УДК 616.126.42-089.168-073.432.19-073.756.8

Е.З. Голухова, Т.В. Машина, В.С. Джанкетова, Д.В. Мрикаев

Трехмерная чреспищеводная эхокардиография в топической диагностике поражений митрального клапана у больных с гемодинамически значимой митральной недостаточностью

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (президент – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Голухова Елена Зеликовна, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой, и. о. директора НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева, зам. главного редактора журнала, orcid.org/0000-0002-6252-0322
Машина Татьяна Васильевна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., врач ультразвуковой диагностики, orcid.org/0000-0002-2020-5922
Джанкетова Виолета Султановна, канд. мед. наук, кардиолог, orcid.org/0000-0002-9519-9889
Мрикаев Давид Валерьевич, канд. мед. наук, кардиолог, orcid.org/0000-0003-4237-0758

Цель. Сравнить чувствительность выявления локализации пораженных сегментов митрального клапана (МК) с помощью двухмерной чреспищеводной эхокардиографии (2D-ЧПЭхоКГ) и трехмерной чреспищеводной эхокардиографии (3D-ЧПЭхоКГ) у пациентов с гемодинамически значимой митральной недостаточностью (МН) до и после хирургического вмешательства; оценить эффективность клапаносберегающей операции в условиях операционной.

Материал и методы. В исследование включено 55 пациентов с дегенеративной митральной регургитацией (миксоматоз МК), потребовавшей хирургической коррекции; 22 пациентам выполнены реконструктивные вмешательства на клапане, 33 – протезирование МК. Контрольная группа включала 20 человек без МР или с МР до I степени. У всех пациентов перед основным этапом операции интраоперационно определялась посегментарная локализация пролапсов створок при помощи методик 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ с построением трехмерной модели МК. Результаты ультразвукового исследования сравнивались с данными хирургической ревизии

Результаты. Частота выявления пролапсов с помощью 3D-ЧПЭхоКГ по сравнению с 2D-ЧПЭхоКГ в условиях операционной была достоверно выше для сегментов А1 ($p = 0,045$), А2 ($p = 0,043$), Р1 ($p = 0,038$), Р3 ($p = 0,039$). После реконструктивных вмешательств все анатомические показатели МК приближались к нормативным значениям ($p > 0,05$ в сравнении с контрольной группой). До и после операции отмечались значимые изменения следующих показателей: высота фиброзного кольца МК $9,0 \pm 1,1$ и $6,4 \pm 1,7$ мм ($p = 0,0001$), высота пролапса МК $6,4 \pm 2,3$ и $1,6 \pm 0,9$ мм ($p = 0,0001$), объем пролапса МК $1,2 \pm 0,3$ и $0,15 \pm 0,11$ мл ($p = 0,0001$), площадь МК $1482 \pm 380,3$ и $1058,3 \pm 129,3$ ($p=0,0001$), периметр МК $144,3 \pm 19,1$ и $119,8 \pm 9,3$ ($p = 0,0001$).

Выводы. Использование в клинической практике 3D-ЧПЭхоКГ позволяет улучшить результаты топической диагностики пораженных сегментов митрального клапана у пациентов с гемодинамически значимой МР и облегчить выбор оптимальной тактики хирургического лечения.

Ключевые слова: митральный клапан; недостаточность митрального клапана; пролапс митрального клапана; трехмерная чреспищеводная эхокардиография в реальном времени; трехмерная модель митрального клапана.

Для цитирования: Голухова Е.З., Машина Т.В., Джанкетова В.С., Мрикаев Д.В. Трехмерная чреспищеводная эхокардиография в топической диагностике поражений митрального клапана у больных с гемодинамически значимой митральной недостаточностью. *Креативная кардиология*. 2020; 14 (4): 339–48. DOI: 10.24022/1997-3187-2020-14-4-339-348

Для корреспонденции: Джанкетова Виолета Султановна, e-mail: cardioveta@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 03.12.2020
Принята к печати 15.12.2020

Creative Cardiology. 2020; 14 (4)
DOI: 10.24022/1997-3187-2020-14-4-339-348

Original articles

E.Z. Golukhova, T.V. Mashina, V.S. Dzhanketova, D.V. Mrikaev

Three-dimensional transesophageal echocardiography in the topical diagnosis of mitral valve lesions in patients with hemodynamically significant mitral insufficiency

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, 121552, Russian Federation

Elena Z. Golukhova, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of RAS, Chief of Chair, Acting Head of Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Deputy Chief Editor of the Journal, orcid.org/0000-0002-6252-0322

Tatiana V. Mashina, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, Ultrasonic Diagnostics Physician, orcid.org/0000-0002-2020-5922

Violeta S. Dzhanketova, Cand. Med. Sc., Cardiologist, orcid.org/0000-0002-9519-9889

David V. Mrikaev, Cand. Med. Sc., Cardiologist, orcid.org/0000-0003-4237-0758

Objective. To compare the sensitivity of detecting the localization of the affected segments of the mitral valve (MV) using two-dimensional transesophageal echocardiography (2D-TEE) and three-dimensional transesophageal echocardiography (3D-TEE) in patients with hemodynamically significant mitral regurgitation (MR) before and after surgery; to evaluate the effectiveness of valve-sparing surgery in the operating room.

