

НОВЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 616.126.42-089-073.432.19

Ультразвуковая анатомия и чреспищеводная трехмерная эхокардиография в хирургии митрального клапана (обзор литературы)

Л.А. Бокерия, Т.В. Машина, В.С. Джанкетова, Е.З. Голухова

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

Бокерия Лео Антонович, академик РАН и РАМН, директор ФГБНУ «НЦССХ им. А.Н. Бакулева»;

Машина Татьяна Васильевна, ст. научн. сотр., канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики;

Джанкетова Виолета Султановна, кардиолог, аспирант, e-mail: cardioveta@mail.ru;

Голухова Елена Зеликовна, доктор мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, заведующий отделением

Современные методы ультразвуковой диагностики позволяют получить более полную и точную информацию о типе анатомических повреждений, механизме и объеме регургитации у пациентов с патологией митрального клапана на дооперационном этапе и в условиях операционной. В статье подробно рассмотрены возможности метода трехмерной чреспищеводной эхокардиографии, способствующие уточнению диагноза, определению показаний к оперативному вмешательству и оценке его эффективности.

Ключевые слова: митральный клапан; митральная регургитация; пролапс митрального клапана; чреспищеводная интраоперационная трехмерная эхокардиография в режиме реального времени; трехмерная реконструкция митрального клапана.

Ultrasound anatomy and three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve surgery (review)

L.A. Bockeria, T.V. Mashina, V.S. Dzhanketova, E.Z. Golukhova

A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery; Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Bockeria Leo Antonovich, Academician of Russian Academy of Sciences and Russian Academy of Medical Sciences, Director of A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery;

Mashina Tat'yana Vasil'evna, Senior Research Associate, MD, PhD, Ultrasonic Diagnostics Physician;

Dzhanketova Violeta Sultanovna, Cardiologist, Postgraduate, e-mail: cardioveta@mail.ru;

Golukhova Elena Zelikovna, MD, DM, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Chief of Department

Modern methods of ultrasound diagnostics allow to get complete and accurate information about the type of anatomical damage and mechanism of regurgitation in patients with mitral valve pathology preoperatively and in the operating room. The article discussed in detail the possibilities of the three-dimensional transesophageal echocardiography in clarifying the diagnosis, determine the indications for surgical intervention and assess its effectiveness.

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

В настоящее время кардиохирургию невозможно представить без эхокардиографического исследования (ЭхоКГ). С помощью трансторакального ультразвукового иссле-

дования на предоперационном этапе ведения пациентов определяют показания к хирургическому лечению, а после операции – оценивают эффективность вмешательств.

Важное место в диагностике патологии сердечно-сосудистой системы занимает чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭхоКГ), особенно в тех случаях, когда выполнение трансторакального исследования технически невозможно. Чреспищеводный доступ позволяет беспрепятственно проводить анализ труднодоступных при трансторакальном исследовании структур сердца [1]. Одной из точек приложения данного метода является интраоперационное ультразвуковое исследование.

В условиях операционной метод ЧПЭхоКГ приобретает еще большее значение, так как позволяет проводить исследование без помех работе хирурга, помогает уточнить предоперационный диагноз, локализацию интересующих структур сердца, окончательно определить тактику вмешательства, а также провести оценку эффективности операции [2].

Интраоперационное ЧПЭхоКГ-исследование является обязательным у пациентов с приобретенными или врожденными пороками сердца, аневризмами левого желудочка (ЛЖ), новообразованиями в камерах, дефектами межжелудочковой или межпредсердной перегородок [3]. В настоящее время развитие новых методов визуализации в медицине направлено в конечном итоге на то, чтобы получить изображение, наиболее приближенное к реальному объекту. С анатомической точки зрения сердце является сложной динамической трехмерной структурой. Первые попытки получить трехмерное изображение сердца принадлежат М. Matsumoto и относятся к концу 1970-х годов [4]. В нашей стране метод трехмерной ЭхоКГ по инициативе и под руководством академика Л.А. Бокерия впервые был применен в 1998 г. в отделении неинвазивной аритмологии НЦССХ им. А.Н. Бакулева [5].

Роль 3D-ЭхоКГ в оценке митральной недостаточности (МН) состоит в более глубоком понимании морфологии клапана (этиология и механизм регургитации), а также в более точном определении степе-

ни (тяжести) регургитации [6]. Наибольшее значение интраоперационная ЧПЭхоКГ имеет при пластических операциях на митральном клапане (МК).

Реконструктивная хирургия митральной недостаточности стала активно развиваться в начале 1970-х годов; большой вклад в ее развитие внес Алан Карпантье. Он радикально изменил тактику хирургического лечения, прогноз пациентов с выраженной недостаточностью МК стал более благоприятным. Реконструктивные вмешательства на МК предполагают новый подход и определяют новые требования в оценке анатомии и функции клапана. Ультразвуковая визуализация должна предоставлять хирургам точную информацию о типе и степени анатомических повреждений, механизме и объеме регургитации и помочь оценить возможность проведения клапано-сохраняющей операции [7, 8].

Анатомия и физиология митрального клапана

Митральный клапан — комплексная анатомическая структура, включающая четыре основных компонента: фиброзное кольцо, створки, сухожильные хорды и папиллярные мышцы (рис. 1).

