

Эхокардиографическая оценка диастолической функции правого желудочка у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий

© Ю.С. Синельников, Е.Н. Орехова, О.А. Осетрова, О.А. Бальшова

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова», Министерство здравоохранения Российской Федерации, Пермь, Российская Федерация

Поступила в редакцию 18 октября 2016 г. Принята к печати 6 февраля 2017 г. Опубликовано онлайн 15 мая 2017 г.

Для корреспонденции: Ольга Анатольевна Осетрова, osetrova.olya@mail.ru

| | |
|-----------------------|--|
| Цель | Оценка диастолической функции правого желудочка у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий. |
| Методы | Обследовано 62 пациента в возрасте $58,4 \pm 8,3$ года за период 2014–2016 гг., мужчин — 32 (51,6%) с множественным поражением коронарных артерий (шкала SYNTAX Score $33,04 \pm 4,1$ балла). Кроме конвенциональных эхокардиографических параметров для изучения диастолической функции левого и правого желудочков оценивали продольную диастолическую скорость деформации на уровне сегментов свободной стенки правого желудочка с использованием тканевой доплерографии в режиме 2D-strain imaging. |
| Результаты | Систолическая функция обоих желудочков была умеренно снижена (фракция выброса левого желудочка — $43,2 \pm 5,5\%$, правого — $42 \pm 6\%$). Выявлены 41 пациент (66,1%) с диастолической дисфункцией левого желудочка I типа и 46 (74,2%) — с диастолической дисфункцией правого желудочка I типа, 18 (29%) — с диастолической дисфункцией левого желудочка II типа и 15 (24,2%) — с диастолической дисфункцией правого желудочка II типа; 3 (4,8 %) — с диастолической дисфункцией левого желудочка III типа и 1 (1,6%) — с рестриктивным типом наполнения правого желудочка. У пациентов с диастолической дисфункцией I типа скорость деформации в раннюю диастолу (E_{SR}) составляла $0,86 \pm 0,18$ с ⁻¹ , в позднюю диастолу (A_{SR}) — $0,88 \pm 0,27$ с ⁻¹ , соотношение E_{SR}/A_{SR} $0,99 \pm 0,16$. Для пациентов с диастолической дисфункцией II типа скорость деформации в раннюю диастолу составляла $0,62 \pm 0,04$ с ⁻¹ , в позднюю диастолу — $0,41 \pm 0,04$ с ⁻¹ , соотношение E_{SR}/A_{SR} $1,5 \pm 0,19$. Для III типа (n = 1) скорость деформации в раннюю диастолу — $0,41$ с ⁻¹ , в позднюю диастолу — $0,2$ с ⁻¹ , E_{SR}/A_{SR} $2,05$. Выявлена обратная выраженная корреляция комплексности поражения коронарных артерий (SYNTAX Score) и скорости деформации в раннюю диастолическую фазу правого желудочка наполнения E_{SR} ($R_s = -0,73$, $p = 0,001$). |
| Выводы | Продольная систолическая деформация и диастолическая скорость деформации снижаются параллельно, что отражает тесную связь систолической и диастолической механики правого желудочка. Выраженность диастолической дисфункции правого желудочка ассоциирована с комплексностью поражения коронарных артерий. |
| Ключевые слова | правый желудочек; эхокардиография; систолическая и диастолическая дисфункция правого желудочка; продольная деформация |

Как цитировать: Синельников Ю.С., Орехова Е.Н., Осетрова О.А., Бальшова О.А. Эхокардиографическая оценка диастолической функции правого желудочка у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2017;21(2):68-76. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-2-68-76>



