной митральной недостаточностью.

Всем пациентам перед операцией была проведена чреспищеводная эхокардиография на ультразвуковом аппарате Philips iE33 с записью эхокардиографических снимков в режиме MVQ. Впоследствии данная информация обрабатывалась в режиме off-line, и для каждого пациента рассчитывались количественные параметры геометрии митрального клапана на основе модели, построенной с помощью MVQ.

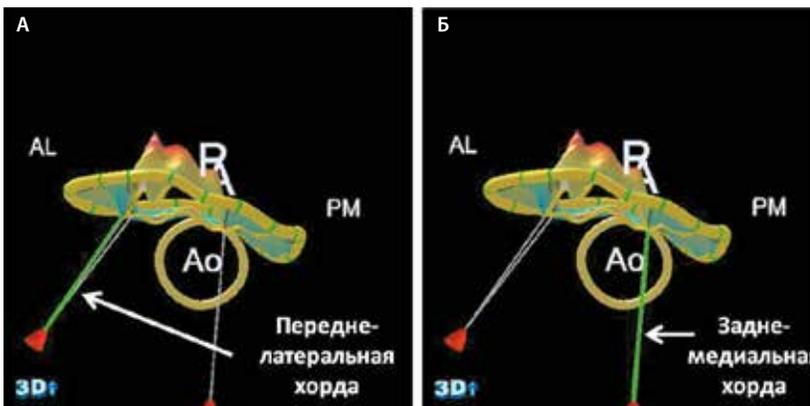
Используя методику MVQ, были рассчитаны следующие параметры геометрии митрального клапана, изображенные на рис. 1–3:

- 1) геометрия фиброзного кольца митрального клапана:
  - ✓ комиссуральный диаметр (D AL-PM);
  - ✓ передне-задний диаметр (D А-Р);
- 2) геометрия створок митрального клапана;
- 3) угол между аортальным и митральным клапанами;
- 4) хордальный аппарат митрального клапана.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью пакета Mathematica 5.1. Изучаемые количественные признаки представлены в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения (M±SD). Группы сравнивали по количественным признакам при нормальном распределении с использованием параметрического t-критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при *p* < 0,05.



**Рис. 2.** Измерение основных параметров геометрии створок митрального клапана (МК) у пациента с пролапсом сегмента P2 задней створки МК (модель Mitral Valve Quantification): **А** – угол передней створки МК (выделен зеленым цветом); **Б** – угол задней створки МК (выделен зеленым цветом); **В** – непланарный угол створок, то есть угол между передне-задним расстоянием фиброзного кольца (ФК) и точкой надира (выделен зеленым цветом); **Г** – длина коаптации (выделена зеленым цветом); **Д** – объем тента, то есть часть створок, которая смещена в левый желудочек (выделен зеленым пунктиром); **Е** – объем пролапса (выделен зеленым пунктиром); \* углы створок – между самой нижней точкой седла створки и плоскостью проекции клапана; AL (anterolateral) – переднелатеральная сторона ФК МК, PM (posteromedial) – заднемедиальная сторона ФК МК, А (anterior) – передняя створка МК, P (posterior) – задняя створка МК, Ao – аорта



**Рис. 3.** Измерение хордального аппарата митрального клапана (МК) у пациента с пролапсом сегмента P2 задней створки МК (модель Mitral Valve Quantification); AL (anterolateral) – переднелатеральная сторона фиброзного кольца (ФК) МК, PM (posteromedial) – заднемедиальная сторона ФКМК, А (anterior) – передняя створка МК, P (posterior) – задняя створка МК, Ao – аорта

## Результаты

При сравнении параметров геометрии фиброзного кольца митрального клапана были отмечены следующие особенности (рис. 4). Передне-задний и комиссуральный диаметры были

статистически значимо увеличены в группе с ишемической митральной недостаточностью по сравнению с другими группами ( $p < 0,05$ ). Необходимо отметить, что при миксоматозной дегенерации митрального клапана расширение фиброзного кольца происходит за счет увеличения комиссурального диаметра, и для него характерна вертикальная деформация. У пациентов с митральной недостаточностью ишемического генеза характер дилатации фиброзного кольца иной. Увеличение размера кольца наблюдается вследствие роста именно передне-заднего размера, наряду с этим имеет место потеря кольцом его седловидной формы, то есть фиброзное кольцо становится уплощенным.