Правильная деятельность комплекса зависит от нормальной функции и интеграции каждого из компонентов. Нарушения одного из этих компонентов могут привести к недостаточности клапана. Левое предсердие (ЛП) и ЛЖ в зависимости от фазы кардиоцикла сообщаются или отделяются друг от друга с помощью митральных створок. Мышечные волокна предсердия и желудочка принимают участие в строении фиброзного кольца, а папиллярные мышцы, являясь органической частью мускулатуры желудочков, через сухожильные хорды объединяют описываемые структуры МК в единый функциональный блок. Митральный комплекс прикрепляется проксимально к атриовентрикулярному соединению, дистально, через папиллярные мышцы, — к миокарду ЛЖ. Митральный

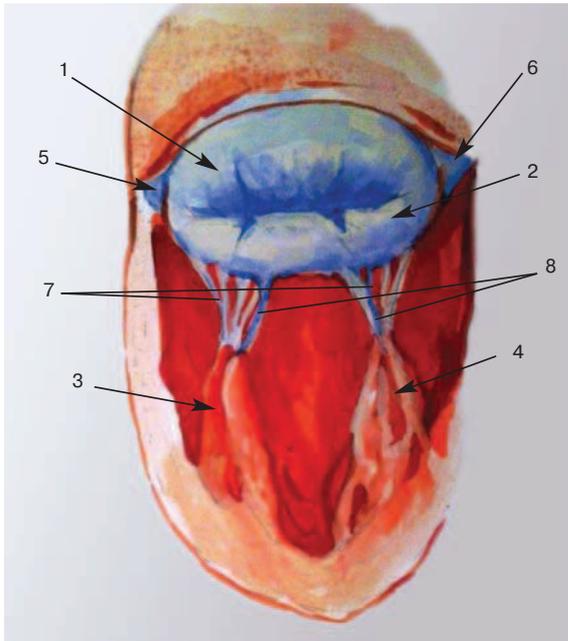


Рис. 1. Митральный аппарат.
1 – передняя митральная створка; 2 – задняя митральная створка; 3 – переднелатеральная сосочковая мышца; 4 – заднемедиальная сосочковая мышца; 5 – левый фиброзный треугольник; 6 – правый фиброзный треугольник; 7 – хорды передней митральной створки; 8 – хорды задней митральной створки.

Рисунок В.С. Джанкетовой

клапан непосредственно связан с аортальным: створки могут быть описаны как аортальная и муральная. В закрытом состоянии створки образуют дно ЛП.

Герметичное закрытие клапана обеспечивается сухожильными хордами и папиллярными мышцами с помощью контроля напряжения створок. При нормальном расположении закрытые створки не поднимаются выше плоскости атриовентрикулярного соединения, что является решающим при определении пролапса клапана. Если рассматривать МК с предсердной стороны, то видимой отметкой дистального пространства миокарда предсердия является фиброзное кольцо (ФК).

Под термином «фиброзное кольцо» понимают фиброзную поддержку створок клапана. Диаметр кольца составляет 30–35 мм, у женщин этот показатель меньше, чем у мужчин. Фиброзное кольцо состоит из

плотной соединительной ткани, продолжающейся внутрь створок, формируя их фиброзный слой. Две структуры остова сердца образуют часть ФК МК: левый и правый фиброзные треугольники.

Передняя и задняя створки МК крепятся у основания к ФК, по свободным краям к хордам первого порядка. Створки МК неравноценны по размеру и форме. Более широкая аортальная (передняя) створка имеет треугольную форму с круглым апикальным контуром. Задняя створка уже, но имеет более широкое крепление к ФК, в результате чего площадь поверхности идентична таковой аортальной створки. Общая площадь створок в 1,5–2 раза превышает площадь митрального отверстия, что обеспечивает надежную герметичность клапана.

Сухожильные хорды вместе с папиллярными мышцами составляют аппарат натяжения клапана и удерживают створки от пролабирования в полость ЛП во время систолы желудочков. Хорды берут начало от апикальных порций папиллярных мышц или непосредственно от задней стенки желудочка, крепятся к свободному краю створок или на их желудочковой поверхности. Количество хорд, их разветвленность, места прикрепления, а также длина и толщина отличаются большим разнообразием [9–11].

Папиллярные мышцы имеют сравнительно постоянное местоположение и являются продолжением наружной косой мышцы желудочков сердца. Они располагаются под комиссурами и занимают переднелатеральное и заднемедиальное положение. К каждой папиллярной мышце прикрепляются хорды, которые крепятся и к аортальной, и к муральной створкам. Передняя сосочковая мышца наиболее крупная, по форме напоминающая конус. Задняя папиллярная мышца имеет более широкое основание и отчетливо выраженные головки в количестве 3–6. Функция мышц состоит в обеспечении соответствующего натяжения сухожильных нитей [9].

Открытие и закрытие МК происходит за счет створок клапана, хорд, папиллярных мышц и миокарда ЛЖ и ЛП. Сокращение миокарда в области кольца клапана во время систолы происходит главным образом за счет части, соответствующей свободной стенке ЛЖ. У здоровых людей это приводит к уменьшению площади клапана приблизительно на 20% [9, 12]. Любые изменения в объемах предсердия и желудочка, в ритмичности их сокращений, акинезы или гипокинезы стенок сердца отражаются на замыкательной функции клапана вплоть до возникновения преходящей или постоянной регургитации при морфологической сохранности остальных составляющих.

В отношении митральной регургитации (МР) традиционно используется классификация Carpentier, основанная на различной подвижности створок (нормальное движение, пролапс или ограничение движения сегментов створок) [9, 13]:

I тип: нормальная подвижность створок, расширение ФК МК или перфорация створок МК.

II тип: пролабирование створок (чрезмерная подвижность створок, возможно, миксоматозное поражение), удлинение или отрыв хорд, удлинение или отрыв папиллярных мышц.

III тип: ограничение подвижности створок.

