

БИОМЕХАНИКА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У БОЛЬНЫХ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА

Т.Ю. Кулагина – д.м.н., зав. лаб. электрофизиологии и нагрузочных тестов^{1,2}

*Д.Р. Хаджиева – аспирант¹

В.А. Сандриков – академик РАН, д.м.н., проф., рук. отдела^{1,2}

Л.М. Кузнецова – д.м.н., профессор, гл. науч. сотрудник лаб. электрофизиологии и нагрузочных тестов

¹ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»

Отдел клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики

119435 Российская Федерация, г. Москва, Абрикосовский пер., 2

²Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава РФ, (Сеченовский Университет), кафедра функциональной и ультразвуковой диагностики;

119991 Российская Федерация, г. Москва, ул. Трубецкая, д.8, стр. 2

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- миокард
- деформация
- векторный анализ
- левый желудочек
- левое предсердие
- митральная недостаточность

АННОТАЦИЯ:

Цель: изучить контрактильности левого желудочка (ЛЖ) и левого предсердия (ЛП) методами «след пятна» (speckle tracking imaging), векторного анализа и диаграммного метода у больных митральной недостаточностью (МН).

Материалы и методы: обследовано 63 больных МН 3-4 степени (мужчин-39, женщин-24), средний возраст 53±11 лет. Группа нормы - 26 здоровых волонтеров (мужчин-15, женщин-11), средний возраст 39±7 лет. По стандартной методике выполняли трансторакальную эхокардиографию (ЭхоКГ) в покое. Оценивали размеры и объемы ЛЖ, ЛП, фракцию изгнания (ФИ), степень МН, давление в легочной артерии (ЛА). Серошальные изображения ЛЖ и ЛП обрабатывали методом «след пятна» с оценкой глобальной продольной деформации (GS)ЛЖ, пиковой продольной (PALS) и сократительной деформации (PACS) ЛП, а также методом векторного анализа скоростей смещения миокарда с построением диаграмм «Поток-Объем». В систолу (фазу резервуара ЛП) и диастолу (фазу кондукта ЛП) рассчитывали скорости изменения объема ЛЖ (dVol/dt) и ЛП (LAdVol/dt), скорости изменения длинной оси ЛЖ (dLA/dt) и ЛП (LAdLA/dt), а также, размер длинной оси ЛП (LA). Статистическая обработка (Statistica, 10,0; JMP).

Результаты: выявлено повышение размеров, объемов ЛЖ и ЛП, давления в ЛА в сравнении с нормой ($p < 0, (0)$), но ФИ была сохранна. GSи PACSy больных МН был в норме, а PALS снижен ($p < 0, (0)$), при этом, dVol/dt и LAdVol/dt в течение кардиоцикла повышены ($p < 0, (0)$), что отражено на диаграммах «Поток-Объем». Однако, dLA/dt были в норме, а LAdLA/dt статистически значимо снижен в фазу кондукта ($p < 0, (0)$). Размер LA был статистически значимо повышен в сравнении с нормой ($p < 0, (0)$).

Заключение: оценка деформации миокарда и показателей векторного анализа и диаграммного метода у больных МН является критерием эффективности работы ЛЖ и ЛП.

Для цитирования: Кулагина Т.Ю., Хаджиева Д.Р., Сандриков В.А., Кузнецова Л.М. «БИОМЕХАНИКА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ У БОЛЬНЫХ МИТРАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ». Журнал «Диагностическая и интервенционная радиология» 2018; 12(2):21–29.

BIOMECHANICS OF LEFT VENTRICLE AND LEFT ATRIUM IN PATIENTS WITH MITRAL VALVE REGURGITATION

*Kulagina T.Y. – MD, PhD^{1,2}

Khadzhiyeva D.R. – MD, post-graduate¹

Sandrikov V.A. – MD, PhD, professor, academician of RAS^{1,2}

Kouznetsova L.M. – MD, PhD, professor¹

¹Russian Scientific Center for Surgery named after Academician B.V. Petrowsky, Moscow, Russian Federation 2, Abrikosovskiy pereulok, Moscow, Russian Federation, 119435

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Russian Ministry of Health (Sechenov University) 8, Trubetskaya st. Moscow, Russian Federation, 119991

KEY-WORDS:

- myocardium
- deformation
- speckle tracking imaging
- left ventricle
- left atrium
- mitral insufficiency

ABSTRACT:

Aim: to study the contractility of left ventricle (LV) and left atrium (LA) by speckle tracking imaging (STI), vector analysis and the diagram method in patients with mitral regurgitation (MR).

Materials and methods: we examined 63 patients (39 males, 24 females), mean age 53±11 years with 3-4 degree MR and control group of 26 healthy volunteers (15 males, 11 females), mean age 39±7 years. Transthoracic echocardiography was performed by a standard technique at rest. Sizes and volumes of LV, LA, ejection fraction (EF), degree of MR, pulmonary artery (PA) pressure were evaluated. LV and LA images were analyzed by STI with LV global longitudinal strain (GS), peak atrial longitudinal (PALS) and contraction strain (PACS), and by vector analysis of myocardial displacement and «Flow-Volume» diagrams. Rates of volume change in LV (dVol/dt) and LA

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Хаджиева Диана Руслановна (Khadzhiyeva D.R.) e-mail: diana9049@yandex.ru.

(LAdVol/dt), rates of long axis change in LV (dLA/dt) and LA (LAdLA/dt), LA long axis size (LA) were calculated in systole (reservoir phase) and diastole (conduit phase). Statistical analysis (Statistica, 10.0; JMP).