Введение

В последнее десятилетие подходы к оценке функции правого желудочка (ПЖ) различными методами визуализации претерпели существенные изменения, особенно эхокардиографические (ЭхоКГ) [1, 2]. С широким внедрением тканевых ЭхоКГ-методик (с использованием импульсно-волнового и цветового доплера) и технологии «след пятна» (speckle tracking) появились рекомендации для дополнительной оценки систолической и диастолической функции ПЖ [3–6]. Большинство исследований посвящено изучению диастолической функции ПЖ у пациентов с легочной гипертензией, врожденными пороками сердца, ожирением, обструктивными заболеваниями легких [7]. Определению вариантов диастолической дисфункции ПЖ у больных с множественным поражением коронарных артерий посвящены единичные исследования [8, 9]. Общеизвестно, что нарушения релаксации являются наиболее ранними изменениями, возникающими в миокарде в ответ на ишемию, более информативными, чем параметры систолической функции, особенно в ситуации, когда контрактильность сохранена [10, 11]. Диастолическая дисфункция ПЖ — независимый фактор правожелудочковой недостаточности и смертности [2, 4]. Между тем поиск наиболее чувствительных маркеров диастолической дисфункции ПЖ и определение типа диастолической дисфункции имеют значение в повседневной клинической практике для пациентов с ишемической болезнью сердца [8]. При определении типов диастолической дисфункции ПЖ (аналогично таковым для левого желудочка, ЛЖ) принято выделять: нарушение релаксации ПЖ (по соотношению скоростных параметров транстрикуспидального кровотока с использованием импульсно-волнового доплера и определением пиков систолической скорости в раннюю диастолу E , см/с, позднюю диастолу A , см/с; соотношение $E/A < 0,8$; соотношение E к скорости движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана e' , определенной с помощью тканевого импульсно-волнового доплера в раннюю диастолу $E/e' < 6$, время замедления раннего диастолического наполнения транстрикуспидального кровотока, deceleration time, $DT > 229$ мс), псевдонормальный тип диастолической дисфункции ($E/A 0,8–2,1$, $E/e' > 6$) и рестриктивный тип ($E/A > 2,1$, $E/e' > 6$ и $DT < 120$ мс) [7]. Доказано, что использование продольной деформации ПЖ у больных с ишемической болезнью сердца — информативный способ количественной оценки систо-

лической функции ПЖ, так как продольные волокна доминируют в его свободной стенке [13]. Оценка продольной скорости деформации ПЖ позволяет определить характеристики диастолических параметров деформации свободной стенки ПЖ [2, 13]. Каким образом характеризуют показатели диастолической скорости деформации диастолическую функцию ПЖ у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий, остается невыясненным. Несколько факторов могут обуславливать диастолическую дисфункцию ПЖ при множественном поражении коронарных артерий: длительно существующее ограничение коронарного кровотока, повышающее диастолическую жесткость желудочка; систолическая и диастолическая дисфункция левого желудочка, особенно нарушение кинетики межжелудочковой перегородки, приводящее к снижению наполнения и нарушению комплаенса контралатерального ПЖ; перегрузка ПЖ объемом, повышением постнагрузки [9]. Однако есть данные, указывающие на независимые нарушения ПЖ диастолической функции от функции ЛЖ и условий пред- и постнагрузки [14]. В ряде работ были изучены параметры диастолической функции ПЖ в зависимости от уровня и выраженности поражения правой коронарной артерии [10, 15]. Какой вклад вносит множественность поражения коронарных артерий в формирование различных вариантов диастолической дисфункции, неизвестно.

Цель исследования: оценка диастолической функции правого желудочка у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий.

Методы

Включены 62 пациента, средний возраст $58,4 \pm 8,3$ года, мужчин — 32 (51,6%), находившихся на обследовании и лечении в ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава России (г. Пермь) в 2014–2016 гг., после получения информированного согласия на участие в исследовании и одобрения локального этического комитета учреждения. Больные включались в исследование при множественных гемодинамически значимых поражениях коронарных артерий (стенозы более чем 50% по диаметру или окклюзии в бассейнах передней нисходящей, огибающей и правой коронарной артерий) по данным коронарографии со стабильной стенокардией напряжения III и IV функционального класса (ФК). Обязательным условием также была удовлетворительная ЭхоКГ-визуализация и синусовый ритм. В данную работу не включались пациенты с хронической постинфарктной аневризмой

ЛЖ, значительным снижением систолической функции ЛЖ (фракция выброса (ФВ) ЛЖ менее 30%); больные с острым инфарктом миокарда, ранее перенесенной реваскуляризацией миокарда (коронарное шунтирование или стентирование коронарных артерий); пациенты с врожденными или приобретенными пороками сердца, сопутствующей патологией (хронической обструктивной болезнью легких, бронхиальной астмой и т. д.), потенциально влияющей на функцию ПЖ и давление в легочной артерии.