IIIa тип: характерен для ревматического поражения с нормальным движением стенок ЛЖ с выраженным фиброзом и кальцинозом.

IIIб тип: характерен для ишемической и идиопатической кардиопатии с ухудшением функции и дилатацией ЛЖ, но с сохраненной морфологией створок, хорд, папиллярных мышц, часто с рестрикцией сегмента P1.

Точное описание механизма поражения клапана требуется для прогнозирования сложности оперативного вмешательства и вероятности достижения успешного результата. Это помогает принять решение об

оптимальном времени хирургического вмешательства, что становится все более актуальным в ведении бессимптомных пациентов с тяжелой МР.

Эхокардиография позволяет оценить створки, наличие избыточной ткани, фиброзные изменения и кальцификаты, выявить анатомические повреждения и сегментарную локализацию пролапсов у пациентов с патологией МК. В этом аспекте методом выбора по-прежнему является ЧПЭхоКГ. Применение этой методики в условиях операционной позволяет уточнить дооперационный диагноз, а также оценить результаты хирургического вмешательства. Визуализация МК при чреспищеводном исследовании зависит от положения датчика, наиболее распространенными являются стандартные позиции: четырехкамерная, двухкамерная и трансгастральная (для оценки длины хорд и папиллярных мышц) [7].

Оценка морфологии митрального клапана с помощью 3D-ЭхоКГ

С целью комплексной оценки сложной анатомии и функции митрального клапана в настоящее время все более широко применяется метод интраоперационной 3D-ЧПЭхоКГ [14]. Трехмерная ЭхоКГ предоставляет уникальные перспективы визуализации клапанных структур, представляя створки клапана «анфас», позволяя лучше понять топографические аспекты патологии и определить пространственные соотношения внутрисердечных структур [8].

Использование двухмерного изображения хорошего качества как ориентира и выбор оптимальной плоскости изображения позволяет получить «хирургический вид» («surgical view») МК в режиме реального времени, соответствующий картине со стороны операционного поля.

Огромным преимуществом этого метода является отличное качество изображения независимо от сердечного ритма. Дополнительная информация может быть получена с помощью 3D-ЭхоКГ с цветовым

доплеровским исследованием, однако качество изображения может ухудшаться в условиях нарушений ритма. Возможна идентификация не только первичных струй регургитации, но и дополнительных меньших потоков вдоль линии коаптации и спаек [15].

Измерения параметров МК с помощью трехмерной ЭхоКГ, по данным ряда авторов, хорошо коррелируют с хирургическими измерениями и определяют тактику хирургического вмешательства [14, 16–19].

Особенно ценным метод трехмерной ЧПЭхоКГ является в оценке дегенеративных заболеваний МК. В частности, Маспаб и соавт., сравнивая 2D- и 3D-ЧПЭхоКГ для оценки МН при хирургических вмешательствах, пришли к выводу, что метод 3D-ЧПЭхоКГ является более точным в определении местоположения и степени пролапса створки МК и более информативным при локализации пролапса в медиальных и латеральных сегментах створок.

P. Biaggi и соавт. выполнили исследование, целью которого было сравнение 2D- и 3D-ЭхоКГ для определения локализации пролапсов створок МК у пациентов с гемодинамически значимой МР, которым планировались реконструктивные вмешательства на МК. Локализация пролапсов, количество пораженных сегментов, высота створок МК, а также параметры ФК МК определяли у 50 пациентов. Ученые выяснили, что 3D-ЭхоКГ обладает более высокой чувствительностью (92–100%) по сравнению с 2D-ЭхоКГ (80–96%) для идентификации пролабирующих сегментов [20]. Имеются данные о том, что показатели, полученные с помощью 3D-ЭхоКГ лучше коррелируют с хирургическими результатами по сравнению с 2D-ЭхоКГ, как для определения локализации пролапса митрального клапана ($p < 0,001$), так и для диагностики отрыва хорд ($p < 0,001$). Превосходство 3D-ЭхоКГ было значимым для сегментов А2, Р1, Р2 в диагностике пролапса митрального клапана и для сегментов А2, Р2 в диагностике отрыва хорд ($p < 0,05$) [14, 20, 21].

Совсем недавно J. Grewal и соавт. выполнили аналогичные исследования и также подтвердили возможность применения 3D-ЧПЭхоКГ, в том числе и для выявления сложных поражений с участием нескольких сегментов или обеих створок. Трехмерная ЧПЭхоКГ превосходит 2D и 3D трансторакальную ЭхоКГ в своей диагностической точности относительно определения локализации пролапса ($p < 0,001$). Преимуществом 3D-ЧПЭхоКГ перед трехмерным трансторакальным исследованием является значительное улучшение разрешения изображения и улучшенная детализация каждой створки. Метод позволяет выявить такие особенности морфологии створок, которые не могли быть оценены ранее, например глубокие трещины створок (фиссуры) как источник регургитации.

Трехмерная ЭхоКГ применяется не только для диагностики клапанной патологии, но и для оценки адекватности хирургического вмешательства в интра- и послеоперационном периоде [17, 22].

Большой интерес представляет также применение 3D-ЭхоКГ у пациентов с выраженной функциональной МР [23]. Имеются литературные данные о целесообразности использования методики Proximal Isovelocity Surface Area (PISA) в оценке объема и фракции регургитации при трехмерном чреспищеводном исследовании в режиме цветовой доплерокардиографии [24].