Materials and methods. The study included 55 patients with degenerative mitral regurgitation (myxomatosis MV), which required surgical correction; 22 patients underwent reconstructive valve interventions, 33 – MV prosthetics. The control group included 20 people without MR or with MR up to 1 degree. In all patients, before the main stage of the operation, the segmental localization of the valve prolapses was determined intraoperatively using 2D and 3D-TEE techniques with the construction of a three-dimensional model of the MV. The results of the ultrasound examination were compared with the data of the surgical revision

Results. The frequency of detection of prolapses using 3D-TEE compared to 2D-TEE in the operating room was significantly higher for segments A1 ($p = 0.045$), A2 ($p = 0.043$), P1 ($p = 0.038$), P3 ($p = 0.039$). After reconstructive interventions, all anatomical parameters of MV approached the standard values ($p > 0.05$ in comparison with the control group). Before and after the operation, there were significant changes in the following indicators: the height of the fibrous ring MV 9.0 ± 1.1 and 6.4 ± 1.7 mm ($p = 0.0001$), the height of the prolapse MV 6.4 ± 2.3 and 1.6 ± 0.9 mm ($p = 0.0001$), the volume of the prolapse of the MV 1.2 ± 0.3 and 0.15 ± 0.11 ml ($p = 0.0001$), the area of the MV 1482 ± 380.3 and 1058.3 ± 129.3 ($p = 0.0001$), the perimeter of the MC 144.3 ± 19.1 and 119.8 ± 9.3 ($p = 0.0001$).

Conclusions. The use of 3D-TEE in clinical practice can improve the results of topical diagnosis of the affected segments of the mitral valve in patients with hemodynamically significant MR and facilitate the choice of optimal surgical treatment tactics.

Keywords: mitral valve; mitral valve insufficiency; mitral valve prolapse; real-time three-dimensional transesophageal echocardiography; mitral valve quantification.

For citation: Golukhova E.Z., Mashina T.V., Dzhanketova V.S., Mrikaev D.V. Three-dimensional transesophageal echocardiography in the topical diagnosis of mitral valve lesions in patients with hemodynamically significant mitral insufficiency. *Creative Cardiology*. 2020; 14 (4): 339–48 (in Russ.). DOI: 10.24022/ 1997-3187-2020-14-4-339-348

For correspondence: Violeta S. Dzhanketova, e-mail: cardioveta@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received December 03, 2020
Accepted December 15, 2020

Введение

Митральная недостаточность (МН) на сегодняшний день является одним из наиболее значимых и часто встречаемых в структуре заболеваний клапанов сердца [1].

На основании множества исследований можно утверждать, что осуществление адекватной функции митрального клапана (МК) возможно только при условии сохранности его анатомии и геометрии [2]. Анатомические нарушения в структуре клапана вызывают нарушение его замыкательной функции, что приводит к расширению левого предсердия (ЛП), нарушению систолической функции левого желудочка (ЛЖ), возникновению и усугублению сердечной недостаточности и ухуд-

шению прогноза пациента. В то же время митральная регургитация (МР) прогрессирует вместе с нарастанием тяжести сердечной недостаточности.

Нарушение адекватного смыкания створок МК, вызванное различными причинами, является главным звеном в развитии МН. В отдельных случаях МН требует оперативного вмешательства. Выбор метода хирургической коррекции (клапаносберегающая операция или протезирование клапана) обусловлено степенью поражения клапана и состоянием подклапанных структур. Важной задачей кардиолога и кардиохирурга является оптимальный выбор типа вмешательства и оценка его эффективности.

Данные исследований, посвященных ремоделированию сердца, возникающему у пациентов с длительно существующей МН, сводятся к потенциальной необходимости более раннего оперативного вмешательства для улучшения отсроченных результатов лечения [3].

В связи с совершенствованием хирургических пособий становится актуальным вопрос применения новых методов визуализации, в том числе и в условиях операционной.