Помимо фиброзного кольца рассматривались особенности поражения створок митрального клапана в группах пациентов. Из данных табл. 2 видно, что высота и объем тента были статистически значимо больше у пациентов с ишемической митральной недостаточностью, а минимальные их значения отмечены в контрольной группе.

У тех пациентов, у которых с помощью методики MVQ был выявлен пролапс створок, оценивались его высота и объем. Эти характеристики оказались статистически значимо больше ( $p < 0,001$ ) при митральной недостаточности дегенеративной этиологии по сравнению с контролем.

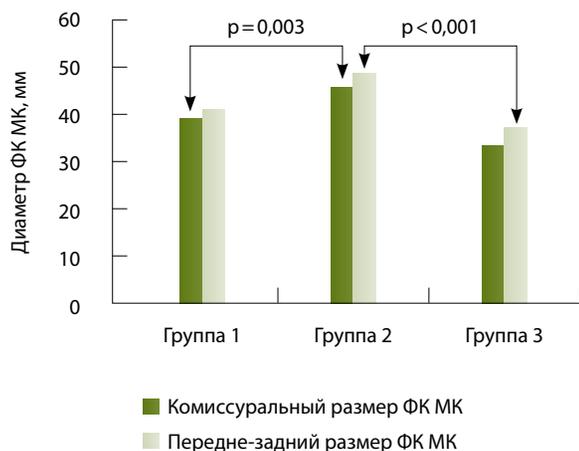
Производилась также сравнительная оценка хордального аппарата митрального клапана (рис. 5). У пациентов 1-й группы была максимальная длина переднелатеральной хорды по сравнению с длиной заднемедиальной хорды, в группе контроля обе хорды были развиты равномерно.

Таким образом, можно заметить, что для митральной недостаточности дегенеративной этиологии характерны наличие пролапса створок митрального клапана, более длинная переднелатеральная хорда. В группе митральной недостаточности ишемического характера увеличены параметры тента створок митрального клапана.

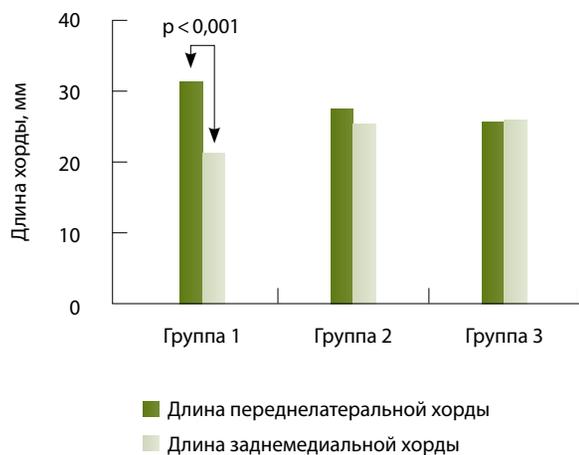
У пациентов контрольной группы выявлены следующие закономерности:

- объем тента створок минимально выражен;
- пролапс створок меньше ( $p < 0,001$ ) по сравнению с другими группами;
- обе хорды развиты равномерно.

Проанализировав особенности анатомии митрального клапана в группах исследования, продемонстрируем клинический случай использования методики MVQ в кардиохирургической практике.



**Рис. 4.** Количественные параметры геометрии фиброзного кольца (ФК) митрального клапана (МК) в группах исследования; группа 1 – пациенты с дегенеративной митральной недостаточностью, группа 2 – пациенты с ишемической митральной недостаточностью, группа 3 – контрольная



**Рис. 5.** Длина хорды митрального клапана в группах исследования; группа 1 – пациенты с дегенеративной митральной недостаточностью, группа 2 – пациенты с ишемической митральной недостаточностью, группа 3 – контрольная

Пациент 55 лет с диагнозом «ишемическая болезнь сердца. Стенозирующий атеросклероз коронарных артерий. Ишемическая кардиомиопатия. Митральная недостаточность 2-й степени». Пациенту выполнена операция аортокоронарного шунтирования передней межжелудочковой артерии и ветви тупого края и пластики митрального клапана. Перед операцией и после нее была проведена чреспищеводная эхокардиография с записью эхокардиографических снимков в режиме MVQ. На рис. 6 представлены характеристики основных показателей геометрии митрального клапана и соответствующие

им трехмерные модели клапана как до операции, так и после нее. Видна положительная динамика в отношении геометрии фиброзного кольца и объема тента створок. Так, после операции уменьшились комиссуральный и передне-задний размеры фиброзного кольца (до операции – 50,2 и 49,2 мм, после операции – 36,7 и 46,2 мм соответственно), его периметр (до операции – 170,2 мм, после операции – 149,2 мм) и площадь (до операции – 1930,3 мм<sup>2</sup>, после операции – 1525,5 мм<sup>2</sup>). Объем тента створок уменьшился после пластики митрального клапана (до операции – 9,7 мл, после операции – 8,1 мл). Выраженность митральной недостаточности также достигла минимальной степени.