В настоящее время возможности 3D-ЭхоКГ значительно расширились благодаря новым техническим возможностям. Так, с 2007 г. в 3D-ЭхоКГ получил широкое развитие метод Mitral Valve Quantification (MVQ), позволяющий проводить количественный анализ геометрии МК [25, 26]. Это метод трехмерной реконструкции МК, который 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 также оценить параметры

геометрии створок и хордальный аппарат МК [25–27]. Основные параметры МК, измеряемые с помощью MVQ: диаметр ФК от переднебоковой до заднебоковой стенки, диаметр ФК от передней до задней стенки, площадь ФК, высота ФК, угол и площадь передней створки, угол и площадь задней створки, непланарный угол створок, высота и объем тента, высота и объем пролапса, длина хорд папиллярных мышц.

При оценке тяжести МН наиболее прогностически значимыми показателями являлись:

- 1) полисегментарное поражение створок МК;
- 2) дилатация ФК с его вертикальной деформацией (высота ФК МК);
- 3) объем пролапса;
- 4) объем тента;
- 5) высота тента;
- 6) высота пролапса [28, 29].

Метод MVQ позволяет оценить весь митральный комплекс со стороны левого желудочка в его связи с хордами, папиллярными мышцами и стенками ЛЖ [28]. Данная информация необходима для выбора дальнейшей хирургической тактики, при этом модель МК, построенная с помощью MVQ, позволяет кардиохирургу выбрать оптимальное для конкретного пациента оперативное вмешательство на клапане, скорректировать подход к клапаносохраняющей операции, что в свою очередь положительно скажется на качестве жизни пациента в послеоперационном периоде [2, 19, 30–32]. Преимуществом данного метода также является быстрота получения результата – обработка информации занимает в среднем 15–20 мин.

В зарубежной литературе отражен достаточно широкий опыт применения данного метода в кардиохирургической практике. Например, А. Delabays и соавт. обследовали 91 пациента с гемодинамически значимой митральной недостаточностью вследствие пролапса МК, используя MVQ, и пришли к выводу, что метод позволяет точно определить топику пролапса, а также

позволяет оценить количественно пролабирующую область створок МК [33].

Ряд авторов использовали метод MVQ при дегенеративной болезни МК, так как он помогает детально объяснить механизм митральной регургитации для решения дальнейшей тактики коррекции, а также для оценки результатов в послеоперационном периоде [17].

Описан также опыт применения MVQ при пороках МК ревматической этиологии, при кардиомиопатиях ишемического и неишемического генеза [34–36]. В исследовании А.А. Толстихиной проведено изучение митральной недостаточности различного генеза с помощью метода MVQ для выявления особенностей анатомии аппарата МК, с тем чтобы оптимизировать выбор тактики хирургической коррекции порока. В работе предложены нормативные параметры геометрии МК, полученные с помощью этого метода, определены его чувствительность и специфичность в выявлении МН у пациентов с сердечной патологией [37].

Так, органическая митральная недостаточность (миксоматоз створок МК) ассоциирована с выраженной вертикальной деформацией, полисегментарным поражением створок. Для аритмогенной митральной недостаточности характерны незначительные изменения створок МК, дилатация ФК МК [38]. Ишемическая митральная недостаточность характеризуется умеренной степенью МН, дилатацией ФК МК, увеличением высоты и объема тента (рис. 2).

Может ли 3D-ЭхоКГ точно определить объем реконструктивного вмешательства на МК? Для того чтобы ответить на этот вопрос, 3D-ЭхоКГ было выполнено 66 пациентам с гемодинамически значимой МР перед выполнением клапаносохраняющих операций. Объем и сложность реконструктивного вмешательства определялись такими параметрами, как площадь передней и задней створок, окружность ФК, угол передней и задней створок, высота и объем пролапса и тента МК. Однако же наиболее