Для установления диагноза и определения показаний к операции у пациентов часто достаточно трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ) [4, 5]. Для оценки степени митральной регургитации в настоящее время рекомендован комплексный подход. В рамках цветового допплеровского исследования (ЦДИ): наряду с площадью потока регургитации, соотношения объема регургитации и объема ЛП следует оценивать ширину *vena contracta*, оценивать конвергенцию потока регургитации (PISA) [6]. В дополнение к ЦДИ рекомендовано использование постоянно-волнового и импульсного допплеровского исследования и потока в легочных венах [7]. Однако не во всех случаях применение только трансторакальной ЭхоКГ может ответить на все вопросы, связанные с морфологией и геометрией фиброзного кольца (ФК) МК, створок и подклапанного аппарата, то есть определить объем, комплексность операции для каждого конкретного пациента.

В 2015 г. Th. Buck, B. Plicht внедрили в практику алгоритм для определения тяжести МР на основании следующих параметров 3D-ЭхоКГ: размер струи регургитации (площадь и отношение ее к площади ЛП), топические характеристики струи регургитации (центральная или эксцентричная), величина и индексированный объем левого предсердия, значение *vena contracta*. На основании суммирования баллов оценивалась тяжесть МР. 10 баллов и более определяют тяжелую МН (табл. 1) [6, 8].

Следует отметить, что не всегда с помощью трансторакальной ЭхоКГ возможно получить полное представление о морфологии и геометрии фиброзного кольца, створок и подклапанных структур, опреде-

Таблица 1

Шкала тяжести митральной недостаточности по данным 3D-ЭхоКГ. Каждый критерий соответствует определенному числу баллов. Сумма баллов определяет степень МР [8]

Критерий	Балл
Величина струи	
$<4{,}0$ см^2, <20 % ЛП	1
4,0–8,0 см^2, 20–40% ЛП	2
$>8{,}0$ см	3
Расположение струи	
центральная	1
эксцентричная	2
Размер ЛП	
$\leqslant 4{,}0$ см, $\leqslant 36$ мл/м^2	1
$>4{,}0$ см, $\geqslant 36$ мл/м^2	2
Vena contracta	
$<0{,}3$ см	1
0,3–0,69 см	3
$\geqslant 0{,}7$ см	5
Сумма набранных баллов	Степень МР
4–5	I
6	I–II
7–8	II
9	II–III
10–12	III

лить объем, сложность вмешательства для каждого больного.

Для определения возможности успешного выполнения пластического вмешательства на митральном клапане, согласно рекомендациям Европейского общества кардиологов и кардиоторакальных хирургов по лечению больных с клапанной болезнью сердца (2017 г.), следует получить максимально точную информацию о пораженном клапане с использованием сегментарной и функциональной анатомии в соответствии с классификацией Карпантье. Трансторакальная ЭхоКГ дает возможность оценить размеры митрального кольца и наличие кальциноза. При плохой визуализации рекомендуется выполнение чреспищеводной эхокардиографии (ЧПЭхоКГ). Трехмерная чреспищеводная эхокардиография (3D-ЭхоКГ) еще больше повышает точность оценки анатомии МК для выбора оптимального способа лечения [8].

Учитывая вышеперечисленное, для диагностики митральной регургитации используются следующие ультразвуковые методы:

– трансторакальная ЭхоКГ (рекомендуется для первичной оценки анатомии МК при МН);

– чреспищеводная ЭхоКГ (проводится при затрудненной визуализации либо для уточнения диагноза после проведения трансторакальной ЧПЭхоКГ);

– трехмерная ЧПЭхоКГ (применяется при сложном поражении МК для уточнения морфологии клапана). Проведение ЧПЭхоКГ показано в операционной при вмешательствах на МК.

Используя этот алгоритм возможна оценка степени МН, определение показаний к операции, вид вмешательства и его эффективность [8, 9].

Применение 3D-ЭхоКГ дает возможность получить изображение МК, максимально приближенное к тому, как видит его хирург во время операции (surgical vew). P. Biaggi et al. применяли 3D-ЭхоКГ для более точной диагностики пролапсов и отрывов хорд по сравнению с 2D-ЭхоКГ [10].

Значимую роль в улучшении визуализации МК играет метод mitral valve quantification (MVQ). MVQ делает возможным комплексный количественный анализ морфологических параметров МК: диаметра (переднезаднего, комиссурального), периметра, площади ФК, соотношения створок, высоты и объема тента, локализацию и объем пролапсов, длину хорд. Количественная оценка перечисленных показателей МК позволяет гораздо более тщательно оценить геометрию клапана для выбора оптимального метода хирургического лечения.