## Обсуждение

В настоящее время ни в зарубежных, ни в отечественных кардиохирургических клиниках не принято единого алгоритма исследования пациентов с митральной недостаточностью различного генеза, позволяющего рекомендовать конкретный вид хирургического вмешательства при этой патологии [1]. Ряд зарубежных авторов предпочитают трансторакальную эхокардиографию [16]. Наряду с рутинной эхокардиографией в диагностике митральной патологии применяется чреспищеводная эхокардиография, причем в конкретных ситуациях [17, 18]. Согласно европейским и американским рекомендациям [19, 20], ее следует использовать, прежде всего, если с помощью трансторакального доступа получено недостаточно информации или если патология митрального клапана носит комплексный характер.

Чреспищеводная эхокардиография определяет показания к протезированию митрального клапана, а также оптимизирует хирургический подход к реконструктивным вмешательствам на клапане [2]. Эта информация становится все более доступной для кардиохирургов благодаря внедрению в клиническую практику такого метода чреспищеводной эхокардиографии, как анализ геометрии митрального клапана (MVQ). Метод позволяет не только получить «хирургический вид» клапана, но и посмотреть весь митральный комплекс со стороны левого желудочка, оценивая взаимоотношения самого клапана, хорд, папиллярных мышц и стенок левого желудочка [1].

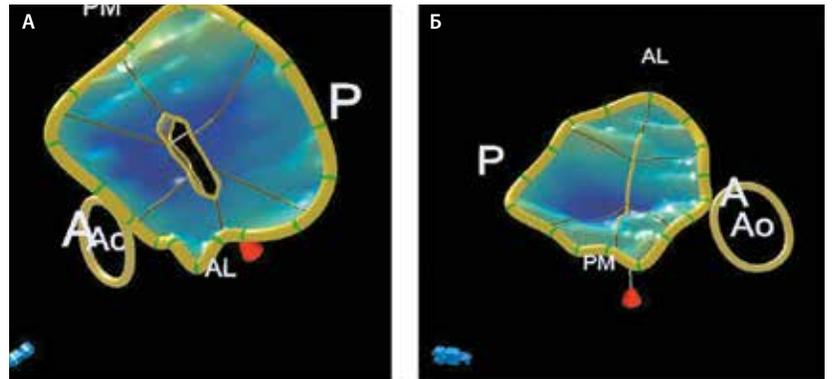
В нашем исследовании показано, что при миксоматозной дегенерации митрального клапана расширение фиброзного кольца происходит за счет увеличения комиссурального диаметра, и для него характерна вертикальная

деформация. Наряду с этим, как утверждают W. Tsang и R.M. Lang [21], предикторами худшего прогноза в отношении клапансохраняющей операции на митральном клапане при его дегенеративном поражении выступают высота пролапса и площадь передней створки митрального клапана – независимо от степени митральной недостаточности. В нашем исследовании у пациентов с миксоматозной дегенерацией митрального клапана площадь его передней створки составила 718,2 мм<sup>2</sup>, высота пролапса – 4,7 мм. Ни одному пациенту из этой группы не была выполнена пластика митрального клапана.

С неудачной клапансохраняющей операцией на митральном клапане при его дегенеративном поражении D.A. Sidebotham и соавт. [12] ассоциируют следующие параметры: площадь тента створок > 160 мм<sup>2</sup> и диаметр фиброзного кольца митрального клапана > 37 мм. Что касается выбора размера кольца при аннулопластике на митральном клапане, авторы постулируют ведущую роль именно длины передней створки клапана. Однако A. Calleja и соавт. [22] установили, что успех аннулопластики зависит от длины и площади задней створки митрального клапана.

Вопросу кальцификации фиброзного кольца митрального клапана посвящено не так много работ. A. Drășutienă и соавт. [17] показали, что локальные кальцификаты в области фиброзного кольца митрального клапана не приводят к его дисфункции. Вместе с тем отложения кальция вокруг всего кольца могут привести к функциональному митральному стенозу со снижением движения обеих створок клапана в отсутствие их сращения. Именно поэтому при обширной кальцификации фиброзного кольца митрального клапана так важно, по мнению авторов, проводить чреспищеводную эхокардиографию в режиме реального времени.