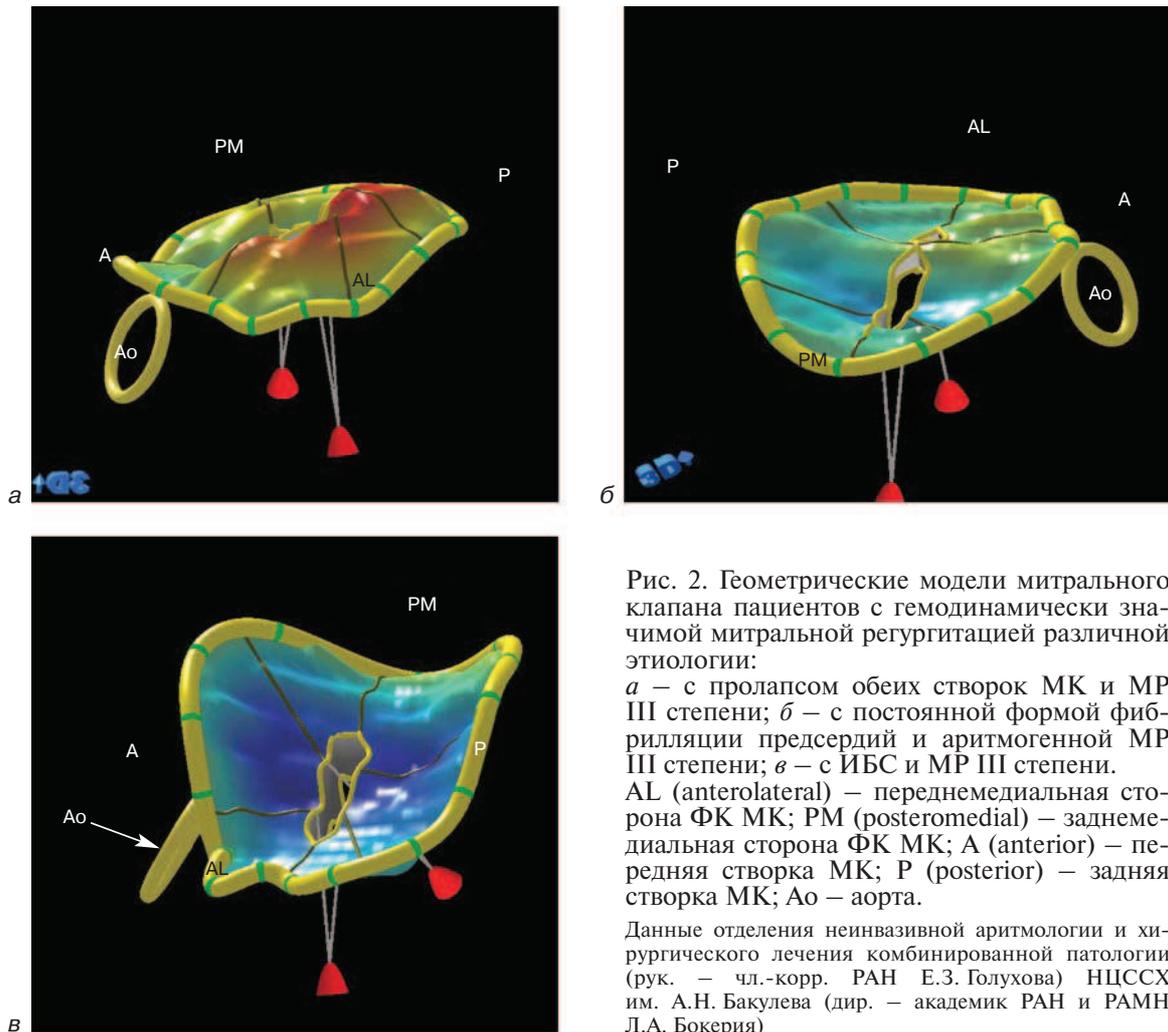


Рис. 2. Геометрические модели митрального клапана пациентов с гемодинамически значимой митральной регургитацией различной этиологии:

a – с пролапсом обеих створок МК и МР III степени; *б* – с постоянной формой фибрилляции предсердий и аритмогенной МР III степени; *в* – с ИБС и МР III степени.

AL (anterolateral) – переднемедиальная сторона ФК МК; PM (posteromedial) – заднемедиальная сторона ФК МК; A (anterior) – передняя створка МК; P (posterior) – задняя створка МК; Ao – аорта.

Данные отделения неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии (рук. – чл.-корр. РАН Е.З. Голухова) НЦССХ им. А.Н. Бакулева (дир. – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия)

важными параметрами были признаны полисегментарное поражение створок, высота пролапса и угол задней створки [29].

Количественная оценка сокращения размеров фиброзного кольца при помощи метода MVQ после пластики, вероятно, обеспечивает более полное представление о долговечности пластики [31].

Оценка тяжести митральной регургитации с помощью 3D-ЭхоКГ

Оценка степени тяжести митральной регургитации с помощью 2D-ЭхоКГ является сложной задачей, особенно в случае эксцентричной струи регургитации. Трехмерное цветовое доплеровское исследование позволяет лучше визуализировать

происхождение, размеры и формы струй, охарактеризовать кровотоки как качественно, так и количественно, оценить пространственную ориентацию, конфигурацию потока, провести измерение площади потока и измерить фракцию регургитации [39]. Трехмерная реконструкция патологических потоков в настоящее время активно развивается и совершенствуется.

Измерение *vena contracta* и PISA (proximal isovelocity surface area) – методы, используемые для количественной оценки тяжести митральной регургитации и позволяющие рассчитать эффективную площадь отверстия и объем регургитации. Ширина струи митральной регургитации в месте ее формирования – перешеек ре-

регургитации, или *vena contracta* – параметр, который меньше зависит от давлений в камерах сердца и от сердечного выброса, чем глубина проникновения регургитирующей струи в предсердие. Считается, что значение *vena contracta* менее 3 мм соответствует незначительной МН, а при перешейке 6 мм имеется выраженная МН [40].

Традиционный метод PISA предполагает, что площадь формирующейся (проксимальной) струи митральной регургитации имеет форму полушария, что очень часто бывает не так. При дегенеративных поражениях МК PISA более сферическая, но в случае функциональной митральной регургитации PISA имеет удлиненную и эллиптическую форму. Это объясняет неточности в оценке тяжести регургитации с помощью 2D-методов PISA. Новые методы 3D-ЭхоКГ позволяют оценить истинную ее форму и обеспечивают более точное измерение PISA и *vena contracta*. Так, в исследовании J.A. De Agustín и соавт. сравнивали измерения PISA с помощью 2D- и 3D-ЭхоКГ у 33 пациентов с гемодинамически значимой МР. Было выявлено, что данные 3D-ЭхоКГ являются более точными для определения тяжести МР [24].

При отсутствии показаний для реконструктивных операций или при их неэффективности производится имплантация искусственных клапанов сердца. Интраоперационная оценка гемодинамических параметров на протезе является одной из важных задач ЧПЭхоКГ. Обязательна оценка скорости кровотока, пикового и среднего градиентов давления на протезе, эффективной площади протеза, времени полуспада доплеровской кривой. Для выявления парапротезной регургитации используется цветное доплеровское исследование. Выявленные дисфункции протезов могут быть устранены непосредственно в операционной [3].