Терапия, назначенная пациентам, была сопоставима и соответствовала действующим рекомендациям (дезагреганты, блокаторы бета-адренорецепторов, статины, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента).

Кроме стандартных общеклинических методик обследования пациентам проведены ЭхоКГ с использованием тканевых методик и технологии «след пятна», селективная коронарография, магнитно-резонансная томография (МРТ). ЭхоКГ выполнялась на ультразвуковом сканере Vivid E 9 (General Electric), с датчиком M5S (2–4 МГц) с использованием действующих нормативных документов и рекомендаций [16]. Для анализа продольной функции ПЖ изучены следующие параметры: систолическая экскурсия латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана в М-режиме (TAPSE, норматив $24 \pm 3,5$ мм), миокардиальный индекс работы ПЖ Tei-индекс (с применением режима тканевого доплера, норма $0,38 \pm 0,08$), систолическая скорость движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана (с использованием тканевого доплера, s' , норматив $14,1 \pm 2,3$ см/с). С применением технологии «след пятна» (2D speckle tracking imaging или 2D-strain) изучена систолическая деформация свободной стенки ПЖ в продольном направлении на уровне 3 сегментов: базального, медиального и верхушечного (действующий норматив «–» 29%) [3, 16]. Для оценки диастолической функции обоих желудочков проанализированы скорости трансмитрального и транстрикуспидального кровотоков в фазу наполнения обоих желудочков в раннюю диастолу (пиковая скорость E, м/с), скорости трансмитрального и транстрикуспидального кровотоков в фазу позднего предсердного наполнения (пиковая скорость A, м/с), соотношение трансмитрального и транстрикуспидального пиков E/A, время изоволюметрического расслабления для ЛЖ и ПЖ (isovolumic relaxation time, IVRT, мс), время замедления E потока раннего диастолического

наполнения для ЛЖ и ПЖ (deceleration time, DT, мс) [7, 16]. Из верхушечного доступа проекции 4 камер с применением импульсно-волнового тканевого режима измеряли максимальную скорость латеральной части фиброзного кольца митрального и трикуспидального клапанов в период ранней диастолы (e'). Вычисляли отношение скорости трансмитрального и транстрикуспидального потоков в раннюю диастолу к скорости движения латеральной части фиброзного кольца митрального и трикуспидального клапана соответственно (E/e') [7]. С применением тканевой доплерографии в режиме strain imaging оценены показатели продольной диастолической скорости деформации миокарда ПЖ на уровне сегментов свободной стенки ПЖ: первый позитивный пик на кривой скорости деформации, регистрирующийся непосредственно после открытия створок ТК, отражающий скорость деформации ПЖ в фазу раннего быстрого наполнения (E_{SR} , s^{-1}); второй позитивный пик скорости деформации ПЖ в фазу позднего диастолического предсердного наполнения (A_{SR} , s^{-1}), отношение пиков скорости деформации в раннюю и позднюю диастолу ПЖ (E_{SR}/A_{SR}) [5, 13].

Для оценки количественного поражения коронарных артерий и возможности сопоставления полученных данных ангиограммы также анализировали с использованием шкалы SYNTAX [17]. Процедура МРТ проводилась на томографе Siemens напряженностью магнитного поля 1,5 Тл с традиционной программой сканирования [12, 18]. Рассчитывали объемы ЛЖ и ПЖ в систолу, диастолу, а также ФВ обоих желудочков.

Статистический анализ

Статистическая обработка данных выполнена при помощи программы Statistica 8.0. Для характеристики количественных величин использованы значения среднего и стандартного отклонения ($M \pm SD$). При нормальном распределении параметрических данных проводилась оценка с использованием двухвыборочного t-критерия Стьюдента для сравнений средних показателей. Различия между показателями считались существенными при $p < 0,05$. Проводился расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена (R_s) для описания тесноты связи между количественными признаками с расчетом доверительного интервала (ДИ) для R_s . Для определения переменных, дискриминирующих типы диастолической дисфункции ПЖ, использованы дисперсионный (ANOVA) и обобщенный дискриминантный анализ.

