

Анализ анатомических особенностей митрального клапана методами 2D и 3D эхокардиографии при ОГКМП

Л. А. Бокерия, академик РАН, генеральный директор

Т. И. Косарева, д.м.н., с.н.с. отделения ультразвуковой диагностики

В. Н. Макаренко, д.м.н., проф., рук. рентгенодиагностического отдела

Д. А. Маленков, н.с., хирург отделения кардиомиопатий

А. А. Аносов, врач ультразвуковой диагностики научно-консультативного отдела

А. М. Слепцова, врач отделения ультразвуковой диагностики

ФГБУ «Научный центр сердечно-сосудистой хирургии имени А. Н. Бакулева» (директор — академик РАН Л. А. Бокерия) РАН, г. Москва

Analysis of the anatomical features of the mitral valve using 2D and 3D echocardiography in OGCPM

L. A. Bokeriya, T. I. Kosareva, V. N. Makarenko, D. A. Malenkov, A. A. Anosov, A. M. Sleptsova

Scientific Center of Cardiovascular Surgery named after A. N. Bakuleva, Moscow, Russia

Резюме

Анатомия митрального клапана при ГКМП имеет определенные особенности, которые характеризуются как переднесистолическое движение ПМС, приводящее к развитию обструкции ВОЛЖ и относительной недостаточности МК различной степени тяжести. В статье представлены краткие характеристики 2D ЭхоКГ МК, которые в настоящее время не в полной мере удовлетворяют диагностические потребности кардиохирургии. С помощью трехмерной реконструкции МК удалось тщательно проанализировать все его структурно-анатомические характеристики, благодаря чему установлено, что трехмерная анатомия створок МК отличается от традиционных представлений, полученных методом двухмерной эхокардиографии. Новая трактовка анатомии створок, фиброзного кольца и механизма переднесистолического движения ПМС открывает новые возможности для пересмотра традиционной концепции хирургических вмешательств при ГКМП с целью разработки новых, оригинальных корректирующих методик.

Ключевые слова: переднесистолическое движение, трехмерная реконструкция митрального клапана, гипертрофическая кардиомиопатия.

Summary

Anatomy of the mitral valve in HCM has specific features such as systolic anterior motion (SAM) of anterior mitral valve leaflet, leading to LVOT obstruction and the MV insufficiency of varying severity. The article presents brief characteristics of 2D Echocardiography of MV, which is currently not fully satisfy the diagnostic need of cardiac surgery. Using three-dimensional reconstruction of MV helps to examine thoroughly all of its structural and anatomical characteristics, whereby it is established that three-dimensional anatomy of the leaflets of MV differs from the traditional views obtained by two-dimensional echocardiography. A new interpretation of the anatomy of the leaflets, fibrous ring, and the mechanism of SAM of anterior mitral valve leaflet opens up new opportunities for revision of the traditional concept of surgery for HCM with the aim of developing new, original corrective techniques.

Keywords: systolic anterior motion, three-dimensional reconstruction of the mitral valve, hypertrophic cardiomyopathy.

Гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП) — наследственное заболевание миокарда с массивной гипертрофией стенок желудочков (преимущественно ЛЖ). Выраженная гипертрофия ЛЖ (как и часто встречающаяся ассиметричная гипертрофия МЖП), сопровождается уменьшением размеров полости ЛЖ, диастолической дисфункцией и, нередко, обструкцией выходного тракта ЛЖ (субаортальный стеноз). В общей популяции взрослого населения данная патология встречается с частотой 0,2% (у 2 человек из 1000), заболеваемость ГКМП составляет 3 случая на 100 тыс. человек в год. [2].

Как правило ГКМП сопровождается обструкцией выходного отдела

левого желудочка, которая развивается во время систолы ЛЖ и обусловлена двумя факторами: утолщением межжелудочковой перегородки (миокардиальный) и нарушением движения передней створки митрального клапана. Сосочковая мышца укорочена, створка клапана утолщена и прикрывает пути оттока крови из левого желудочка вследствие парадоксального движения: в период систолы она приближается к межжелудочковой перегородке и соприкасается с ней, либо сужает просвет ВОЛЖ, что приводит к повышению в нем скорости кровотока (обструкции).