Заключение

Вопросам выбора оптимального метода диагностики митральной недостаточности

различного генеза и определения тактики лечения каждого конкретного пациента посвящено множество исследований. Интраоперационная трехмерная ЧПЭхоКГ – новый метод ультразвукового исследования, целью применения которого является более тщательное изучение структурно-геометрических особенностей различных структур сердца, определение предполагаемого объема операции, стратификации рисков и в дальнейшем – оценка эффективности хирургического вмешательства, выявление послеоперационных осложнений и отдаленных результатов.

Литература

1. Бокерия Л.А., Бузиашвили Ю.И. Чреспищеводная эхокардиография в коронарной хирургии. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 1999.
2. Бокерия Л.А., Голухова Е.З. (ред.) Клиническая кардиология: диагностика и лечение. В 3 т. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2011.
3. Шевченко Ю.Л., Попов Л.В., Волкова Л.В. Интраоперационная чреспищеводная эхокардиография при вмешательствах на сердце. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2004.
4. Matsumoto M., Inoue M., Tamura S. Three-dimensional echocardiography for spatial visualization and volume calculation of cardiac structures. *J. Clin. Ultrasound*. 1981; 4: 157–65.
5. Бокерия Л.А., Машина Т.В., Голухова Е.З. Трехмерная эхокардиография. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2002.
6. Justin M.S., Bushra S. Three-dimensional echocardiography in valvular heart diseases. *SA Heart J*. 2010; 7: 106–13.
7. Lancellotti P., Moura L., Pierard L.A. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: Mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur. J. Echocardiogr*. 2011; 307–32.
8. Zamorano J.L., Gonçalves A. Three-dimensional echocardiography in valvular heart disease. *Heart*. 2013; 99 (11): 811–8.
9. Асатрян Т.В. Реконструктивная хирургия пролапса передней створки митрального клапана различной этиологии: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2003.
10. Воронаев Т.С. Клапанный аппарат предсердно-желудочковых отверстий в норме и при митральном стенозе. *Вестник хирургии*. 1956; 7: 46–7.
11. Lam J., Ranganathan N., Nigle E. Morphology of the human mitral valve, chordae tendineae: A new classification. *Circulation*. 1970; 41: 449–58.
12. Цукерман Г.И., Али Хассан, Скопин И.И. Реконструктивная хирургия пролапса митрального клапана. М.: Экспедитор; 1995.

13. Carpentier A., Chauvaud S., Fabiani I.N. Reconstructive surgery of mitral valve incompetence. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1980; 79: 338–48.
14. Hien M.D., Rauch H., Lichtenberg A. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography: improvements in intraoperative mitral valve imaging. *Anesth. Analg.* 2013; 116: 287–95.
15. Kongsarepong V., Shiota M., Gillinov M. Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 2006; 29: 504–8.
16. Izumo M., Shiota M., Kar S. Comparison of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography to two-dimensional transesophageal echocardiography for quantification of mitral valve prolapse in patients with severe mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 2013; 111: 588–94.
17. Grewal J., Mankad S., Freeman W. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the intraoperative assessment of mitral valve disease. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2009; 22: 33–41.
18. Kapetanakis S. Three-dimensional echocardiography. *Hospital Chronicles*. Suppl. 2010; 2: 52–5.
19. Lang R., Salgo I., Anyanwu A. The road to mitral valve repair with live 3D transesophageal echocardiography. *MedicaMundi.* 2008; 52: 37–42.
20. 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.
21. Delabays A., Jeanrenaud X., Chassot P. et al. Localization and quantification of mitral valve prolapses using three-dimensional echocardiography. *Eur. J. Echocardiogr.* 2004; 6: 422–9.
22. Grewal J., Suri R., Mankad S. Mitral annulus dynamics in myxomatous valve disease new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation.* 2010; 12: 1423–31.
23. Khabbaz K.R., Mahmood F., Shakil O. Dynamic 3-dimensional echocardiographic assessment of mitral annular geometry in patients with functional mitral regurgitation. *Ann. Thorac. Surg.* 2013; 95: 105–10.
24. De Agustín J.A., Marcos-Alberca P., Fernandez-Golfín C. Direct measurement of proximal isovelocity surface area by single-beat three-dimensional color Doppler echocardiography in mitral regurgitation: a validation study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012; 25: 815–23.
25. Голухова Е.З., Бакулева А.А., Машина Т.В., Какучая Т.Т. Первый опыт в России применения методики Mitral Valve Quantification в кардиохирургической практике. *Креативная кардиология.* 2009; 1: 61–7.
26. Голухова Е.З., Бакулева А.А., Машина Т.В., Какучая Т.Т. Митральная недостаточность: анализ геометрии митрального клапана (Mitral Valve Quantification). *Креативная кардиология.* 2011; 1: 129–33.
27. Kovalova S., Necas J. RT-3D TEE: Characteristics of mitral annulus using Mitral Valve Quantification (MVQ) program. *Echocardiography.* 2011; 28 (4): 461–7.
28. Машина Т.В., Джанкетова В.С., Шамсиев Г.А., Голухова Е.З. Интраоперационная чреспищеводная трехмерная эхокардиография: клинический случай и литературная справка. *Креативная кардиология.* 2013; 1: 88–93.
29. Chikwe J., Adams D.H., Su K.N., Anyanwu A.C. et al. Can three-dimensional echocardiography accurately predict complexity of mitral valve repair? *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2012; 3: 518–24.
30. Fattouch K., Murana G., Castrovinci S. Mitral valve annuloplasty and papillary muscle relocation oriented by 3-dimensional transesophageal echocardiography for severe functional mitral regurgitation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012; 143: 538–42.
31. Mahmood F., Subramaniam B., Gorman J. Three-dimensional echocardiographic assessment of changes in mitral valve geometry after valve repair. *EuroIntervention.* Suppl. 2010; 88: 1838–44.
32. Mehrotra R., Bansal M., Agrawal V. Mitral valve assessment using real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Indian Heart J.* 2009; 61: 123–5.
33. Delabays A., Jeanrenaud X., Chassot P. et al. Localization and quantification of mitral valve prolapses using three-dimensional echocardiography. *Eur. J. Echocardiogr.* 2004; 6: 422–9.
34. Bouma W., Van der Horst I. et al. Chronic ischemic mitral regurgitation. Current treatment results and new mechanism – based surgical approaches. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010; 37: 170–85.
35. Kongsarepong V., Shiota M., Gillinov M. Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 2006; 29: 504–8.
36. Kwan J., Shiota T., Agler D. Geometric differences of the mitral apparatus between ischemic and dilated cardiomyopathy with significant mitral regurgitation: real-time three-dimensional echocardiography study. *Circulation.* 2003; 107: 1135–40.
37. Толстихина А.А. Новые ультразвуковые технологии в диагностике митральной недостаточности при ишемической и аритмогенной дисфункции левого желудочка, ассоциированной с фибрилляцией предсердий: Дис. ... канд. мед. наук. М.; 2012.
38. Бокерия О.Л., Базарсадаева Т.С. Внезапная сердечная смерть и пороки митрального и аортального клапанов. *Анналы аритмологии.* 2013; 10 (3): 162–70. DOI: 10.15275/annaritm.2013.3.6.
39. Бокерия Л.А., Голухова Е.З., Шанаурина Н.В., Машина Т.В., Можина А.А. Недостаточность клапанов сердца: ультразвуковая диагностика. М.: НЦССХ им А.Н. Бакулева; 2008.
40. Sugeng L., Weinert L., Lang R.M. Real-time three-dimensional color Doppler flow of mitral and tricuspid regurgitation: feasibility and initial quantitative comparison with 2-dimensional methods. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2007; 20: 1050–7.