Results: left heart sizes and volumes, PA pressure compared to the norm were increased ($p < 0,0$), but the EF was preserved. GS and PACS in patients with MR was normal, but PALS was reduced ($p < 0,0$), while dVol/dt and LAdVol/dt were increased and shown in «Flow-Volume» diagrams. But, dLA/dt was normal, LAdLA/dt was reduced in the conduit phase, LA size was increased ($p < 0,0$).

Conclusion: STI, vector analysis and diagram method parameters are the criteria for efficiency of LV and LA function in patients with MR.

Введение

На сегодняшний день, недостаточность митрального клапана (МК) представляет собой распространенную патологию среди приобретенных пороков сердца органического генеза и ассоциируется с высоким уровнем заболеваемости и смертности населения в индустриально развитых странах [1]. Длительно существующая объемная перегрузка левого желудочка (ЛЖ) и левого предсердия (ЛП) на фоне гемодинамически значимой митральной недостаточности (МН) является причиной повреждения миокарда ЛЖ, сердечной недостаточности (СН) и смерти пациентов [1]. Традиционные геометрические показатели объемов и размеров ЛЖ и ЛП, а также фракция изгнания (ФИ) ЛЖ, представляющая собой насосный коэффициент, не всегда в полной мере отражают их функциональные особенности. В современной литературе широко освещено изучение деформационных свойств миокарда ЛЖ [2] и ЛП [3-6], в основе которых лежит обработка серошкальных изображений. При этом, недостаточно изучен вопрос совместной оценки функции ЛЖ и ЛП, чему посвящены единичные публикации. К тому же, отсутствует единый подход в оценке функции миокарда ЛП и диастолической функции ЛЖ с позиции механики. У больных МН с перегрузкой ЛЖ и ЛП объемом, оценка функции миокарда на основании скоростей смещения миокарда и взаимодействия миокарда ЛЖ и ЛП является актуальной и нерешенной задачей для прогнозирования состояния пациентов и риска развития осложнений порока.

Целью данного исследования явилось изучение контрактности левых отделов сердца у больных недостаточностью митрального клапана (МК).

Материал и методы

Обследовано 89 человек, среди которых были 63 пациента с гемодинамически значимой степенью недостаточности МК органической этиологии и 26 здоровых добровольцев. Возраст пациентов составил 53 ± 11 лет. Мужчин в обследовании было 39 (62%), женщин – 24 (38%). В группе контроля средний возраст составил 39 ± 7 лет. Мужчин было 15 (58%), женщин 11 (42%).

Критерии включения в исследование были сформированы с учетом основных этиологических факторов

поражения МК при органической МН и качества ультразвуковой локализации структур сердца:

- соединительнотканная дисплазия (миксоматозная дегенерация створок, пролапс створок МК, с отрывом хорд передней и/или задней створок МК);
- инфекционный эндокардит МК;
- ревматизм (в эту группу вошли пациенты с митральным пороком 4 и 3 группы с преобладанием МН и незначительным или умеренным стенозом МК);
- удовлетворительная эхолокация миокарда ЛЖ и ЛП и достаточная частота кадров (не менее 50 кадров в секунду).

Критериями исключения из исследования были: ишемическая болезнь сердца (ИБС), постинфарктный кардиосклероз, функциональная МН (вследствие ануло-папиллярной дисфункции и/или митральной анулоктазии);

- сопутствующий порок аортального клапана;
- нарушения ритма сердца: постоянная и персистирующая форма фибрилляции предсердий (ФП), частая желудочковая и предсердная экстрасистолия, нарушения проводимости;
- МН при дилатационной кардиомиопатии (ДКМП) вследствие митральной анулоэктазии;
- МН, связанная с аномальным систолическим движением передней створки МК на фоне гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП).

В подавляющем числе наблюдений (74%) причиной недостаточности МК служила соединительнотканная дисплазия. При этом, чаще регистрировали отрыв хорд задней створки МК (42% от общего числа наблюдений), реже отрыв хорд передней створки МК (12%).

У 20% пациентов дисплазия соединительной ткани проявлялась в виде пролапса передней и/или задней створок МК. Кроме того, ревматическое поражение и инфекционный эндокардит встречались у 18% и 8% пациентов соответственно. Ревматическое поражение МК было представлено ревматическим пороком МК 3 группы (с незначительным стенозом отверстия МК), и реже 4 группы по классификации Б. В. Петровского.

Оценка тяжести состояния пациентов проводилась согласно классификации ХСН по NYHA (2004) и представлено следующим образом: II ФК имели 48%

пациентов, III ФК – 40% пациентов, IV ФК – 12%. У всех пациентов, включенных в исследование, был синусовый ритм.

Всем пациентам, включенным в исследование, выполняли трансторакальную эхокардиографию (ЭхоКГ) по стандартной методике в состоянии покоя на ультразвуковом приборе экспертного класса VIVID-E9 (GEHC, USA) мультисекторным матричным датчиком 3,5-4,6 МГц с регистрацией электрокардиограммы и сохранением данных в формате DICOM в базе данных.

Оценивали систолическую и диастолическую функцию ЛЖ, измеряли геометрию полостей сердца (линейные размеры и объемы ЛЖ и ЛП, индексированные к ППТ), ФИ ЛЖ, а также толщину межжелудочковой перегородки и задней стенки ЛЖ, скоростные параметры трансмитрального, трансаортального, транстрикуспидального кровотоков, степень митральной, аортальной, трикуспидальной недостаточности, давление в ЛА. Тяжесть митральной регургитации (МР) оценивали на основе интегрального анализа основных количественных, полуколичественных и вспомогательных параметров оценки МР. Также, учитывали размеры левого желудочка и левого предсердия, систолическое давление в ЛА, которые косвенно указывали на выраженность степени МН.