Построение трехмерной модели также дает возможность наглядно определить посегментарную локализацию пролабирующих сегментов створок. Таким образом, подробный план клапаносберегающей операции может быть разработан хирургами еще до операции. Это имеет очень важное значение для коррекции дегенеративной МН, сформировавшейся на фоне миксоматоза МК.

Чаще всего план оперативного вмешательства у данной группы пациентов включает кольцевую аннулопластику и сопутствующие методы восстановления, такие как резекция створок, использование неохорд. Конкретные цели устранения дефектов створок: ушивание дефекта, устранение избыточной ткани створок и восстановление дефицита ткани створок [11].

P. Biaggi et al. в своих исследованиях применяли трехмерную реконструкцию МК для оценки комплексности реконструктивного вмешательства.

В работах M. Tabata (2019 г.) проанализировано успешное использование трехмерной ЧПЭхоКГ в качестве диагностического пособия при реконструктивных вмешательствах на МК.

Последний обширный метаанализ (2020 г.) исследований, посвященных сравнению различных эхокардиографических методов (2D- и 3D-ЭхоКГ), оценивающих

тяжесть регургитации митрального клапана, с магнитно-резонансной томографией сердца (МРТ) в качестве эталонного метода. У пациентов (n = 280) с тяжелой МР использование методики 2D-ЭхоКГ обеспечило неверную оценку степени объема регургитации у 106 (38%) по сравнению с 4 (1%) неверных результатов при использовании 3D-ЭхоКГ, в частности 3D-ЭхоКГ с применением методики PISA для определения объема регургитации. Результаты 3D-PISA лучше всего коррелируют с данными МРТ, что делает 3D-ЭхоКГ наиболее надежным методом количественной оценки МР в рутинной клинической практике [12].

Большие перспективы имеет метод 3D-ЧПЭхоКГ при выполнении процедуры имплантации неохорд. Процедура имплантации неохорд представляет собой микроинвазивную технику трансжелудочковой замены хорды на работающем сердце у пациентов с гемодинамически значимой МР. В работе A. Vairo et al. в исследование включались пациенты с миксоматозной дегенерацией МК со значимыми пролапсами одной или обеих створок МК. 3D-ЭхоКГ, а именно методика «звездное небо», играет важную роль в оказании помощи оперирующему хирургу во время процедуры. Определение правильного расположения неохорд вдоль свободного края пролабирующего сегмента створки важно для обеспечения равномерного распределения их напряжения и предотвращения повреждения ранее имплантированных неохорд. Очевидно, что для обеспечения успеха реконструктивного вмешательства необходим расчет точной локализации расположения каждой неохорды [13].

Материал и методы

В наше исследование было включено 55 пациентов, проходивших лечение в НМИЦССХ им А.Н. Бакулева в 2012–2019 гг., с гемодинамически значимой дегенеративной митральной регургитацией (миксоматоз МК), потребовавшей ее хирургической коррекции; 22 (40%) пациентам были выполнены реконструктивные вмешательства на клапане, 33 (60%) – протезирование МК.

Контрольная группа состояла из 20 человек без МР или с МР до I степени. Органической патологии МК у данной группы пациентов не было выявлено.

У всех пациентов основной и контрольной группы (75 человек) определялась посегментарная локализация пролапсов створок. Применялись методики 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ с построением трехмерной модели МК. У пациентов с МН исследования проводились перед проведением основного этапа реконструктивного вмешательства в условиях операционной.

Результаты ультразвукового исследования сравнивались с данными хирургической ревизии. Все сегменты створок МК интраоперационно визуально оценивались на предмет наличия или отсутствия пролабирования.

В нашей работе мы использовали классификацию сегментов створок по A. Carpentier (рис. 1) [14].

Эхокардиографические параметры МК у пациентов с дегенеративной МН сравнивались до пластической операции и по-

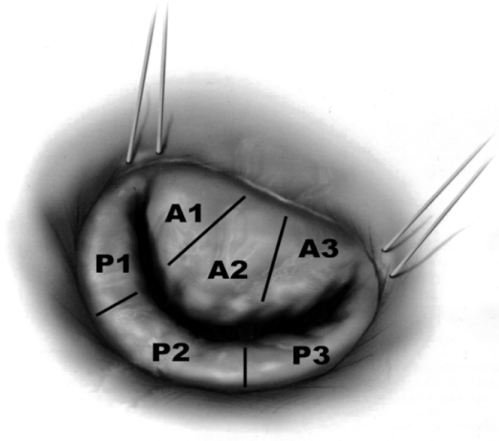


Рис. 1. Митральный клапан. Классификация сегментов митрального клапана (A. Carpentier).