Особенности анатомии МК традиционно оцениваются методом ЭхоКГ в 2D режиме. Однако, стремительное развитие кардиохирургии показывает,

что для пространственного понимания анатомии МК и переднесистолического движения его створок, возможностей двухмерного ультразвукового режима недостаточно. Активное внедрение в широкую хирургическую практику таких высоких технологий как 3D и 4D ЭхоКГ значительно расширило диагностический диапазон ультразвуковой диагностики и позволило увидеть движение МК в реальном времени с его последующей 3D реконструкцией, которая открывает возможности для тщательного анализа всех его анатомических особенностей, характерных для ГКМП.

Цель исследования: анализ анатомических особенностей МК при ГКМП с использованием 3D и 4D ЭхоКГ.

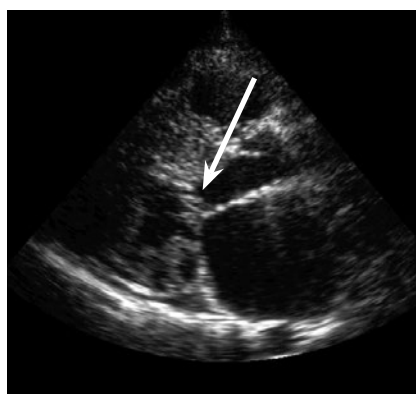
Материалы и методы

В 2017 году в отделении гипертрофической кардиомиопатии НЦ ССХ им. А. Н. Бакулева для диагностики митрального клапана активно используется трехмерная и четырехкамерная эхокардиография. За истекший период было выполнено более 10 транспищеводных исследований с 4D реконструкцией МК. Всем пациентам на дооперационном и послеоперационном этапах выполнена транспищеводная эхокардиография в двухмерном (2D), трехмерном (3D) и четырехмерном (4) режимах сканирования.

2D и 3D TEE проводили за сутки перед операцией на высокотехнологичной ультразвуковой системе «Philips» iE 33. По сохраненным видеоклипам трехмерного изображения строилась 3D модель митрального клапана с помощью методики MVQ, по которой автоматически рассчитывались такие анатомические параметры как: протяженность фиброзного кольца и его площадь, высота и степень вертикальной деформации, объем пролапса створок и высоты тента пролапса, протяженность кооптации и т. д. Вопрос о характере и тактике хирургической коррекции порока решался только после тщательного анализа всех структурно-геометрических показателей 4D модели митрального клапана.

Результаты исследования

В патогенезе гипертрофической кардиомиопатии ведущая роль принадлежит компенсаторной гипертрофии сердечной мышцы, обусловленной одним из двух возможных патологических механизмов — нарушением диастолической функции миокарда или обструкцией выходного тракта левого желудочка. Диастолическая дисфункция характеризуется поступлением в желудочки недостаточного количества крови в диастолу, что связано с плохой растяжимостью миокарда, и обуславливает быстрый подъем конечного диастолического давления. При обструкции выходного отдела левого желудочка имеет место утолщение межжелудочковой перегородки и специфическое движение передней створки митрального клапана [3].

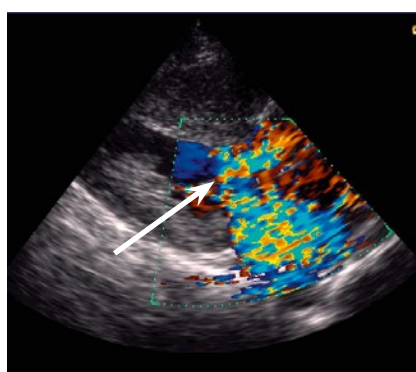


А

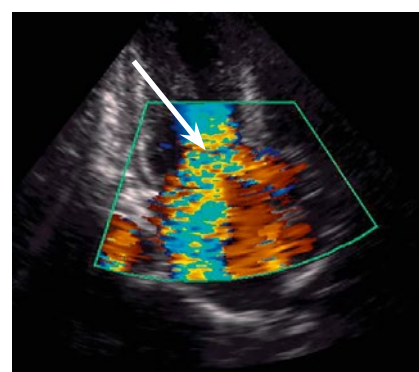


Б

Рисунок 1. Переднесистолическое движение ПМС: А — из парастерального доступа; Б — из апикального доступа.



А



Б

Рисунок 2. Цветное картирование обструкции в ВОЛЖ при ОГКМП и относительной недостаточности МК: А — из парастерального доступа; Б — из апикального доступа.