Постобработку изображений ЛЖ и ЛП (4, 2 и 3 камеры) проводили на рабочей станции «Echopac» (GE Vingmed Ultrasound, USA) методом speckle tracking imaging (STI или метод «след пятна») с оценкой глобальной продольной деформации ЛЖ (GS) [2], пиковой продольной деформации ЛП (PALS) и пиковой сократительной деформации ЛП (PACS)[6] и на ПК в программе MultiVox методом векторного анализа скоростей смещения миокарда с построением диаграмм «Поток-Объем» ЛЖ и ЛП (разработка ФГБНУ РНЦХ имени акад. Б.В. Петровского совместно с МГУ имени М.В. Ломоносова) [7].

Систоле ЛЖ соответствует резервуарная фаза ЛП (наполнения), диастоле ЛЖ – кондуктная (протекания) и насосная фаза (сокращения) ЛП.

При векторном анализе и диаграммном методе ЛЖ и ЛП были получены данные о максимальных значениях скоростных характеристик миокарда в систолу ЛЖ (резервуарную фазу ЛП) и диастолу ЛЖ (кондуктную фазу ЛП). При этом одновременно по фазам сердечного цикла рассчитывали следующие параметры:

- скорости смещения миокарда ЛЖ (сумма нормальных скоростей ЛЖ) в систолу (сумма V_n (s), мм/с) и диастолу (Сумма V_n (d), мм/с).
- скорости изменения объема ЛЖ в систолу ($dVol/dt$ (s), см³/с) и диастолу ($dVol/dt$ (d), см³/с).
- скорости изменения длинной оси ЛЖ в систолу (dLA/dt (s), мм/с) и диастолу (dLA/dt (d), мм/с).
- скорости изменения объема ЛП в кондуктную (LAtriumdVol/dt(c), см³/с) и резервуарную фазу (LAtriumdVol/dt (r), см³/с).

- скорости изменения длинной оси ЛП в кондуктную (LAtriumdLA/dt (c), мм/с) и резервуарную фазу (LAtriumdLA/dt (r), мм/с).

- размер длинной оси ЛП в кондуктную (LAtrium LA (c), мм) и резервуарную фазу (LAtrium LA (r), мм).

Статистический анализ данных проводили с использованием прикладного пакета программ Statistica 10,0 (StatSoftInc., США). Все полученные данные приведены в виде средних величин (M) с соответствующими им показателями стандартного отклонения (SD). Проверку гипотез о равенстве средних двух выборочных совокупностей производили с помощью критерия t Стьюдента. Для выявления взаимосвязей между анализируемыми признаками и наблюдениями проводили корреляционный анализ с вычислением парных коэффициентов корреляции Пирсона (r). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты

С помощью стандартных и новых ЭхоКГ методов исследования были получены результаты обследования у больных с МН 3-4 степени, а также анализ группы контроля – 26 здоровых добровольцев.

Изменения гемодинамики и стандартных ЭхоКГ показателей ЛЖ и ЛП у больных МН представлены в **таблице 1**.

Как видно из таблицы, у подавляющего большинства больных МН средние значения систолического артериального давления (САД) и диастолического артериального давления (ДАД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) находились в пределах нормы. Показатели конечного диастолического и систолического размеров (КДР, КСР $\geq 4,0$ см) и объемов ЛЖ (КДО, КСО, КДО инд.), индексированного объема ЛП (объем ЛП инд.) свидетельствовали об увеличении левых камер сердца и их объемной перегрузке. Наибольшим линейным размером ЛП был его продольный размер, составивший в среднем 7,0 см, а увеличенный индексированный объем ЛП – 67 мл/м², соответствующий выраженной дилатации полости ЛП (более 48 мл/м²). При этом насосная функция ЛЖ (ФИ ЛЖ) была сохранена. Гемодинамически значимой степени МН соответствовало расширение фиброзного кольца МК (ФКМК), радиус проксимальной изоскоростной поверхности (PISA), увеличение скорости трансмитрального кровотока (волна E). Больным МН присуща диастолическая дисфункция ЛЖ, чему соответствовал показатель времени изоволюмического расслабления (IVRT), в сочетании с увеличенным индексированным объемом ЛП (V ЛП инд.), повышением максимальной скорости трикуспидальной регургитации (V_{max} ТН). При этом, было зарегистрировано характерное для данных больных повышение давления в ЛА, пикового (P в ЛА пик.) – до значительной степени, среднего давления (P в ЛА ср.) – до умеренной степени,

Таблица 1. Основные гемодинамические и эхокардиографические параметры у больных митральной недостаточностью в сравнении с группой здоровых лиц (число больных n=63, группа контроля n= 26)