Результаты

У большей части обследуемых пациентов выявлены тяжелые клинические проявления коронарной недостаточности: стенокардия напряжения III ФК у 55 (88,7%), IV ФК у 7 (11,3%) больных. В анамнезе инфаркт миокарда нижней локализации с зубцом Q отмечен у 26 больных (41,9%). Сердечная недостаточность III ФК по классификации Нью-Йоркской сердечной ассоциации (англ. New York Heart Association, NYHA) выявлена у 18 (29%) обследованных пациентов, II ФК — у 44 (71%). Средняя длительность заболевания с момента появления симптомов составила $5,4 \pm 1,2$ года. Сопутствующая патология в анамнезе: артериальная гипертония у 50 (80,6%), сахарный диабет 2-го типа у 13 (20,9%) больных. По результатам коронарографии, стеноз в проекции проксимального сегмента правой коронарной артерии составил в среднем $79 \pm 16,4\%$, дистального — $28,4 \pm 3,8\%$; среднего — $51,37 \pm 4\%$, в огибающей артерии — $68,9 \pm 5,5\%$, в ветви тупого края — $69,4 \pm 19\%$,

в задней межжелудочковой артерии — $48,2 \pm 3,8\%$ в передней межжелудочковой артерии — $81,9 \pm 16\%$. Правый тип кровообращения выявлен у 55 (87,3%) участников исследования, левый — у 4 (6,3%), смешанный — у 4 (6,3%). У обследованных нами больных среднее значение по шкале SYNTAX Score составило $33,04 \pm 4,1$ балла.

Полученные по результатам МРТ волюметрические данные не демонстрировали дилатации желудочков (конечный систолический объем ЛЖ — $75 \pm 16,7$ мл, конечный диастолический объем ЛЖ — $133,5 \pm 23,3$ мл, конечный систолический объем ПЖ — $75,9 \pm 20,2$ мл, конечный диастолический объем ПЖ — $131,5 \pm 30,0$ мл), а систолическая функция обоих желудочков была умеренно снижена (ФВ ЛЖ — $43,2 \pm 5,5\%$, ФВ ПЖ — $42 \pm 6\%$). ЭхоКГ-показатели TAPSE ($18,4 \pm 2,8$ мм), s' ($9,4 \pm 2,6$ см/с), Tei-индекс ПЖ ($0,55 \pm 0,2$), продольная систолическая деформация ПЖ (« \leftarrow » $13,9 \pm 3,7\%$) также отражают умеренную систолическую дисфункцию ПЖ