References

1. *Bockeria L.A., Buziashvili Yu.I.* Transesophageal ehokardigrafiya in coronary surgery. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; 1999 (in Russian).
2. *Bockeria L.A., Golukhova E.Z.* (eds). Clinical Cardiology: diagnosis and treatment. In 3 vols. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; 2011 (in Russian).
3. *Shevchenko Yu.L., Popov L.V., Volkova L.V.* Intraoperative transesophageal echocardiography in interventions on the heart. Moscow: GEOTAR-Media; 2004 (in Russian).
4. *Matsumoto M., Inoue M., Tamura S.* Three-dimensional echocardiography for spatial visualization and volume calculation of cardiac structures. *J. Clin. Ultrasound.* 1981; 4: 157–65.
5. *Bockeria L.A., Mashina T.V., Golukhova E.Z.* Three-dimensional echocardiography. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; 2002 (in Russian).
6. *Justin M.S., Bushra S.* Three-dimensional echocardiography in valvular heart diseases. *SA Heart J.* 2010; 7: 106–13.
7. *Lancellotti P., Moura L., Pierard L.A.* European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: Mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur. J. Echocardiogr.* 2011; 307–32.
8. *Zamorano J.L., Gonçalves A.* Three-dimensional echocardiography in valvular heart disease. *Heart.* 2013; 99 (11): 811–8.
9. *Asatryan T.V.* Reconstructive surgery of the anterior leaflet prolapse of the mitral valve of various etiologies: Med. Sci. Diss. Moscow; 2003 (in Russian).
10. *Voropaev T.S.* The valve apparatus atrioventricular openings in normal and in mitral stenosis. *Vestnik Hirurgii.* 1956; 7: 46–7 (in Russian).
11. *Lam J., Ranganathan N., Nigle E.* Morphology of the human mitral valve, chordae tendineae: A new classification. *Circulation.* 1970; 41: 449–58.
12. *Tsukerman G.I., Ali Hassan, Skopin I.I.* Reconstructive surgery of mitral valve prolapse. Moscow: Ekspeditor; 1995.
13. *Carpentier A., Chauvaud S., Fabiani I.N.* Reconstructive surgery of mitral valve incompetence. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1980; 79: 338–48.
14. *Hien M.D., Rauch H., Lichtenberg A.* Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography: improvements in intraoperative mitral valve imaging. *Anesth. Analg.* 2013; 116: 287–95.
15. *Kongsarepong V., Shiota M., Gillinov M.* Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 2006; 29: 504–8.
16. *Izumo M., Shiota M., Kar S.* Comparison of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography to two-dimensional transesophageal echocardiography for quantification of mitral valve prolapse in patients with severe mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 2013; 111: 588–94.
17. *Grewal J., Mankad S., Freeman W.* Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the intraoperative assessment of mitral valve disease. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2009; 22: 33–41.
18. *Kapetanakis S.* Three-dimensional echocardiography. *Hospital Chronicles.* Suppl. 2010; 2: 52–5.
19. *Lang R., Salgo I., Anyanwu A.* The road to mitral valve repair with live 3D transesophageal echocardiography. *MedicaMundi.* 2008; 52: 37–42.
20. *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.
21. *Delabays A., Jeanrenaud X., Chassot P.* et al. Localization and quantification of mitral valve prolapses using three-dimensional echocardiography. *Eur. J. Echocardiogr.* 2004; 6: 422–9.
22. *Grewal J., Suri R., Mankad S.* Mitral annulus dynamics in myxomatous valve disease new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation.* 2010; 12: 1423–31.
23. *Khabbaz K.R., Mahmood F., Shakil O.* Dynamic 3-dimensional echocardiographic assessment of mitral annular geometry in patients with functional mitral regurgitation. *Ann. Thorac. Surg.* 2013; 95: 105–10.
24. *De Agustín J.A., Marcos-Alberca P., Fernandez-Golfín C.* Direct measurement of proximal elisovocity surface area by single-beat three-dimensional color Doppler echocardiography in mitral regurgitation: a validation study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2012; 25: 815–23.
25. *Golukhova E.Z., Bakuleva A.A., Mashina T.V., Kakuchaya T.T.* The first experience in the application of the methodology Russia Mitral Valve Quantification in cardiac practice. *Kreativnaya Kardiologiya.* 2009; 1: 61–7 (in Russian).
26. *Golukhova E.Z., Bakuleva A.A., Mashina T.V., Kakuchaya T.T.* Mitral regurgitation: analysis of the geometry of the mitral valve (Mitral Valve Quantification). *Kreativnaya Kardiologiya.* 2011; 1: 129–33 (in Russian).
27. *Kovalova S., Necas J.* RT-3D TEE: Characteristics of mitral annulus using Mitral Valve Quantification (MVQ) program. *Echocardiography.* 2011; 28 (4): 461–7.
28. *Mashina T.V., Dzhanketova V.S., Shamsiev G.A., Golukhova E.Z.* Intraoperative transesophageal echocardiography three-dimensional: case report and literature reference. *Kreativnaya Kardiologiya.* 2013; 1: 88–93 (in Russian).
29. *Chikwe J., Adams D.H., Su K.N., Anyanwu A.C.* et al. Can three-dimensional echocardiography accurately predict complexity of mitral valve repair? *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2012; 3: 518–24.