A1 – переднелатеральный сегмент передней створки; A2 – средний сегмент передней створки; A3 – заднемедиальный сегмент передней створки; P1 – переднелатеральный сегмент задней створки; P2 – средний сегмент задней створки; P3 – заднемедиальный сегмент задней створки

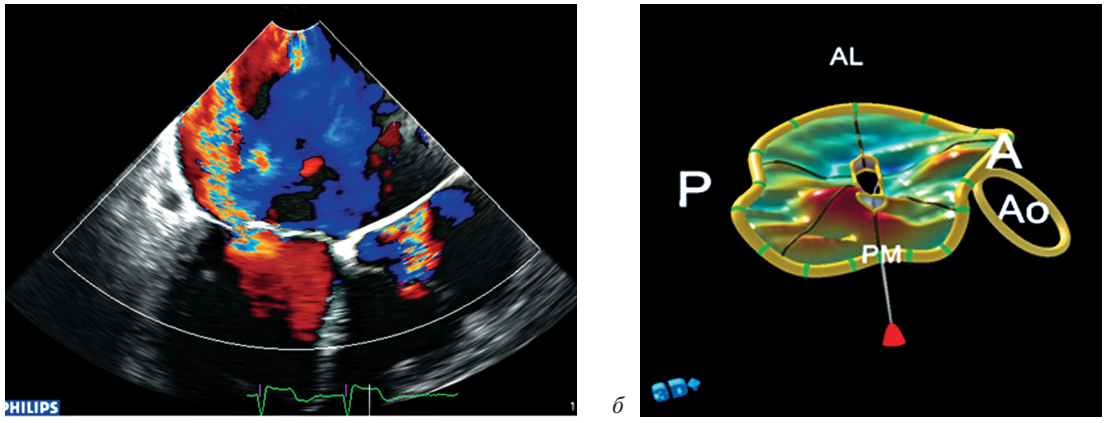
сле – 22 (40%) пациента. Полученные значения сравнивались также с нормативными параметрами, известными из литературных данных, а также полученными при обследовании пациентов из группы контроля. У пациентов, которым было выполнено протезирование МК, геометрические параметры оценивались до основного этапа вмешательства.

Целью исследования стало сравнить чувствительность выявления локализации пораженных сегментов МК с помощью 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ у пациентов с гемодинамически значимой МН до и после хирургического вмешательства, исходя из этих данных выбрать оптимальную тактику вмешательства и оценить эффективность клапаносберегающей операции в условиях операционной.

Результаты

При оценке клапана интраоперационно у 20 (36%) пациентов был диагностирован изолированный пролапс задней митральной створки, у 15 (27%) – пролапс передней митральной створки, 20 (36 %) пациентов имели пролапсы, распространившиеся на обе створки. Пролабирующая створка МК была идентифицирована у всех пациентов при использовании 3D-ЭхоКГ и построения трехмерной модели МК с помощью MVQ. Этот метод трехмерной реконструкции МК дает представление не только о форме ФК МК, но и позволяет измерить диаметры ФК как от переднебоковой стенки до заднемедиальной, так и от задней стенки до передней. С помощью этого метода можно оценить параметры геометрии створок и хордальный аппарат МК. У пациентов с поражением обеих створок вид «вздымающегося» клапана возможно было оценить и при помощи двухмерной ЭхоКГ (рис. 2, *а*). Однако 3D-ЭхоКГ дает больше инфрормации для точного определения пораженных сегментов (рис. 2, *б*). На рисунке красным и желтым обозначены пролапсы створок МК. Локализованные пролапсы одной из створок МК точно визуализировались при трехмерной реконструкции МК (рис. 3).

В таблице 2 приведены данные, отражающие частоту выявления пролапсов МК с помощью 2D- и 3D-ЭхоКГ. В нашей работе частота выявления пролапсов с помощью 3D-ЧПЭхоКГ по сравнению



а *б*

Рис. 2. Эхокардиографическое исследование пациента с миксоматозом митрального клапана и гемодинамически значимой митральной недостаточностью:

а – 2D-изображение миксоматозно пораженного митрального клапана с применением цветового допплеровского картирования. Визуализируется поток регургитации, пролапсы обеих створок; *б* – анатомическая трехмерная модель митрального клапана пациента с миксоматозной дегенерацией митрального клапана и гемодинамически значимой митральной регургитрацией. Поражены обе створки. Красным и желтым обозначены пролабирующие участки створок МК. Нарушена коаптация створок.