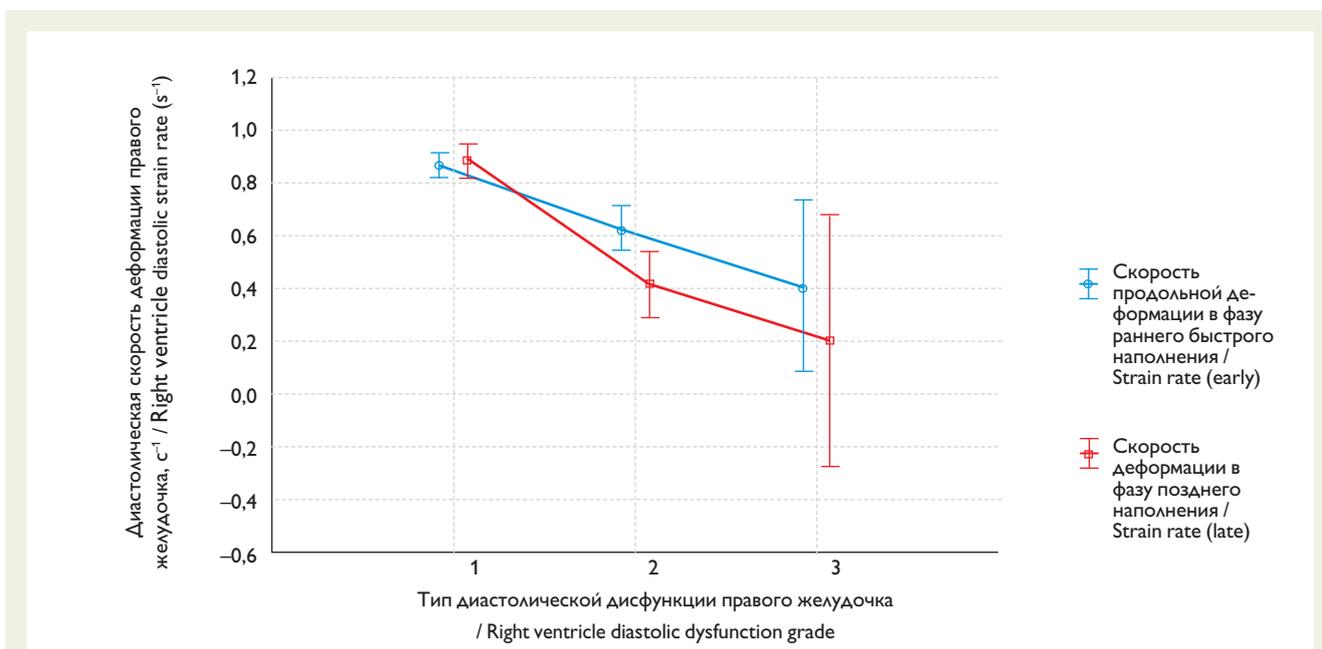


Рис. 1. График скорости продольной деформации правого желудочка в фазу раннего быстрого наполнения и скорости деформации правого желудочка в фазу позднего наполнения в зависимости от типа диастолической дисфункции

Примечание. 1 — нарушенная релаксация (I тип диастолической дисфункции), 2 — псевдонормализация (II тип диастолической дисфункции), 3 — рестриктивный тип (III тип диастолической дисфункции)

Fig. 1. Right ventricle longitudinal strain rate in the early quick filling phase and right ventricle strain rate in the late filling phase versus diastolic dysfunction type

Note. 1 — impaired relaxation (diastolic dysfunction grade I), 2 — pseudonormalization (diastolic dysfunction grade II), 3 — restrictive grade (diastolic dysfunction grade III)

у обследованных пациентов. ФВ ПЖ, по данным МРТ, прямо коррелировала с ЭхоКГ-параметрами: TAPSE ($R_s = 0,7, p = 0,0001, 95\% \text{ ДИ } 0,54-0,8$) и систолической скоростью движения латеральной части фиброзного кольца трикуспидального клапана ($R_s = 0,71, p = 0,0001, 95\% \text{ ДИ } 0,55-0,81$), обратно: с Tei-индексом ($R_s = -0,41, p = 0,001, 95\% \text{ ДИ } -0,59 \dots -0,17$), продольной деформацией ПЖ ($R_s = -0,9, p = 0,0000, 95\% \text{ ДИ } -0,93 \dots -0,84$).

Выявлен 41 пациент (66,1%) с диастолической дисфункцией ЛЖ I типа (с нарушенной релаксацией: E/A $0,9 \pm 0,22$; E/e' $8,9 \pm 3,2$; DT 230 ± 22 мс; IVRT $91,5 \pm 9,6$ мс), 18 (29%) с дисфункцией II типа (с псевдонормальным наполнением: E/A $1,4 \pm 0,25$; E/e' $13,9 \pm 3,6$; DT $185,5 \pm 22$ мс; IVRT 75 ± 11 мс) и 3 (4,8%) с III рестриктивным типом (E/A $2,4 \pm 0,4$; E/e' $18,7 \pm 1,5$; DT $127,7 \pm 3,2$ мс; IVRT $69 \pm 1,5$ мс). Выявлена умеренная обратная корреляция ФВ ЛЖ по данным МРТ и давления наполнения ЛЖ E/e' ($R_s = -0,51, p = 0,01, 95\% \text{ ДИ } -0,67 \dots -0,29$),

слабая связь с типом диастолической дисфункции ($R_s = -0,32, p = 0,002, 95\% \text{ ДИ } -0,52 \dots -0,07$). Обнаружена сильная прямая связь типа диастолической дисфункции ЛЖ и ФК сердечной недостаточности ($R_s = 0,72, p = 0,0000, 95\% \text{ ДИ } -0,81 \dots -0,57$).