Мы в своем исследовании установили, что при ишемической митральной недостаточности увеличение размера кольца наблюдается вследствие роста передне-заднего размера, и имеет место потеря кольцом его седловидной формы, то есть фиброзное кольцо становится уплощенным. Аналогичные результаты получены в работе K. Golba и соавт. [14]. Они также выявили следующие диагностически значимые показатели при митральной регургитации ишемического генеза умеренно-тяжелой степени: площадь фиброзного кольца клапана 12 см<sup>2</sup>, углы передней и задней створок 38 и 54° соответственно, площадь тента створок 2,4 мм<sup>2</sup> [14].



**Рис. 6.** Геометрические модели митрального клапана (МК) пациента 55 лет с ишемической митральной недостаточностью до и после операции аортокоронарного шунтирования и реконструктивного вмешательства: **А** – до реконструктивного вмешательства. Клапан уплощен и дилатирован (комиссуральный размер фиброзного кольца (ФК) МК 50,2 мм; передне-задний размер ФК МК 49,2 мм; периметр ФК МК 170,2 мм; площадь ФК МК 1930,3 мм<sup>2</sup>; объем тента створок МК 9,7 мл); **Б** – после аортокоронарного шунтирования и реконструктивного вмешательства (комиссуральный размер ФК МК 36,7 мм; передне-задний размер ФК МК 46,2 мм; периметр ФК МК 149,2 мм; площадь ФК МК 1525,5 мм<sup>2</sup>; объем тента створок МК 8,1 мл); AL (anterolateral) – переднелатеральная сторона ФК МК, PM (posteromedial) – заднемедиальная сторона ФК МК, A (anterior) – передняя створка МК, P (posterior) – задняя створка МК, Ao – аорта

D.M. Dudzinski и J. Hung утверждают [13], что помимо дилатации фиброзного кольца митрального клапана немаловажную роль в развитии митральной недостаточности ишемического генеза играет смещение обеих папиллярных мышц в область левого желудочка, особенно переднелатеральной папиллярной мышцы в нижне-заднем направлении.

Чреспищеводная эхокардиография с методикой MVQ не только помогает выявить особенности геометрии аппарата митрального клапана при различной его патологии, но и предоставляет кардиохирургу информацию, позволяющую скорректировать подход к клапансохраняющей операции [2]. Геометрия анатомических структур митрального клапана отображается при применении MVQ как качественно, так и количественно. К одному из существенных преимуществ метода следует отнести быстроту результата – время обработки полученной информации составляет в среднем 15 минут. Помимо этого, если пациенту производится пластика митрального клапана, с помощью метода MVQ можно оценить эффективность выполненной операции [2].

Как отмечают P. Biaggi и соавт. [5], MVQ обеспечивает новый взгляд на проблематику патофизиологии митрального клапана, метод может быть полезным в оптимизации пластической коррекции и повышении ее качества. M. Garbi



и М. J. Monaghan [10] также считают, что MVQ вносит ясность в комплексную оценку аппарата митрального клапана, даже если используется лишь сегментарный анализ, подчеркивая при этом быстроту получения результатов обследования. И отечественной кардиохирургической практикой подтверждено: применение интраоперационной 3D-эхокардиографии в режиме реального времени и построение трехмерной модели митрального клапана с использованием методики MVQ дают возможность определить характерные изменения анатомии и геометрии клапана в зависимости от генеза митральной недостаточности, выбрать оптимальную тактику и объем хирургического лечения для каждого

пациента в условиях операционной и провести оценку эффективности вмешательства [2].

## Заключение

Методика MVQ дает возможность выявить особенности анатомии митрального клапана у конкретного пациента, основываясь на количественном и качественном анализе его геометрии, для определения тактики хирургического вмешательства на клапане (пластика или протезирование) и оценки адекватности произведенной коррекции порока клапана. Как нам представляется, применение методики MVQ позволит в дальнейшем расширить ее возможности с целью эффективного лечения пациентов кардиохирургического профиля. ☺

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.

### Финансирование

Работа проведена без привлечения дополнительного финансирования со стороны третьих лиц.