Переднесистолическое движение представляет собой патологическое смещение передней створки митрального клапана в середине систолы вперед, по направлению к межжелудочковой перегородке (рис. 1). Возникновение данного феномена связывают с несколькими причинами:

- передняя створка митрального клапана «подсасывается» по направлению к межжелудочковой перегородке за счет эффекта Вентури, который обусловлен тем, что во время систолического изгнания крови с большой скоростью в области выходного тракта ЛЖ возникает зона с относительно низким давлением;
- передняя створка митрального клапана отталкивается в сторону межжелудочковой перегородки за счет сокращения патологически расположенной и патологически ориентированной сосочковой мышцы.

Обычно переднесистолическое движение передней створки митрального клапана сопровождается возник-

новением эксцентрически направленной струи митральной регургитации, направленной к задней стенке левого предсердия (2). Поскольку это смещение створки митрального клапана по мере систолы нарастает, митральная регургитация в средней и поздней части систолы также становится более значительной [4].

Стремительное развитие современной кардиохирургии показывает, что оценка анатомии МК при ГКМП эхокардиографии в 2D режиме, не вполне удовлетворяет современные информационные диагностические потребности. Активное внедрение в широкую хирургическую практику таких высоких технологий как 3D и 4D ЭхоКГ значительно расширило диагностический диапазон ультразвуковой диагностики и позволило увидеть движение МК в реальном времени с его последующей 3D реконструкцией. Ультразвуковая технология 4D дает возможность визуализировать работу клапана в режиме реального времени (online), а затем в систолу, на стоп-кадре,

Таблица 1
Анализ параметров трехмерной модели МК при ОГКМП

Табличное название	Расшифровка	Параметры пациентов	Погреш. (%)	Норма
DALPm	Межкомиссуральный диаметр ФК (мм)	35,6 ± 5,65	1,9	36,31 ± 2,91
DAP	Передне-задний диаметр ФК (мм)	34,9 ± 5,71	32,3	26,38 ± 5,38
H	Высота ФК (мм)	9,37 ± 3,04	73,5	5,43 ± 1,82
C3D	Окруж. ФК в трехмерной проекции (мм)	125,28 ± 16,55	9,2	114,68 ± 10,72
A2D	Окруж. ФК в плоскости проекций (мм)	983,64 ± 286,70	15,1	855,24 ± 174,26
A3DE Ant	Площадь передней створки (мм ²)	721,21 ± 209,25	18,5	608,67 ± 245,12
A3DE Post	Площадь задней створки (мм ²)	636,49 ± 203,84	79,9	353,65 ± 74,36
V Tent	Объем тента створок (мл)	2,20 ± 1,62	27,9	1,72 ± 1,15
V Prol	Объем пролапса створок (мл)	025 ± 0,41	-	-
L3DE A2	Длина передней створки (мм)	22,89 ± 6,00	24,5	18,39 ± 6,01
L3DE P2	Длина задней створки (мм)	18,45 ± 4,54	62,8	11,33 ± 2,61
Θ Ant	Угол передней створки, °	33,89 ± 8,83	40,8	24,06 ± 5,82
Θ Post	Угол задней створки, °	41,79 ± 11,47	3,7	40,29 ± 12,11
Θ NPA	Непланарный угол, °	104,32 ± 15,99	10,9	115,64 ± 14,44
H Tent	Высота тента створок (мм)	10,73 ± 5,02	85,4	5,79 ± 2,02
H Prol	Высота пролапса (мм)	2,43 ± 1,64	-	-
L2DALPm	Длина кооптации (мм)	42,91 ± 10,05	69,2	25,37 ± 3,64
Aortic-Mitral	Угол между ФК АК и МК, °	132,57 ± 18,41	10,4	146,31 ± 12,46
L ChordAL	Длина переднебоковой хорды (мм)	29,4 ± 16,3	6,9	31,43 ± 6,77
L ChordPm	Длина заднемедиальной хорды (мм)	26,4 ± 12,8	11,4	29,40 ± 5,28

синхронизованном с ЭКГ, сделать 3D реконструкцию МК. Полученная трехмерная модель позволяет все-сторонне изучить анатомию и все структурно-геометрические характеристики клапана, относительно нормы [1] (табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что межкомиссуральный размер (DALPm) фиброзного кольца клапана у пациентов с ОГКМП отличается от нормы на ничтожно малую величину — 1,9%, а переднезадний размер (DAP) увеличился на 32,3%. Такое ремоделирования фиброзного кольца МК привело к тому, что клапан практически утратил свою физиологическую овально-седловидную форму (рис. 3-а' и 3-б') и приобрел округлую конфигурацию, так как переднезадний размер (DALPm-35,6±5,65) стал равен межкомиссуральному (DAP-34,9±5,71) (рисунки 3-А и 3-а). Характер патологического ремоделирования ФК клапана подтверждают

и другие его геометрические параметры. Отмечено увеличение таких параметров как высоты ФК (H) на 73,5%, окружности ФК в трехмерной проекции (C3D) на 9,2% и окружности ФК в плоскости проекций (A2D) на 15,1% (табл. 1).