ЭхоКГ-параметры, характеризующие диастолическую функцию ПЖ, согласно традиционным критериям, у 46 больных (74,2%) соответствовали типу нарушенной релаксации (E/A $0,98 \pm 0,1$; E/e' $4,9 \pm 1,3$; DT $236,1 \pm 6,2$ мс, IVRT $84,4 \pm 11,4$ мс), у 15 пациентов (24,2%) — псевдонормальному типу (E/A $1,4 \pm 0,1$; E/e' $10 \pm 1,7$; DT $150 \pm 18,3$ мс, IVRT $70,3 \pm 10,6$ мс), в 1 случае (1,6%) — рестриктивному (E/A 2; E/e' 12; DT 110 мс, IVRT 50 мс). Не выявлено статистической разницы во встречаемости типов дисфункции по левому и правому желудочку (I тип $p = 0,68$, II тип $p = 0,64$, III тип $p = 0,32$). Проанализированы показатели диастолической скорости деформации ПЖ в зависимости от типа диастолической дисфункции ПЖ. Обнаружено, чем ниже были значе-

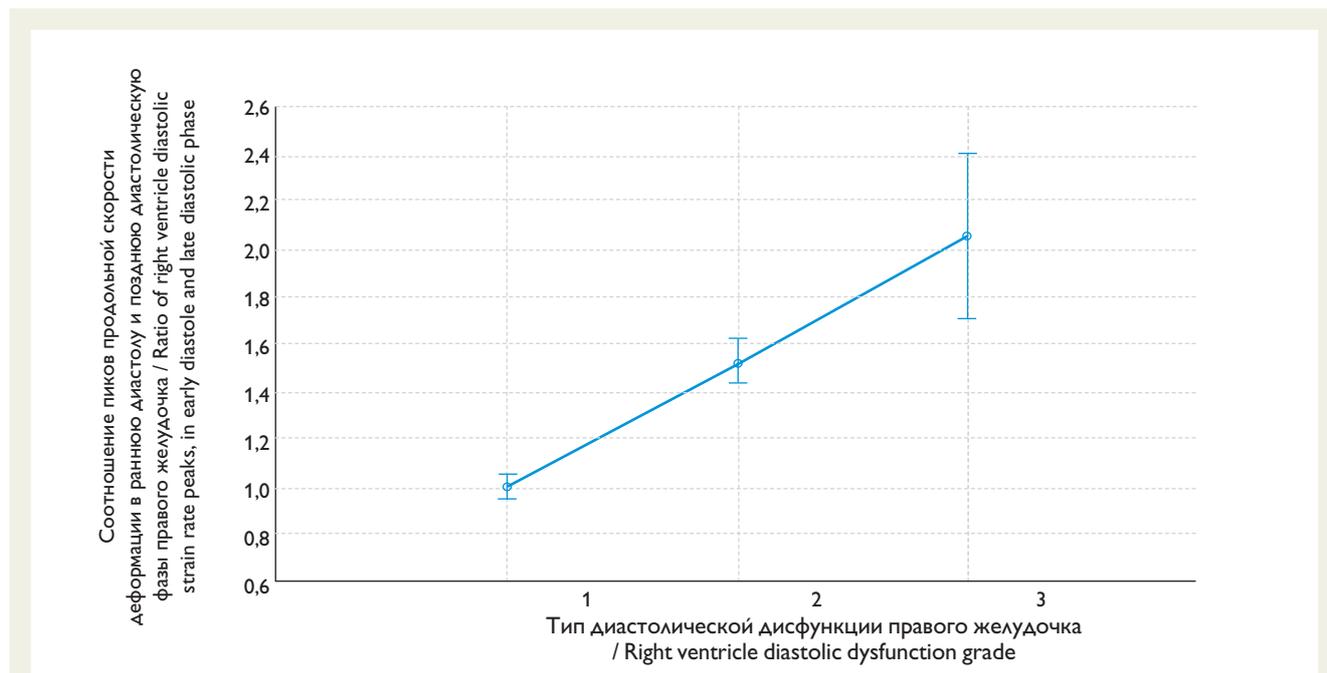


Рис. 2. График соотношения скорости продольной деформации в раннюю и позднюю диастолическую фазы правого желудочка в зависимости от типа диастолической дисфункции

Примечание. 1 — нарушенная релаксация (I тип диастолической дисфункции), 2 — псевдонормализация (II тип диастолической дисфункции), 3 — рестриктивный тип (III тип диастолической дисфункции)

Fig. 2. Longitudinal strain rate ratio in right ventricle early and late diastolic phases versus diastolic dysfunction grade

Note. 1 — impaired relaxation (diastolic dysfunction grade I), 2 — pseudonormalization (diastolic dysfunction grade II), 3 — restrictive grade (diastolic dysfunction grade III)

ния E_{SR} и A_{SR} и выше соотношение E_{SR}/A_{SR} , тем хуже диастолическая функция (рис. 1, 2).