AL – anterolateral – переднелатеральная сторона фиброзного кольца; PM – posteromedial – заднемедиальная сторона фиброзного кольца; A – anterior – передняя створка клапана; P – posterior – задняя створка клапана; Ao – аорта

DOI: 10.24022/1997-3187-2020-14-4-339-348

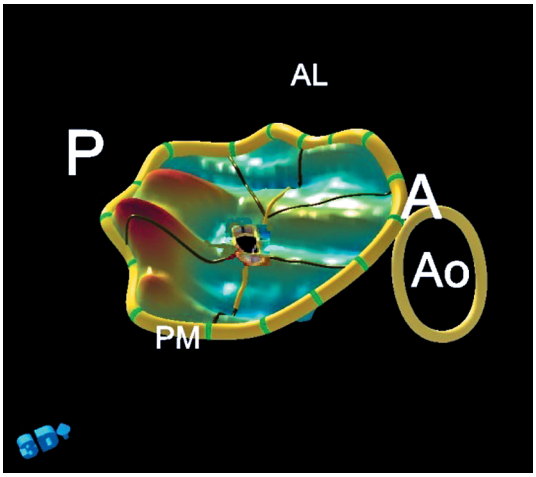


Рис. 3. Анатомическая трехмерная модель митрального клапана пациента с миксоматозной дегенерацией митрального клапана и гемодинамически значимой митральной регургитацией. Пролабируют сегменты P2, P3 задней митральной створки (выделены желтым и красным цветом). Нарушена коаптация створок.

AL – anterolateral – переднелатеральная сторона фиброзного кольца; PM – posteromedial – заднемедиальная сторона фиброзного кольца; A – anterior – передняя створка клапана; P – posterior – задняя створка клапана; Ao – аорта

с 2D-ЧПЭхоКГ в условиях операционной была достоверно выше для сегментов A1, A2, P1, P3.

Двадцати двум пациентам были выполнены клапансберегающие вмешательства на МК, 33 – имплантация протеза в митральную позицию. Высота ФК у пациентов с миксоматозом после реконструкции МК статистически значимо уменьшилась: составила до вмешательства 9,0 ± 1,1 мм, а после вмешательства – 6,4 ± 1,7 мм (p = 0,0001).

После реконструкции высота и объем пролапса МК достоверно снизились: до вмешательства 6,4 ± 2,3 мм и 1,2 ± 0,4 мл, после него – 1,6 ± 0,9 мм и 0,4 ± 0,4 мл соответственно (p = 0,0001).

После операции, включающей в себя пластику на опорном кольце, резекцию створок и хорд, анатомические показатели МК приближались к нормативным значениям. Статистически значимо уменьшились показатели: площадь и периметр МК, переднезадний и комиссуральный диаметр, высота и объем пролапса створок, высота самого клапана (табл. 3).

Параметры МК после клапаносберегающих вмешательств в нашем исследовании приближаются к показателям контрольной группы (p > 0,05) (табл. 4).

Обсуждение

По данным нашего исследования была выявлена более высокая частота выявления пролапсов створок МК с помощью 3D-ЧПЭхоКГ по сравнению с 2D-ЧПЭхоКГ в условиях операционной. Частота выявления пролабирующих участков створок была достоверно выше для сегментов A1, A2 передней и P1, P3 задней створок МК у пациентов с миксоматозной дегенерацией.

Таблица 2

Частота выявления локализации пролабирующих сегментов МК с помощью 2D-ЧПЭхоКГ и 3D-ЧПЭхоКГ

Пораженный сегмент	Число пациентов с выявленным пролапсом в данном сегменте по данным хирургической ревизии, (n) %	Частота выявления с помощью 2D-ЭхоКГ, %	Частота выявления с помощью 3D-ЭхоКГ, %	p
A1	11 (20)	69,2	87,5	0,045*
A2	22 (40)	93,3	100	0,043*
A3	17 (31)	91,7	91,7	–
P1	17 (31)	69,2	92,3	0,038*
P2	27 (49)	95,2	100	0,067
P3	27 (49)	90	100	0,039*

*p < 0,05 – различия статистически достоверны.