## Литература

1. Голухова ЕЗ, Машина ТВ, Какучая ТТ, Бакулева АА. Первый опыт применения в России методики Mitral Valve Quantification в кардиохирургической практике. Креативная кардиология. 2010;(1):61–7.
2. Голухова ЕЗ, Машина ТВ, Джанкетова ВС, Шамсиев ГА, Мрикаев ДВ, Бокерия ЛА. Определение показаний к реконструктивным вмешательствам на митральном клапане и оценка их эффективности с помощью интраоперационной трехмерной чреспищеводной эхокардиографии. Креативная кардиология. 2016;(1):69–83.
3. Lee AP, Fang F, Jin CN, Kam KK, Tsui GK, Wong KK, Looi JL, Wong RH, Wan S, Sun JP, Underwood MJ, Yu CM. Quantification of mitral valve morphology with three-dimensional echocardiography – can measurement lead to better management? Circ J. 2014;78(5):1029–37. doi: 10.1253/circj.CJ-14-0373.
4. van Wijngaarden SE, Kamperidis V, Regeer MV, Palmen M, Schalij MJ, Klautz RJ, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V. Three-dimensional assessment of mitral valve annulus dynamics and impact on quantification of mitral regurgitation. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017. doi: 10.1093/ehjci/jex001.
5. Biaggi P, Felix C, Gruner C, Herzog BA, Hohlfeld S, Gaemperli O, Stähli BE, Paul M, Held L, Tanner FC, Grünenfelder J, Corti R, Bettex D. Assessment of mitral valve area during percutaneous mitral valve repair using the MitraClip system: comparison of different echocardiographic methods. Circ Cardiovasc Imaging. 2013;6(6):1032–40. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000620.
6. Poelaert JI, Bouchez S. Perioperative echocardiographic assessment of mitral valve regurgitation: a comprehensive review. Eur J Cardiothorac Surg. 2016;50(5):801–12. doi: 10.1093/ejcts/ezw196.
7. Бокерия ЛА, Голухова ЕЗ, ред. Клиническая кардиология: диагностика и лечение. М.: Издательство НЦ ССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2011. 1711 с.
8. Biaggi P, Jędrzkiewicz S, Gruner C, Meineri M, Karski J, Vegas A, Tanner FC, Rakowski H, Ivanov J, David TE, Woo A. Quantification of mitral valve anatomy by three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve prolapse predicts surgical anatomy and the complexity of mitral valve repair. J Am Soc Echocardiogr. 2012;25(7):758–65. doi: 10.1016/j.echo.2012.03.010.
9. Gripari P, Muratori M, Fusini L, Tamborini G, Pepi M. Three-dimensional echocardiography: advancements in qualitative and quantitative analyses of mitral valve morphology in mitral valve prolapse. J Cardiovasc Echogr. 2014;24(1): 1–9. doi: 10.4103/2211-4122.131985.
10. Garbi M, Monaghan MJ. Quantitative mitral valve anatomy and pathology. Echo Res Pract. 2015;2(3):R63–72. doi: 10.1530/ERP-15-0008.
11. Голухова ЕЗ, Бакулева АА, Машина ТВ, Мрикаев ДВ, Какучая ТТ. Болезнь Барлоу: литературная справка и клиническое наблюдение. Креативная кардиология. 2009;(2):131–5.
12. Sidebotham DA, Allen SJ, Gerber IL, Fayers T. Intraoperative transesophageal echocardiography for surgical repair of mitral regurgitation. J Am Soc Echocardiogr. 2014;27(4): 345–66. doi: 10.1016/j.echo.2014.01.005.
13. Dudzinski DM, Hung J. Echocardiographic assessment of ischemic mitral regurgitation. Cardiovasc Ultrasound. 2014;12:46. doi: 10.1186/1476-7120-12-46.
14. Golba K, Mokrzycki K, Drozd J, Cherniavsky A, Wrobel K, Roberts BJ, Haddad H, Maurer G, Yii M, Asch FM, Handschumacher MD, Holly TA, Przybylski R, Kron I, Schaff H, Aston S, Horton J, Lee KL, Velazquez EJ, Grayburn PA; STICH TEE Substudy Investigators. Mechanisms of functional mitral regurgitation in ischemic cardiomyopathy determined by transesophageal echocardiography (from the Surgical Treatment for Ischemic Heart Failure Trial). Am J Cardiol. 2013;112(11):1812–8. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.07.047.
15. Naser N, Dzibur A, Kusljugic Z, Kovacevic K, Kulic M, Sokolovic S, Terzic I, Haxhibeqiri-Karabdic I, Hondo Z, Brdzanovic S, Miseljac S. Echocardiographic assessment of ischaemic mitral regurgitation, mechanism, severity, impact on treatment strategy and long term outcome. Acta Inform Med. 2016;24(3):172–7. doi: 10.5455/aim.2016.24.172-177.
16. Quader N, Rigolin VH. Two and three dimensional echocardiography for preoperative assessment of mitral valve regurgitation. Cardiovasc Ultrasound. 2014;12:42. doi: 10.1186/1476-7120-12-42.
17. Drašutienė A, Aidietienė S, Zakarkaitė D. The role of real time three-dimensional transoesophageal echocardiography in acquired mitral valve disease. Seminars in Cardiovascular Medicine. 2015;21(2):16–26. doi: 10.2478/semcard-2015-0003.
18. Hossien A, Nithiarasu P, Cheriex E, Maessen J, Sardari Nia P, Ashraf S. A multidimensional