По трехмерной модели можно проанализировать изменение размеров и конфигурации створок, их взаимоотношений, ориентации и т.д. Высота тента створок (H Tent) при ГКМП увеличивается почти вдвое — на 85,4%, что свидетельствует о значительной деформации створок, образующих воронкообразную форму при систолическом смыкании, чтобы оптимальным образом вписаться в суженную, воронкообразную полость ЛЖ (рис. 3-В и 3-в). Эту геометрическую характеристику створок клапана подтверждают увеличение длины их кооптации (L2DALPm) 69,2% и увеличение объема тента створок (V Tent) на 27,9% (табл. 1).

Одной из основных характеристик функции МК при ГКМП является переднесистолическое движение передней створки, формирующееся специфическим движением передней створки МК в направлении МЖП. Всегда считалось, что это движение происходит за счет аномального крепления хорд и увеличения длины ПМС.

Трехмерная эхокардиография позволила по-другому взглянуть на анатомическую составляющую переднесистолического движения. Трехмерная реконструкция МК позволила увидеть, что площадь передней створки при ГКМП (A3DE Ant), ненамного больше нормы, всего на 18,5%, зато площадь задней створки (A3DE Post) превышает норму на 79,9% (A3DE Post). Этот факт подтверждается значительным увеличением длины задней створки (L3DE P2) на 62,8% и умеренным увеличением длины передней (L3DE

P2) на 24,5 %. В норме створки МК не равны по площади: задняя створка занимает приблизительно 2/5 площади отверстия МК, а передняя створка 3/5. В трехмерной оценке в норме площадь передней створки превышает площадь задней на 72,1 %, а при ГКМП всего на 13,3 %, то есть разница в размерах площади между створками значительно сокращена, то есть по площади они оказываются почти равноценными (таблица 1) (рис.3-Б и 3-б). Однако, эти характеристики створок нуждаются в дальнейшем, углубленном изучении и анализе на большем количестве пациентов.

Кроме того, 3D реконструкция клапана показала увеличение угла передней створки (Θ Ant) на 40,8 % и задней (Θ Post) на 3,7 % и умеренное уменьшение угла между ФК АК и МК (Aortic-Mitral) на 10,4 %. Достоверно, но умеренно, сократилась длина хорд: переднебоковой (L ChordAL) на 6,9 % и заднемедиальной (L ChordPm) на 11,4 % (табл. 1) (рис.3-В и 3-в).

Обсуждение и выводы

3D реконструкция МК при ГКМП показала, что ФК при этой патологии вместо физиологически обоснованной овально-седловидной формы, имеет практически округлую конфигурацию, которая, скорее всего, обусловлена влиянием выраженного систолического градиента на ВОЛЖ в совокупности с гипертонусом массивных гипертрофированных мышц базального сегмента, расположенных по периметру фиброзного кольца и, вероятно определенным образом, сжимающего его. Кроме того, трехмерная реконструкция показала, что разница в размерах площади между передней и задней створками при ГКМП сокращается до 13,3 %, при норме 72,1 %. Кроме того, отмечается увеличение длины, площади и протяженности створок, преимущественно задней, что в совокупности с сужением полости ЛЖ и избыточностью ткани створок приводит к усугублению переднесистолического движения и увеличению обструкции ВОЛЖ. Анализ трехмерной реконструкции митрального клапана при ГКМП позволил по-новому взглянуть на переднесистолическое движение ПМС.