Таблица 3

Динамика геометрических параметров митрального клапана, рассчитанных с помощью MVQ, у пациентов с миксоматозной дегенерацией МК до и после реконструктивных вмешательств

Параметр	До операции	После операции	p
Переднезадний диаметр ФК МК, мм	40,1 ± 3,7	31,8 ± 2,9	0,0001*
Комиссуральный диаметр ФК МК, мм	40,7 ± 4,5	33 ± 2,3	0,0001*
Высота ФК МК, мм	9,0 ± 1,1	6,4 ± 1,7	0,0001*
Периметр ФК МК, мм	144,3 ± 19,1	119,8 ± 9,3	0,0001*
Площадь ФК МК, мм^2	1482 ± 380,3	1058,3 ± 129,3	0,0001*
Угол передней створки МК, градусы	24,4 ± 11,5	22,2 ± 8,6	0,226
Угол задней створки МК, градусы	20,5 ± 9,0	21,6 ± 10,1	0,794
Непланарный угол створок, градусы	143,2 ± 25,9	132 ± 15,3	0,076
Высота пролапса, мм	6,4 ± 2,3	1,6 ± 0,9	0,0001*
Объем пролапса, мл	1,2 ± 0,3	0,15 ± 0,1	0,0001*
Высота тента, мм	7,6 ± 3,9	6,9 ± 3,3	0,126
Объем тента, мл	2,6 ± 1,7	2,1 ± 2,0	0,091
Митрально-аортальный угол, градусы	120,28 ± 8,3	122,6 ± 12,5	0,13
Длина переднелатеральной хорды, мм	26,5 ± 2,7	24,9 ± 2,6	0,1
Длина заднемедиальной хорды, мм	27,0 ± 3,1	26,8 ± 2,3	0,07

Примечание. Результаты представлены в виде M±SD, где M – среднее значение, SD – стандартное отклонение.
*$p < 0,05$ – различия статистически достоверны.

Таблица 4

Динамика геометрических параметров митрального клапана, рассчитанных с помощью MVQ, у пациентов с миксоматозной дегенерацией МК после реконструктивных вмешательств и в контрольной группе

Параметр	Контрольная группа (n=20)	Пациенты после операции	p
Переднезадний диаметр ФК МК, мм	34,2 ± 1,12	31,8 ± 2,9	0,25
Комиссуральный диаметр ФК МК, мм	33,5 ± 1,51	33 ± 2,3	0,36
Высота ФК МК, мм	6,4 ± 1,287	6,4 ± 1,7	0,96
Периметр ФК МК, мм	115,39 ± 4,49	119,8 ± 9,3	0,56
Площадь ФК МК, мм^2	967,08 ± 129,3	1058,3 ± 129,3	0,08
Угол передней створки МК, градусы	22,25 ± 7,8	22,2 ± 8,6	0,91
Угол задней створки МК, градусы	19,84 ± 6,3	21,6 ± 10,1	0,08
Непланарный угол створок, градусы	132,19 ± 10,3	132 ± 15,3	0,92
Высота пролапса, мм	1,01 ± 0,443	1,6 ± 0,9	0,08
Объем пролапса, мл	0,07 ± 0,22	0,15 ± 0,4	0,06
Высота тента,мм	5,86 ± 1,4	6,9 ± 3,3	0,126
Объем тента, мл	2,1 ± 2,0	2,7 ± 2,0	0,059
Митрально-аортальный угол, градусы	117,105 ± 3,14	122,6 ± 12,5	0,14
Длина переднелатеральной хорды, мм	24,99 ± 2,43	24,9 ± 2,6	0,89
Длина заднемедиальной хорды, мм	25,2 ± 1,79	26,8 ± 2,3	0,15

Примечание. Результаты представлены в виде M±SD, где M – среднее значение, SD – стандартное отклонение.

Применение метода построения трехмерной модели МК позволило получить данные, максимально приближенные к данным хирургической ревизии, что может иметь значение для определения оптимального метода хирургической коррекции МН до операции.

Полученные нами результаты не противоречат результатам зарубежных исследований, посвященных сравнению 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ в качестве диагностического пособия [15]. В исследовании L.E. de Groot-de Laat et al. сравнивалась эффективность 2D-ЭхоКГ, 2D-ЧПЭхоКГ и 3D-ЧПЭхоКГ в определении локализации пролабирующих сегментов створок МК у пациентов с дегенеративными заболеваниями МК (исследуемая группа включала в себя 25 пациентов). Анализ с помощью 3D-ЧПЭхоКГ требовал меньше времени по сравнению с методами 2D-анализа и показал лучшую диагностическую точность (обусловленную более высокими чувствительностью и специфичностью) для идентификации пролапсов в сегментах P1 и P3, а также обеспечил оптимальное описание степени пролапса в сегменте P2 [14]. В нашем исследовании мы также оценивали геометрические параметры МК после реконструктивных вмешательств. У пациентов после пластики МК показатели анатомии и геометрии клапана приблизились к нормативным [15].