- dynamic quantification tool for the mitral valve. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015;21(4):481–7. doi: 10.1093/icvts/ivv187.
19. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Popescu BA, Edvardsen T, Pierard LA, Badano L, Zamorano JL; Scientific Document Committee of the European Association of Cardiovascular Imaging. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14(7):611–44. doi: 10.1093/ehjci/jet105.
20. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Hahn RT, Han Y, Hung J, Lang RM, Little SH, Shah DJ, Shernan S, Thavendiranathan P, Thomas JD, Weissman NJ. 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.* 2017;30(4):303–71. doi: 10.1016/j.echo.2017.01.007.
21. Tsang W, Lang RM. Three-dimensional echocardiography is essential for intraoperative assessment of mitral regurgitation. *Circulation.* 2013;128(6):643–52. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.120501.
22. Calleja A, Poulin F, Woo A, Meineri M, Jedrzkiewicz S, Vannan MA, Rakowski H, David T, Tsang W, Thavendiranathan P. Quantitative modeling of the mitral valve by three-dimensional transesophageal echocardiography in patients undergoing mitral valve repair: correlation with intraoperative surgical technique. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(9):1083–92. doi: 10.1016/j.echo.2015.04.019.
- ## References
1. Golukhova EZ, Mashina TV, Kakuchaya TT, Bakuleva AA. The first experience in the use of Russian Mitral Valve Quantification techniques in cardiac surgery. *Creative Cardiology.* 2010;(1):61–7. Russian.
2. Golukhova EZ, Mashina TV, Dzhanketova VS, Shamsiev GA, Mrikaev DV, Bockeria LA. Three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve reconstruction: the role and effectiveness HTML. *Creative Cardiology.* 2016;(1):69–83. Russian.
3. Lee AP, Fang F, Jin CN, Kam KK, Tsui GK, Wong KK, Looi JL, Wong RH, Wan S, Sun JP, Underwood MJ, Yu CM. Quantification of mitral valve morphology with three-dimensional echocardiography – can measurement lead to better management? *Circ J.* 2014;78(5):1029–37. doi: 10.1253/circj.CJ-14-0373.
4. van Wijngaarden SE, Kamperidis V, Regeer MV, Palmen M, Schalij MJ, Klautz RJ, Bax JJ, Ajmone Marsan N, Delgado V. Three-dimensional assessment of mitral valve annulus dynamics and impact on quantification of mitral regurgitation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017. doi: 10.1093/ehjci/jex001.
5. Biaggi P, Felix C, Gruner C, Herzog BA, Hohlfeld S, Gaemperli O, Stähli BE, Paul M, Held L, Tanner FC, Grünenfelder J, Corti R, Bettex D. Assessment of mitral valve area during percutaneous mitral valve repair using the MitraClip system: comparison of different echocardiographic methods. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2013;6(6):1032–40. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000620.
6. Poelaert JI, Bouchez S. Perioperative echocardiographic assessment of mitral valve regurgitation: a comprehensive review. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;50(5):801–12. doi: 10.1093/ejcts/ezw196.
7. Bokeriya LA, Golukhova EZ, editors. *Clinical cardiology: diagnosis and treatment.* Moscow: Izdatel'stvo NTsSSKh im. A.N. Bakuleva RAMN; 2011.1711 p. Russian.