| Показатели | МН | Норма | P |
|----------------------------------------------------|----------|-----------|-------|
| Показатели гемодинамики | | | |
| ЧСС, ударов в мин. | 73(11) | 75(10) | н.д. |
| САД, мм рт.ст. | 122(14) | 124(12) | н.д. |
| ДАД, мм рт.ст. | 77(9) | 80(14) | н.д. |
| P в ЛА пик., мм рт.ст. | 52(19) | 20(5) | 0,(0) |
| P в ЛА ср., мм рт.ст. | 27(9) | 15(4) | 0,(0) |
| МН, степень | 3,6(0,5) | 0,5(0,1) | 0,(0) |
| ФКМК, мм | 42(6) | 28(3) | 0,(0) |
| PISA, см | 1,3(0,3) | - | - |
| E, м/с | 1,2(0,4) | 0,6(0,2) | 0,(0) |
| IVRT, м/с | 57(6) | 72 (5) | 0,05 |
| Vmax ТН, м/с | 3,2(0,3) | 2,1(0,4) | 0,(0) |
| Основные эхокардиографические показатели ЛЖ | | | |
| КДР, см | 6,1(0,6) | 4,6(0,3) | 0,(0) |
| КСР, см | 4,0(0,6) | 2,5(0,4) | 0,(0) |
| КДО, мл | 182(55) | 97(22) | 0,(0) |
| КСО, мл | 71(24) | 38(11) | 0,(0) |
| ФИ ЛЖ, % | 61(4) | 62(5) | н.д. |
| КДО инд, мл/ м ² | 94(25) | 57(12) | 0,(0) |
| Основные эхокардиографические показатели ЛП | | | |
| ЛП/парастеральный размер, см | 5,1(0,9) | 3,4(0,5) | 0,(0) |
| ЛП/поперечный размер, см | 5,6(0,9) | 3,7(0,4) | 0,(0) |
| ЛП/продольный размер, см | 7,0(1,0) | 4,7(0,4) | 0,(0) |
| Объем ЛП, мл | 132(49) | 50,1(8,1) | 0,(0) |
| Объем ЛП инд, мл/см ² | 67(24) | 26,3(3,1) | 0,(0) |

Примечание: данные представлены как Mean (Std. Dev.)

обусловленное перегрузкой левых отделов сердца при МН.

Учитывая объемную перегрузку ЛЖ и ЛП у больных МН, мы попытались оценить взаимосвязь этих параметров между собой с помощью методов статистического анализа и также провели оценку взаимосвязи ремоделирования с тяжестью состояния пациентов (рис. 1).

У большей части больных не обнаружено прямой взаимосвязи между объемами ЛП и ЛЖ. При однородности группы в изучаемой выборке определяются две подгруппы, что возможно связано с гендерными различиями. Также, тяжесть состояния пациентов по ФКНУНА никаким образом не отражала степень ремоделирования ЛЖ.

Таким образом, наиболее распространенные и часто применяемые параметры (ФИ, объемы камер) не всегда полноценно отражают тяжесть состояния пациен-

тов и функцию миокарда, что требует поиска дополнительных новых параметров оценки состояния миокарда ЛЖ и ЛП.

Оценка функции ЛЖ и ЛП с помощью новых ЭхоКГ методов у больных МН

Количественная информация о движении сегментов ЛЖ и ЛП у больных МН в сравнении с группой здоровых волонтеров была получена в виде автоматически рассчитанных параметров двумя методами: методом векторного анализа скоростей смещения миокарда с построением диаграмм "Поток-Объем" в программе Multivox и методом STI с оценкой двухмерной деформации миокарда в программе GE (USA), что представлено в таблице 2.

Средние параметры левого желудочка: ср dVol/dt (s), см³/с – средняя скорость изменения объема ЛЖ в систолу; ср dVol/dt (d), см³/с – средняя скорость изменения объема ЛЖ в диастолу; ср dLA/dt (s), мм/с –

Таблица 2. Показатели векторного анализа и диаграммного метода и деформации миокарда левого желудочка и левого предсердия у больных митральной недостаточностью в сравнении с группой здоровых лиц

| Показатели | МН | Норма | P |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------|-------|
| Показатели левого желудочка | | | |
| <i>Средняя скорость изменения объема ЛЖ в систолу и диастолу</i> | | | |
| cpdVol/dt (s), см ³ /с | -414,3(116,5) | 255(61) | 0,(0) |
| cp dVol/dt (d), см ³ /с | 420(128,6) | 264(59) | 0,(0) |
| <i>Средняя скорость изменения длинной оси ЛЖ в систолу и диастолу</i> | | | |
| cp dLA/dt (s), мм/с | -67,3(11) | 73(12) | 0,5 |
| cp dLA/dt (d), мм/с | 70,4(15,3) | 77(20) | 0,5 |
| <i>Средняя сумма нормальных скоростей ЛЖ в систолу и диастолу</i> | | | |
| cpСуммаVn (s), мм/с | 31,3(6) | 27,1(5) | 0,5 |
| cpСуммаVn (d), мм/с | -31,2(8,2) | 29,8(6) | 0,5 |
| <i>Глобальная деформация ЛЖ</i> | | | |
| GS,% | -18,0(3,3) | -19,7(1,7) | 0,7 |
| Показатели левого предсердия | | | |
| <i>Средняя скорость изменения объема ЛП в фазы кондукта и резервуара</i> | | | |
| cpLAtriumdVol/dt(c), см ³ /с | -289,3(115,1) | -160,3(37) | 0,(0) |
| cpLAtriumdVol/dt (r), см ³ /с | 210,7(66,2) | 106,4(31,4) | 0,(0) |
| <i>Средний размер длинной оси ЛП в фазы кондукта и резервуара</i> | | | |
| cpLAtrium LA (c), мм | 51,3(8,8) | 34,4(5,2) | 0,(0) |
| cpLAtrium LA (r), мм | 61,6(7,5) | 46,4(5,1) | 0,(0) |
| <i>Средняя скорость изменения длинной оси ЛП в фазы кондукта и резервуара</i> | | | |
| cpLAtriumdLA/dt (c), мм/с | -65,0(17,5) | -80,9(16,5) | 0,(0) |
| cpLAtriumdLA/dt (r), мм/с | 50,1(13,7) | 57,2(14,7) | 0,1 |
| <i>Показатели деформации ЛП в резервуарную и насосную фазы</i> | | | |
| PALS, % | 22,3(8,1) | 32,5(7,7) | 0,(0) |
| PACS, % | 8,1(3,6) | 9,3(1,9) | 0,3 |

Примечание: данные представлены как Mean (Std.Dev.)