Заключение

Использование в клинической практике трехмерной чреспищеводной эхокардиографии позволяет улучшить результаты топической диагностики пораженных сегментов митрального клапана у пациентов с гемодинамически значимой митральной регургитацией по сравнению со стандартным эхокардиографическим исследованием и тем самым облегчить выбор оптимального хирургического лечения МН.

Литература [References]

1. Nkomo V.T., Gardin J.M., Skelton T.N. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet*. 2006; 368: 1005–11.
2. Бокерия Л.А., Машина Т.В., Голухова Е.З. Трехмерная эхокардиография. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2002: 5–27.
[Bockeria L., Mashina T., Golukhova E. Three-dimensional echocardiography. Moscow; 2002: 5–27 (in Russ.).]
3. Pardi M.M., Pomerantzeff P.M.A., Sampaio R.O., Abduch M.C., Brandão C.M.A., Mathias W., Jr. et al. Relation of mitral valve morphology to surgical repair results in patients with mitral valve prolapse: A three-dimensional transesophageal echocardiography study. *Echocardiography*. 2018; 35 (9): 1342–50. DOI: 10.1111/echo.14048
4. Митьков В.В., Сандриков В.А. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике. М.: Видар; 1998: 86–119.
[Mit'kov V.V., Sandrikova V.A. Clinical guidelines for ultrasound diagnostics. Moscow; 1998: 86–119 (in Russ.).]
5. Митьков В.В. Общая ультразвуковая диагностика. 2-е изд. М.: Видар; 2011.
[Mit'kov V.V. General ultrasound diagnostics. Moscow; 2011 (in Russ.).]
6. Buck Th., Plicht B. Cardiovasc Imaging Rep. Real-Time Three-Dimensional Echocardiographic assessment of severity of mitral regurgitation using iroximal isovelocity surface area and vena contracta area method lessons we learned and clinical implications. *Curr. Cardiovasc. Imaging Rep*. 2015; 8 (10): 38. DOI: 10.1007/s12410-015-9356-7
7. Schwammental E., Chen C. et al. Dynamics of mitral regurgitant flow fnd orifice area: Physiologic application of the proximal flow convergence method. *Circulation*. 1994; 90: 307.
8. Baumgartner H., Falk V., Bax J.J, De Bonis M., Hamm Ch., Holm P.J. et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur. Heart J*. 2017; 38 (36): 2739–91. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx391
9. Zoghbi W.A., Adams D., Bonow R.O., Enriquez-Sarano M., Foster E., Paul A. Recommendations for noninvasive evaluation ofnative valvular regurgitationa 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.
10. Biaggi P., Jedrzkiewicz S., Gruner C. 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: 758–65.
11. Tabata M., Nishida H., Watanabe S., Uchimuro T., Takanashi S. Interscallop indentation closure as an adjunctive technique in mitral valve repair for degenerative mitral valve disease. *Gen. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2019. DOI: 10.1007/s11748-019-01177-5
12. Sköldborg V., Madsen P.L., Dalsgaard M., Abdulla J. Quantification of mitral valve regurgitation by 2D and 3D echocardiography compared with cardiac magnetic resonance a systematic review and

meta-analysis. Meta-Analysis *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2020; 36 (2): 279–89. DOI: 10.1007/s10554-019-01713-7

13. Vairo A., Marro M., Speziali G., Rinaldi M., Salizzoni S. "The Starry Sky". A new intraprocedural three-dimensional echocardiographic technique. *Echocardiography*. 2019; 36 (9): 1765–8. DOI: 10.1111/echo.14474
14. De Groot-de Laat L.E., Ren B., McGhie J., Oei F.B., Strachinaru M., Kirschbaum S.W. et al. The role of experience in echocardiographic identification of location and extent of mitral valve prolapse with 2D and 3D echocardiography. *Int. J. Cardiovasc. Imaging*. 2016; 32 (8): 1171–7. DOI: 10.1007/s10554-016-0895-z
15. Голухова Е.З., Машина Т.В., Джанкетова В.С., Мрикаев Д.В., Шамсиев Г.А., Бокерия Л.А. Определение показаний к реконструктивным вмешательствам на митральном клапане и оценка их эффективности с помощью интраоперационной трехмерной чреспищеводной эхокардиографии. *Креативная кардиология*. 2016; 10 (1): 59–83. DOI: 10.15275/kreatkard.2016.01.06
[Golukhova E.Z., Mashina T.V., Dzhanketova V.S., Shamsiev G.A., Mrikaev D.V., Bockeria L.A. Three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve reconstruction: the role and effectiveness. *Creative Cardiology*. 2016; 10 (1): 59–83. DOI: 10.15275/kreatkard.2016.01.06 (in Russ.).]