Таким образом, у пациентов с I типом диастолической дисфункции скорость деформации в раннюю диастолу составляла $0,86 \pm 0,18 \text{ c}^{-1}$ (E_{SR} 95% ДИ 0,78–0,93), в позднюю диастолу $0,88 \pm 0,27 \text{ c}^{-1}$ (A_{SR} 95% ДИ 0,79–0,93), соотношение E_{SR}/A_{SR} $0,99 \pm 0,16$ (95% ДИ 0,9–1,04). Для пациентов со II типом диастолической дисфункции скорость деформации в раннюю диастолу составляла $0,62 \pm 0,04 \text{ c}^{-1}$ (E_{SR} 95% ДИ 0,59–0,68), A_{SR} — $0,41 \pm 0,04 \text{ c}^{-1}$ (95% ДИ 0,39–0,44), соотношение E_{SR}/A_{SR} — $1,5 \pm 0,19$ (95% ДИ 1,4–1,68). Для III типа (был только 1 больной) E_{SR} — $0,41 \text{ c}^{-1}$, A_{SR} — $0,2 \text{ c}^{-1}$, E_{SR}/A_{SR} — 2,05. По результатам анализа, дискриминация между классифицированными I и II типами диастолической дисфункции ПЖ значима (лямбда Уилкса = 0,3; $F = 60,9$, $p < 0,0000$). Полученные данные указывают на возможность использования этой классификации для определения типа диастолической дисфункции ПЖ с применением параметров продольной скорости деформации E_{SR} , A_{SR} и соотношения E_{SR}/A_{SR} . Построенная модель определяет тип диастолической дисфункции ПЖ с точностью 95,6%. Дисперсионный анализ продемонстрировал, что чем более выражена диастолическая дисфункция ПЖ, тем хуже

значения продольной систолической деформации ПЖ (рис. 3).

Выявлена обратная выраженная корреляция комплексности поражения коронарных артерий (SYNTAX Score) и скорости деформации в раннюю диастолическую фазу ПЖ наполнения E_{SR} ($R_s = -0,73$, $p = 0,001$, 95% ДИ $-0,82 \dots -0,58$). Обратная связь стеноза правой коронарной артерии с продольной ранней диастолической скоростью деформации была слабой ($R_s = -0,27$, $p = 0,03$, 95% ДИ $-0,48 \dots -0,02$), стенозов в обгибающей артерии и E_{SR} — умеренной ($R_s = -0,55$, $p = 0,001$, 95% ДИ $-0,69 \dots -0,34$), с передней межжелудочковой артерией — также умеренной ($R_s = -0,5$, $p = 0,001$, 95% ДИ $-0,66 \dots -0,28$).

Обсуждение

Известно, что с учетом функции правый и левый желудочки нельзя рассматривать изолированно [10, 14]. Как демонстрируют данные нашего исследования, множественное поражение коронарных артерий ассоциировано с нарушением систолической и диастолической функций обоих желудочков. Ни у одного из обследованных пациентов не выявлено нормальной диастолической функции ЛЖ и ПЖ. Определение продольной