средняя скорость изменения длинной оси ЛЖ в систолу; cp dLA/dt (d), мм/с – средняя скорость изменения длинной оси ЛЖ в диастолу; cp Сумма Vn(s), мм/с – средняя сумма нормальных скоростей ЛЖ в систолу; cp Сумма Vn (d), мм/с – средняя сумма нормальных скоростей ЛЖ в диастолу. LVGLS- left ventricle global longitudinal strain.

Средние параметры левого предсердия: cpLAtrium dVol/dt (s), см³/с – средняя скорость изменения объема ЛП в систолу; cpLAtriumdVol/dt (d), см³/с – средняя скорость изменения объема ЛП в диастолу; cpLAtriumdLA/dt (s), мм/с – средняя скорость изменения длинной оси ЛП в систолу; cpLAtriumdLA/dt (d), мм/с – средняя скорость изменения длинной оси ЛП в диастолу. PALS -Peak atrial longitudinal strain; PACS - Peak atrial contraction strain.

Анализ результатов обработки показателей ЛЖ

По данным векторного анализа обращает на себя

внимание, что ведущим изменением у больных МН является статистически значимое повышение скорости изменения объема ЛЖ как в диастолу, так и в систолу, почти в два раза по сравнению с нормой, что свидетельствует о выраженном усилении работы сердца на протяжении сердечного цикла. Показатель dVol/dt(d) резко повышен и составляет 420 см³/с, что обусловлено увеличенным диастолическим наполнением ЛЖ при МН (КДО в среднем составляет 180 мл), вследствие возврата объема регургитации вместе с обычным количеством крови из легочных вен в ЛЖ. Показатель dVol/dt(s) до операции также повышен вследствие усиления мощности сокращения ЛЖ для обеспечения эффективного ударного выброса в аорту и в среднем составляет -414,3 см³/с. При этом, показатели суммы нормальных скоростей у больных МН сохраняют нормальные значения в разные фазы кардиоцикла.

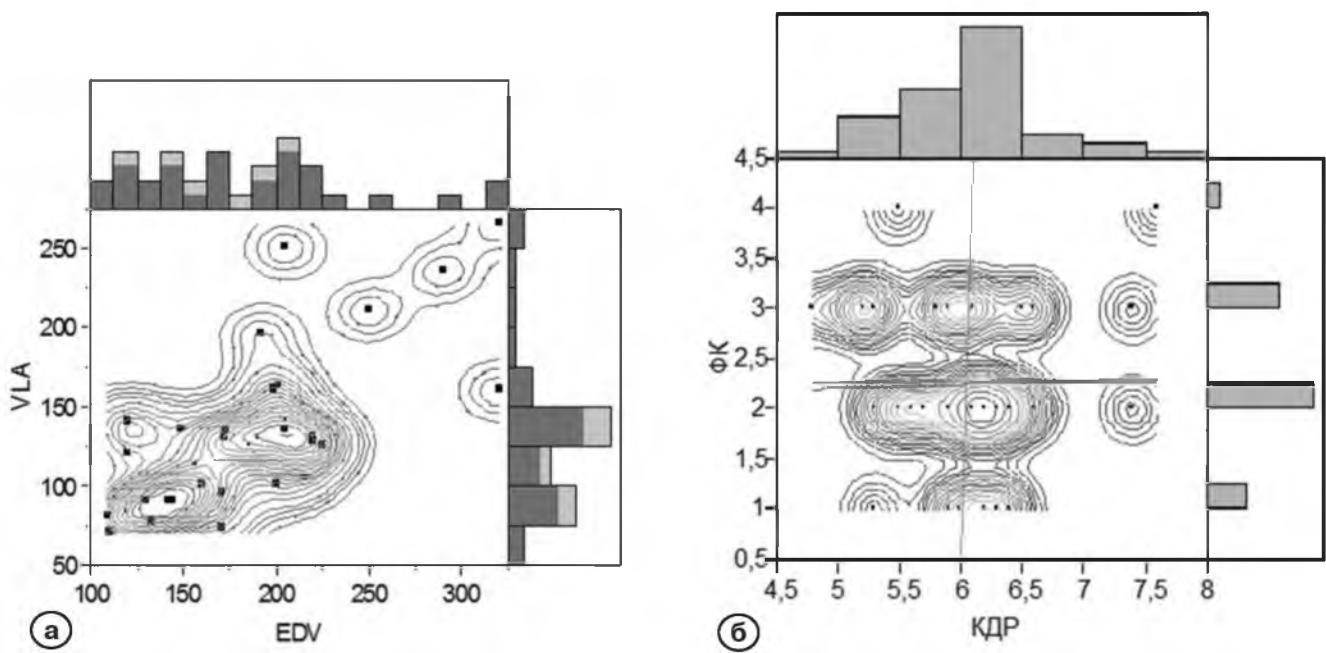


Рис. 1. Бивариантный анализ взаимосвязи объема левого предсердия (VLA) и конечного диастолического объема левого желудочка (EDV) (А), функционального класса (FK) и конечного диастолического размера (KDP) (Б) у больных МН.