8. Biaggi P, Jedrzkiewicz S, Gruner C, Meineri M, Karski J, Vegas A, Tanner FC, Rakowski H, Ivanov J, David TE, Woo A. Quantification of mitral valve anatomy by three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve prolapse predicts surgical anatomy and the complexity of mitral valve repair. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25(7):758–65. doi: 10.1016/j.echo.2012.03.010.
9. Gripari P, Muratori M, Fusini L, Tamborini G, Pepi M. Three-dimensional echocardiography: advancements in qualitative and quantitative analyses of mitral valve morphology in mitral valve prolapse. *J Cardiovasc Echogr.* 2014;24(1): 1–9. doi: 10.4103/2211-4122.131985.
10. Garbi M, Monaghan MJ. Quantitative mitral valve anatomy and pathology. *Echo Res Pract.* 2015;2(3):R63–72. doi: 10.1530/ERP-15-0008.
11. Golukhova EZ, Bakuleva AA, Mashina TV, Mrikaev DV, Kakuchaya TT. Barlow's mitral valve disease: literary review and clinical observation. *Creative Cardiology.* 2009;(2):131–5. Russian.
12. Sidebotham DA, Allen SJ, Gerber IL, Fayers T. Intraoperative transesophageal echocardiography for surgical repair of mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27(4): 345–66. doi: 10.1016/j.echo.2014.01.005.
13. Dudzinski DM, Hung J. Echocardiographic assessment of ischemic mitral regurgitation. *Cardiovasc Ultrasound.* 2014;12:46. doi: 10.1186/1476-7120-12-46.
14. Golba K, Mokrzycki K, Drodz J, Cherniavsky A, Wrobel K, Roberts BJ, Haddad H, Maurer G, Yii M, Asch FM, Handschumacher MD, Holly TA, Przybylski R, Kron I, Schaff H, Aston S, Horton J, Lee KL, Velazquez EJ, Grayburn PA; STICH TEE Substudy Investigators. Mechanisms of functional mitral regurgitation in ischemic cardiomyopathy determined by transesophageal echocardiography (from the Surgical Treatment for Ischemic Heart Failure Trial). *Am J Cardiol.* 2013;112(11):1812–8. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.07.047.
15. Naser N, Dzibur A, Kusljagic Z, Kovacevic K, Kulic M, Sokolovic S, Terzic I, Haxhibeqiri-Karabdic I, Hondo Z, Brdzanovic S, Miseljic S. Echocardiographic Assessment of Ischaemic Mitral Regurgitation, Mechanism, Severity, Impact on Treatment Strategy and Long Term Outcome. *Acta Inform Med.* 2016;24(3):172–7. doi: 10.5455/aim.2016.24.172-177.
16. Quader N, Rigolin VH. Two and three dimensional echocardiography for pre-operative assessment of mitral valve regurgitation. *Cardiovasc Ultrasound.* 2014;12:42. doi: 10.1186/1476-7120-12-42.
17. Drašutienė A, Aidietienė S, Zakarkaitė D. The role of real time three-dimensional transoesophageal echocardiography in acquired mitral valve disease. *Seminars in Cardiovascular Medicine.* 2015;21(2):16–26. doi: 10.2478/semcard-2015-0003.
18. Hossien A, Nithiarasu P, Cheriex E, Maessen J, Sardari Nia P, Ashraf S. A multidimensional dynamic quantification tool for the mitral valve. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2015;21(4): 481–7. doi: 10.1093/icvts/ivv187.
19. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Popescu BA, Edvardsen T, Pierard LA, Badano L, Zamorano JL; Scientific Document Committee of the European Association of Cardiovascular Imaging. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14(7):611–44. doi: 10.1093/ehjci/jet105.



20. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, Hahn RT, Han Y, Hung J, Lang RM, Little SH, Shah DJ, Shernan S, Thavendiranathan P, Thomas JD, Weissman NJ. Recommendations for Non-invasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovas-

cular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr.* 2017;30(4):303–71. doi: 10.1016/j.echo.2017.01.007.

21. Tsang W, Lang RM. Three-dimensional echocardiography is essential for intraoperative assessment of mitral regurgitation. *Circulation.* 2013;128(6):643–52. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.120501.

22. Calleja A, Poulin F, Woo A, Meineri M, Jedrzkiewicz S, Vannan MA, Rakowski H, David T, Tsang W, Thavendiranathan P. Quantitative modeling of the mitral valve by three-dimensional transesophageal echocardiography in patients undergoing mitral valve repair: correlation with intraoperative surgical technique. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(9):1083–92. doi: 10.1016/j.echo.2015.04.019.

## The potential of mitral valve quantification in cardiovascular surgery

Tolstikhina A.A.<sup>1</sup> • Mashina T.V.<sup>2</sup> • Mrikaev D.V.<sup>2</sup> • Dzhanketova V.S.<sup>2</sup> • Gromova O.I.<sup>2</sup> • Golukhova E.Z.<sup>2</sup>

**Objective:** To identify specifics of mitral valve anatomy in patients with mitral insufficiency of various origin using the Mitral Valve Quantification (MVQ) technique for an optimal choice of mitral valve repair strategy. **Materials and methods:** The study included 30 patients (17 male and 13 female) with organic or functional mitral regurgitation of various grades (mean age, 48±5 years). The patients were categorized into three groups depending on the etiology of mitral insufficiency. The first group included 15 patients with degenerative mitral valve regurgitation, the second one included 9 patients with ischemic mitral regurgitation, and the third one was a control group with 6 patients with minimal mitral regurgitation and no structural heart abnormalities. A geometrical model of the mitral valve was developed by the MVQ technique with a Philips iE33 ultrasound machine. In all patients, we assessed the geometrical parameters of the mitral annulus, the type of leaflet defects and chordal apparatus of the mitral valve, leaflet coaptation length, and the angle between the aortic and mitral valves. **Results:** The following patterns were found at comparison of the geometrical parameters of the fibrous mitral annulus. Compared to other groups, the patients with ischemic mitral regurgitation had higher antero-posterior diameter and commissural diameters (48.7 and 45.7 mm, respectively;  $p < 0.05$ ). They also had higher values of the tenting height and tenting volume, i.e., the mitral coaptation depth (11.9±2.1 mm and 5.9±2.8 mL, respectively;  $p < 0.05$ ). The prevalence of mitral valve prolapse was higher in the patients with degenerative mitral regurgitation (prolapse

height, 6.4±0.9 mm, prolapse volume, 1.3±0.1 mL;  $p < 0.001$ ). The leaflet coaptation length tended to be higher in the patients with organic lesions of the mitral valve (30±7.5 mm), while the shortest coaptation length was typical for the control group (23±1.6 mm); however, the difference was not statistically significant. The results of the mitral valve chordae tendinea measurements demonstrated that the anterolateral chord was the longest one (31.2 mm versus 21.3 mm of the postero-medial chord) in the group with degenerative mitral valve abnormalities; whereas in those with the ischemic mitral insufficiency and in the control group both chords had similar length. **Conclusion:** The MVQ allows for diagnosis of the mitral valve abnormalities and makes it possible to perform quantitative and qualitative assessment of the mitral valve geometry in patients with the valve abnormalities of various origins, which may significantly contribute to the choice of mitral valve repair strategy.

**Key words:** mitral valve, mitral regurgitation, trans-esophageal echocardiography, 3D mitral valve quantification

**For citation:** Tolstikhina AA, Mashina TV, Mrikaev DV, Dzhanketova VS, Gromova OI, Golukhova EZ. The potential of mitral valve quantification in cardiovascular surgery. *Almanac of Clinical Medicine.* 2017;45(8):635–43. doi: 10.18786/2072-0505-2017-45-8-635-643.

Received 20 October 2017; accepted 6 November 2017

**Tolstikhina Aleksandra A.** – MD, PhD, Functional Diagnostic Physician, Department of Functional Diagnostics<sup>1</sup>

✉ 25–4–989 Ramenki ul., Moscow, 119607, Russian Federation. Tel.: +7 (916) 704 54 50. E-mail: alexsasha2000@mail.ru

**Mashina Tat'yana V.** – MD, PhD, Senior Research Fellow, Specialist in Ultrasound Diagnostics, Department of Radiology<sup>2</sup>

**Mrikaev David V.** – MD, PhD, Cardiologist, Research Fellow, Department of Non-invasive Arrhythmology and Surgical Management of Comorbid Disorders<sup>2</sup>

**Dzhanketova Violeta S.** – MD, PhD, Cardiologist, Research Fellow, Department of Non-invasive Arrhythmology and Surgical Management of Comorbid Disorders<sup>2</sup>

**Gromova Olga I.** – MD, PhD, Cardiologist, Research Fellow, Department of Non-invasive Arrhythmology and Surgical Management of Comorbid Disorders<sup>2</sup>

**Golukhova Elena Z.** – Member of the Russian Academy of Sciences, MD, PhD, Professor, Head of Department of Non-invasive Arrhythmology and Surgical Management of Comorbid Disorders<sup>2</sup>

### Conflicts of Interest

The authors declare no competing interests related to this work, its topic, subject and content.

<sup>1</sup>P.V. Mandryka Central Military Clinical Hospital; 8a Bol'shaya Olen'ya ul., Moscow, 107014, Russian Federation

<sup>2</sup>A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; 135 Rublevskoe shosse, Moscow, 121552, Russian Federation