30. *Fattouch K., Murana G., Castrovinci S.* Mitral valve annuloplasty and papillary muscle relocation oriented by 3-dimensional transesophageal echocardiography for severe functional mitral regurgitation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012; 143: 538–42.
31. *Mahmood F., Subramaniam B., Gorman J.* Three-dimensional echocardiographic assessment of changes in mitral valve geometry after valve repair. *EuroIntervention. Suppl.* 2010; 88: 1838–44.
32. *Mehrotra R., Bansal M., Agrawal V.* Mitral valve assessment using real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Indian Heart J.* 2009; 61: 123–5.
33. *Delabays A., Jeanrenaud X., Chassot P.* et al. Localization and quantification of mitral valve prolapses using three-dimensional echocardiography. *Eur. J. Echocardiogr.* 2004; 6: 422–9.
34. *Bouma W., Van der Horst I.* et al. Chronic ischemic mitral regurgitation. Current treatment results and new mechanism – based surgical approaches. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2010; 37: 170–85.
35. *Kongsarepong V., Shiota M., Gillinov M.* Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am. J. Cardiol.* 2006; 29: 504–8.
36. *Kwan J., Shiota T., Agler D.* Geometric differences of the mitral apparatus between ischemic and dilated cardiomyopathy with significant mitral regurgitation: real-time three-dimensional echocardiography study. *Circulation.* 2003; 107: 1135–40.
37. *Tolstikhina A.A.* New ultrasound technology in the diagnosis of mitral regurgitation in ischemic and arrhythmogenic left ventricular dysfunction associated with atrial fibrillation: Med. Sci. Diss. Moscow; 2012 (in Russian).
38. *Bockeria O.L., Bazarsadaeva T.S.* Sudden cardiac death and malformations of the mitral and aortic valves. *Annaly Aritmologii.* 2013; 10 (3): 162–70. DOI: 10.15275/annaritmol.2013.3.6. (in Russian).
39. *Bockeria L.A., Golukhova E.Z., Shanaurina N.V., Mashina T.V., Mozhina A.A.* Failure of heart valves: ultrasound diagnosis. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of Russian Academy of Medical Sciences; 2008 (in Russian).
40. *Sugeng L., Weinert L., Lang R.M.* Real-time three-dimensional color Doppler flow of mitral and tricuspid regurgitation: feasibility and initial quantitative comparison with 2-dimensional methods. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2007; 20: 1050–7.

Поступила 26.12.2014 г.

© Р.А. ШОМАХОВ, Е.З. ГОЛУХОВА, 2014

УДК 616.12-008.318-073.756.8

Возможности магнитно-резонансной томографии с контрастным усилением у пациентов с нарушениями ритма сердца: взгляд кардиолога

Р.А. Шомахов, Е.З. Голухова

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

Шомахов Руслан Анатольевич, кардиолог, e-mail: r.shomachov@gmail.com;

Голухова Елена Зеликовна, доктор мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, заведующий отделением

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – один из самых информативных методов детальной оценки анатомо-функциональных характеристик сердца и сосудов. Начиная с 90-х годов XX столетия, в клиническую практику прочно вошла техника контрастирования миокарда с помощью хелатных солей гадолиния. В последние годы анализируют диагностические и прогностические возможности оценки позднего накопления гадолиния у пациентов с различной кардиальной патологией, в том числе осложненной нарушениями ритма. В данной статье представлены современные литературные данные о применении МРТ сердца с контрастным усилением у пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС), гипертрофической кардиомиопатией (ГКМП), дилатационной кардиомиопатией (ДКМП), воспалительными поражениями миокарда, неклапанной фибрилляцией предсердий. Рассмотрены вопросы стратификации риска внезапной сердечной смерти и отбора больных на имплантацию кардиовертеров-дефибрилляторов с использованием метода МРТ.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; отсроченное накопление гадолиния; нарушения ритма сердца; фибрилляция предсердий; желудочковая тахикардия; внезапная сердечная смерть.