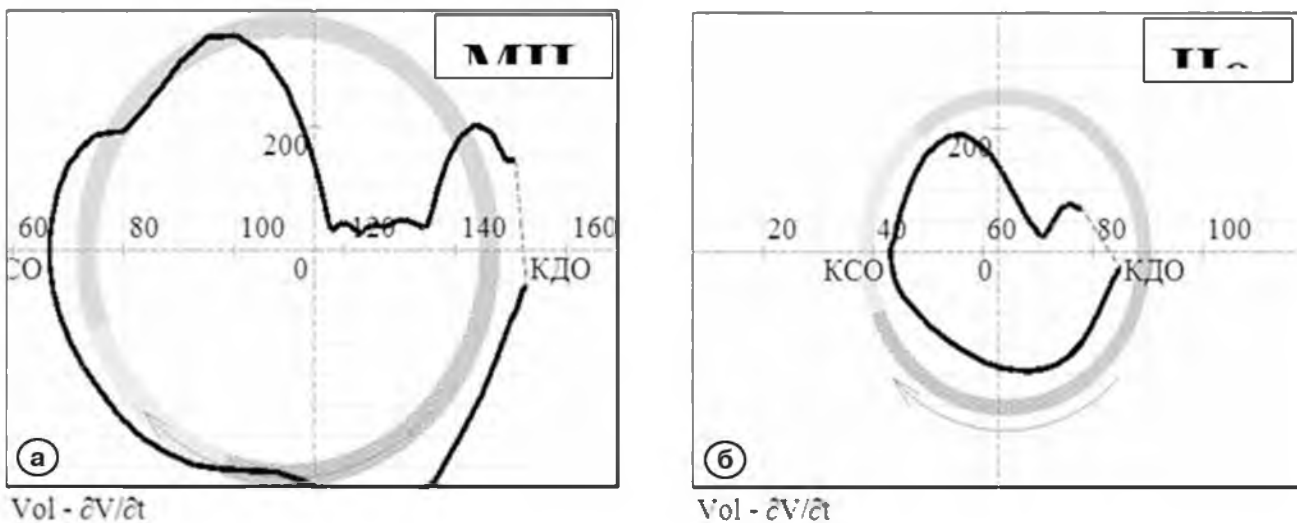


Рис. 2. Диаграмма «Поток-объем» левого желудочка при митральной недостаточности и в норме.

Также, скорость изменения длинной оси (dL/dt) ЛЖ ни в систолу, ни в диастолу практически не отличается от нормальных значений. Это можно объяснить тем, что объемная перегрузка ЛЖ при МН, увеличивая силу сокращения в соответствии с законом Франка-Старлинга, не изменяет геометрию ЛЖ по длинной оси, и ремоделирование ЛЖ в виде сферизации его полости происходит преимущественно за счет базального и среднего уровней.

Результаты векторного анализа функции миокарда ЛЖ при МН 3-4 степени представлены на рисунке 2.

У больных МН до операции зарегистрированы превышающие норму практически в два раза скорости изменения объема ЛЖ в систолу и диастолу, обусловленные гемодинамически значимой объемной перегрузкой.

У больных МН, показатель деформации ЛЖ статистически значимо не отличался от данного показателя, полученного в группе контроля, несмотря на наличие ремоделирования, значимого увеличения объемов ЛЖ, высокой степени МН, что подтверждено статистически.

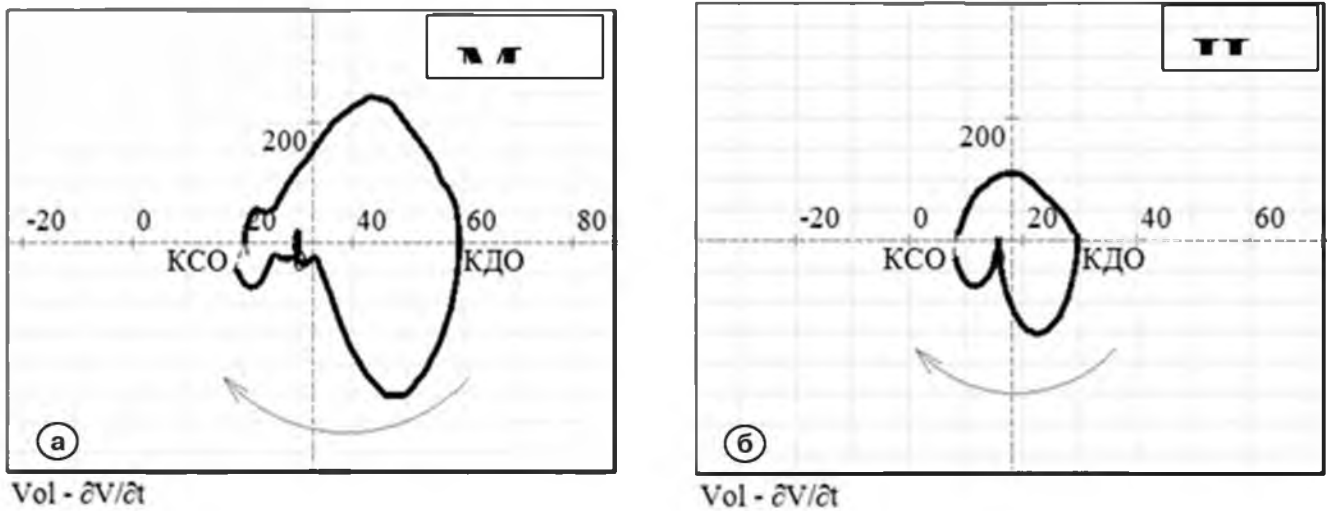


Рис. 3. Диаграмма «Поток-объем» левого предсердия при митральной недостаточности в норме.