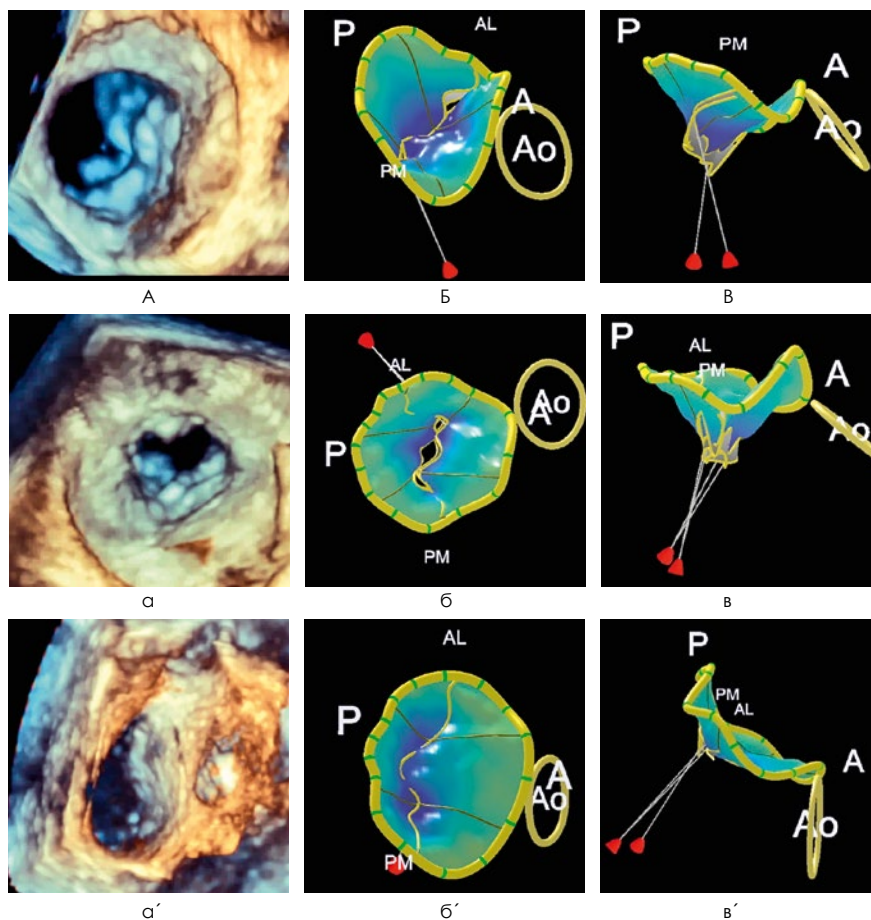


Рисунок 3. Визуализация МК в 3D и 4D режимах: изображения 3-А и 3-а' — 4D визуализация формы фиброзного кольца МК при ОГКМП в диастолу со стороны ЛП. Изображения 3-Б и 3-б' визуализация трехмерной модели МК при ОГКМП по короткой оси в систолу. Изображения 3-В и 3-в' визуализация трехмерной модели МК при ОГКМП в сагитальной плоскости. Изображение 3-а' 4D визуализация нормального МК, 3-б' и 3-в' 3D реконструкция нормального МК.

На основании полученных данных удалось установить, что значительное увеличение площади ЗМС приводит к тому, что переднесистолическое движение осуществляется не только передней створкой, как это всегда принято было считать. В этом достаточно характерном для ГКМП движении клапана участвуют обе створки, но приближается к МЖП и соприкасается с ней только передняя створка. Избыточность ткани створок МК в условиях сужения полости ЛЖ формирует воронкообразную или конусовидную конфигурацию систолического смыкания створок, соответствующую форме полости ЛЖ, а anomalous крепление хорд и переднесистолическое движение обеих створок приводит к фрагментарному подтягиванию ЗМС, чаще всего P2 с формированием локального нарушения кооптации и регургитацией различной степени тяжести (рис. 3-Б и 3-б).

Широкое, рутинное внедрение в практику таких высоких ультразвуковых технологий как 3D и 4D позволяет значительно расширить диагностические возможности лучевой диагностики и кардиохирургии, а также по-новому взглянуть на устоявшиеся концепции в оценке анатомии митрального клапана и методы его коррекции с целью поисков новых, нетрадиционных решений.

Список литературы

1. Кадратулова С. С., Павлюкова Е. Н., Карпов Р. С., Тарасов Д. Г., Ткачев И. В. Трехмерная реконструкция интактного митрального клапана с количественным анализом. // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2013. № 3. С. 54–63
2. http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevaniya_cardiology/hypertrophic-cardiomyopathy
3. http://www.krasotaimedicina.ru/diseases/zabolevaniya_cardiology/hypertrophic-cardiomyopathy
4. http://medicalplanet.su/cardiology/diagnostika_gkmp.html