Анализ результатов обработки показателей ЛП

У больных МН по сравнению с группой здоровых лиц выявлено статистически значимое повышение скорости изменения объема ЛП в кондуктную и резервуарную фазу, размера длинной оси ЛП в кондуктную и резервуарную фазу на фоне объемной перегрузки ЛП. При этом, наблюдалось статистически значимое снижение показателя контрактильности миокарда ЛП – скорости изменения длинной оси ЛП в кондуктную фазу. Результаты векторного анализа миокарда ЛП при МН 3-4 степени представлены на **рисунке 3**.

Зарегистрированы превышающие норму практически в два раза скорости изменения объема ЛП в систолу и диастолу. Выявленные изменения обусловлены гемодинамически значимой объемной перегрузкой, повышением давления в левых отделах сердца.

Параметры деформации ЛП, полученные в группе контроля, были несколько ниже в сравнении с показателями нормы, описанными в литературе: при регистрации данных от комплекса QRS деформация в фазу резервуара (PALS) – 39% (95%, доверительный интервал (ДИ) 38-41%), в насосную фазу (PACS) – 17% (95%, ДИ 16-19%) [8].

По показателям деформации ЛП у больных МН по сравнению с группой нормы наблюдаются следующие закономерности: статистически значимо снижен показатель пиковой продольной деформации ЛП (PALS), характеризующий резервуарную фазу ЛП. При этом, по показателю пиковой сократительной деформации ЛП (PACS), характеризующей насосную фазу ЛП не выявлено статистически значимых отличий от нормы.

Обсуждение

Нарушения внутрисердечной гемодинамики, возникающие при недостаточности МК, приводят к тому, что

ЛЖ и ЛП начинают функционировать как единая камера, а при исчерпании компенсаторных возможностей развивается дисфункция ЛЖ со снижением его эффективного ударного объема и величины сердечного выброса. Вследствие этого, важным аспектом является оценка функции левых отделов сердца, так как от этого зависит состояние пациентов при прогрессировании порока. Традиционные геометрические показатели объемов и размеров ЛЖ и ЛП, не всегда в полной мере отражают их функциональные особенности. Наиболее используемым и доступным в клинической практике количественным показателем насосной функции ЛЖ является ФИ, а показателем функции ЛП – его объем. Однако по своей сути ФИ представляет собой насосный коэффициент, объективно не отражающий сократимость, демонстрируя процентные изменения объемов желудочка между диастолой и систолой, то есть изменение объема полости, а не сокращения. Возможность анализа механических свойств ЛП играет основополагающую роль в обнаружении раннего функционального ремоделирования ЛП до возникновения его анатомических изменений, что обеспечивает независимую и дополнительную прогностическую информацию о функции ЛП с позиции механики [9]. Новые методы в ЭхоКГ основаны на обработке серошкальных изображений и позволяют получить данные о функции миокарда, о чем свидетельствуют следующие публикации. Ряд исследователей изучал функцию ЛП в различных гемодинамических условиях: при ХСН, ФП, перегрузке ЛЖ давлением и объемом. В работе Сохибназаровой В.Х. и соавт. (2017), использована методика 2D и 3DSTI у больных ХСН с сохранной и сниженной ФИ ЛЖ. При этом снижение глобальной продольной деформации ЛЖ по данным 2DSTI обладает большей прогностической значимостью в оценке риска смерти у больных ХСН, чем ФИ ЛЖ [5]. Однако, в нашем исследовании, у больных гемо-

динамики значимой степени МН при сохранной ФИ ЛЖ, большинство из которых находились во II-III ФК ХСН, полученные значения GSЛЖ методом 2DSTI и показатели контрактильности ЛЖ (Сумма Vn и dLA/dt) методом векторного анализа были в пределах нормы. По данным Павлюковой Е.Н. и соавт. (2017), оценка функции ЛП в фазы накопления, протекания и насоса может прогнозировать сердечно-сосудистые события при кардиомиопатиях, ишемической болезни сердца и клапанных пороках. У больных с ФП, наряду с утратой насосной функции ЛП, низкие значения глобальной деформации в фазу накопления и протекания указывают на необратимое ремоделирование ЛП и связаны с прогрессированием ФП от пароксизмальной формы к постоянной. Оценка деформации ЛП может быть полезной в предсказании успешности восстановления и сохранения синусового ритма после кардиоверсии и катетерной абляции [4].

Калинин А.О. и соавт. (2012) оценивали деформацию ЛП у больных гипертрофией ЛЖ, вследствие перегрузки давлением на фоне артериальной гипертензии и аортального стеноза (АС), что сопровождалось снижением деформации ЛП в фазу резервуара, наиболее выраженным при АС. В насосную фазу ухудшение деформации ЛП наблюдали только при АС [3].

Оценке функции ЛП при МН посвящено несколько большее число публикаций. Полученные нами данные согласуются с результатами исследования Debonnaire P. и соавт. (2013), в котором у больных тяжелой МН, вследствие перегрузки объемом, было выявлено снижение деформации ЛП в резервуарную фазу, что может стать клиническим маркером для принятия решения о хирургическом лечении [10].

Аналогично, в работе Sameli и соавт. (2017) продемонстрировано снижение пиковой продольной деформации ЛП в резервуарную фазу (PALS) при помощи мето-

да STI в 2D режиме у больных тяжелой МН по сравнению со здоровыми индивидуумами [6], что абсолютно коррелирует с результатами нашего исследования при оценке функции ЛП по показателю PALS методом STI. В настоящем исследовании кроме методики STI нами применен векторный анализ движения миокарда ЛЖ и ЛП, который позволил получить дополнительную важную информацию о функции миокарда. Диаграммный метод у больных МН выявил повышение скоростей изменения объема ЛЖ и ЛП, что связано с гемодинамически значимой объемной перегрузкой ЛЖ и ЛП, и характеризует нарушения внутрисердечной гемодинамики. При этом, в исследуемой выборке больных с МН нарушений сократимости ЛЖ выявлено не было. Так, показатели контрактильности ЛЖ в виде суммы нормальных скоростей и скорости изменения длинной оси (dL/dt) в систолу и диастолу, а также GS ЛЖ (STI) имели нормальные значения. Однако, для ЛП, на фоне повышения размера его длинной оси, было выявлено снижение показателей скорости изменения длинной оси ЛП в кондуктивную фазу методом векторного анализа, в сочетании со снижением показателя деформации PALS методом STI в резервуарную фазу ЛП, что свидетельствует о снижении сократимости миокарда ЛП.

Заключение

Таким образом, новые методики обработки серошальных изображений методом STI с оценкой деформации миокарда и методом векторного анализа скоростей смещения миокарда с построением диаграмм «поток-объем» могут быть использованы как критерии оценки функционального состояния миокарда у больных МН и позволяют оценить эффективность работы ЛЖ и ЛП на фоне выраженной объемной перегрузки левых камер сердца. ■

Список литературы/ References

1. Nishimura R. A., Otto C. M., Bonow R. O., et.al. 2017 AHA/ACC Focused Update of the 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease. *Circulation*. 2017; 135: e1159–e1195.

2. Voigt, J.U., Pedrizzetti G. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. J.U. Voigt, G. Pedrizzetti, P. Lysyansky [et al.] *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2015; 16 (1): 1–11.

3. Калинин А.О., Алехин М.Н., Бахс Г. и др. Оценка деформации левого предсердия у больных артериальной гипертензией и аортальным стенозом с различной

степенью гипертрофии левого желудочка. *Тер. архив*. 2012; 4: 23–29.

Kalinin A., Alekhin M. N., Bakhs G. idr. Otsenka deformatsii levogo predserdiya u bolnyh arterialnoy gipertoniey i aortalnym stenozom s razlichnoy stepenyu gipertrofii levogo zheludochka [Left atrial deformation assessment in patients with arterial hypertension and aortic stenosis with varying degrees of left ventricle hypertrophy]. *Ter. arhiv*. 2012; 4: 23–29 [In Russ].

4. Павлюкова Е.Н., Кужель Д.А., Матюшин Г.В. Функция левого предсердия: современные методы оценки и клиническое значение. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2017; 13(5):675–683.

Pavlyukova E.N., Kuzhel D.A., Matyushin G.V. Funktsiya levogo predserdiya: sovremennye metody otsenki i klinicheskoe znachenie [Left atrial function: new assessment methods and clinical significance]. *Ratsionalnaya farmakoterapiya v kardiologii*. 2017;13(5):675–683 [In Russ].

5. Сохибназарова В.Х., Саидова М.А., Терещенко С.Н. Применение новых эхокардиографических технологий недоплеровского изображения миокарда в двумерном и трехмерном режимах у больных ХСН с сохранной и сниженной фракцией выброса левого желудочка. *Евразийский кардиологический журнал*. 2017; 2: 42–47.

Sokhibnazarova V.H., Saidova M.A., Tereschenko S.N. Primenenie novykh ekhokardiograficheskikh tehnologiy nedopplerovskogo izobrazheniyamiokarda v dvumernom i trekhmernom rezhimakh u bolnykh KHSN s sokhrannoy i snizhennoy frakciey vybrosa levogo zheludochka [Application of new echocardiographic technologies of non-doppler myocardial images in 2D and 3D modes in patients with chronic heart failure with preserved and reduced ejection fraction]. *Evraziyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2017; 2: 42–47 [In Russ].

6. Cameli M., Incampo E., Mondillo S., Left atrial deformation: Useful index for early detection of cardiac damage in chronic mitral regurgitation, *IJC Heart&Vasculature*. 2017; 17: 17–22.

7. Сандриков В.А., Кулагина Т.Ю., Иванов В.А. и соавт. Феноменологические закономерности в оценке функции левого желудочка сердца при недостаточности митрального клапана. *Ж. Кардиология*. 2018; 58(1): 32–40.

Sandrikov V.A., Kulagina T. Yu., Ivanov V.A. i soavt. Fenomenologicheskie zakonomernosti v otsenke funktsii levogo zheludochka serdca pri nedostatochnosti mitralnogo klapana [Phenomenological regularities in left ventricle function assessment at mitral valve insufficiency]. *Zh. Kardiologiya*. 2018; 58(1): 32–40 [In Russ].

8. Pathan F., Elia N., Nolan M.T., et.al. Normal ranges of left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *J. Am Soc. Echocardiogr*. 2017;30(1): 59–70.

9. Leischik R., Littwitz H., Dworrak B. Echocardiographic Evaluation of Left Atrial Mechanics: Function, History, Novel Techniques, *Advantages, and Pitfalls*. 2015; 1–8.

10. Debonnaire P., Leong D. P., Witkowski T. G. et al. Left atrial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with severe organic mitral regurgitation: association with guidelines-based surgical indication and postoperative (long-term) survival. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2013.26 (9): 1053–1062.