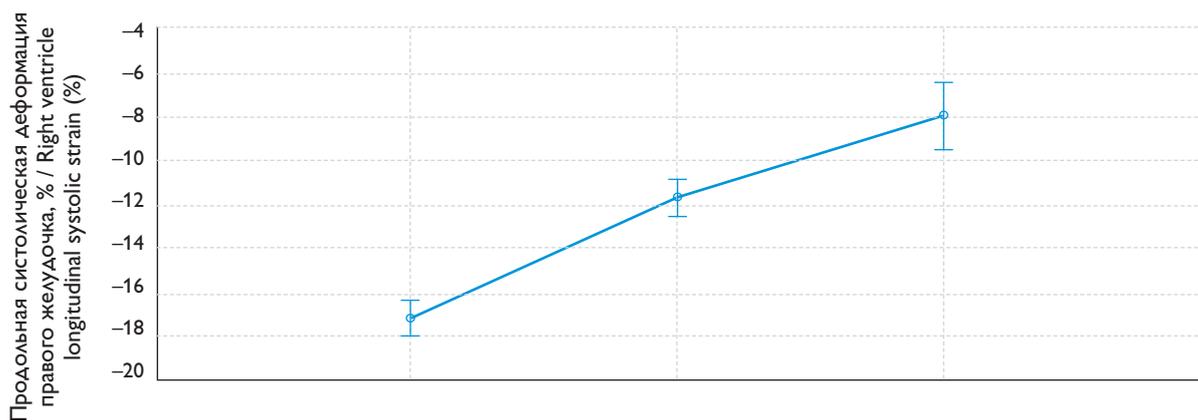


Рис. 3. График продольной систолической деформации правого желудочка в зависимости от типа диастолической дисфункции

Примечание. 1 — нарушенная релаксация (I тип диастолической дисфункции), 2 — псевдонормализация (II тип диастолической дисфункции), 3 — рестриктивный тип (III тип диастолической дисфункции)

Fig. 3. Right ventricle longitudinal systolic strain versus diastolic dysfunction

Note. 1 — impaired relaxation (diastolic dysfunction grade I), 2 — pseudonormalization (diastolic dysfunction grade II), 3 — restrictive grade (diastolic dysfunction grade III)

скорости деформации на уровне свободной стенки ПЖ в раннюю и позднюю диастолу и их соотношение оказалось эффективным дополнением к традиционным способам оценки диастолической функции ПЖ по временным и скоростным параметрам транстрикуспидального кровотока и соотношению E/e' . Диастолическая скорость деформации в фазу раннего диастолического наполнения ПЖ обнаруживает тесную прямую связь с параметрами диастолической функции ЛЖ: чем более выражена диастолическая дисфункция ЛЖ, тем ниже ранняя диастолическая скорость деформации ПЖ. Данная корреляция объясняется известным межжелудочковым взаимодействием: повышение конечно-диастолического давления в ЛЖ приводит к повышению давления в ПЖ и, соответственно, диастолической дисфункции правого желудочка [14].

Отсутствие связи изученных параметров диастолической функции и ФВ ПЖ по данным МРТ, вероятно, следствие умеренно (но не значительно) сниженной систолической функции ПЖ у большинства обследованных нами больных. По той же причине не было большого количества пациентов с рестриктивным типом диастолической дисфункции ПЖ, так как именно диастолической функцией определяется степень растяжения саркомеров миофибрилл, контролирующей ударный объем по механизму Франка – Старлинга. В случае рестриктивного ПЖ значительно повышается зависимость от преднагрузки, падает ударный объем, повышается давление в желудочке, возрастает давление в легочной артерии, знаменуя повышение постнагрузки ПЖ, что приводит к снижению систолической функции правого желудочка [9, 14].

Снижение скорости деформации в раннюю диастолу было обратно связано с баллами по шкале SYNTAX Score, тогда как обратная корреляция со стенозом в одной коронарной артерии была умеренной или незначительной, что позволяет сделать вывод, что диастолическая дисфункция тесно связана комплексностью поражения коронарных артерий. С учетом выявленной связи типа диастолической дисфункции ПЖ с систолической и диастолической функциями ЛЖ нарушение диастолы ПЖ у обследованных нами больных было вторично по отношению к диастолической и систолической дисфункциям ЛЖ. Полученные данные показывают, что при множественном поражении коронарных артерий особенностью ремоделирования сердца являются однонаправленные изменения функции обоих желудочков. Тесная связь тяжести диастолической

дисфункции и симптомов сердечной недостаточности подтверждает клиническую важность не только своевременной детекции дисфункции, но и выполнения реваскуляризации миокарда как основного патогенетического метода лечения у этой категории пациентов.

Ограничения исследования

Следует помнить, что выполненный анализ продольной систолической и диастолической деформации ПЖ из апикальной позиции проекции 4 камер не отражает функцию всего желудочка, так как не учитывает вклад его отточного отдела. Мы не включили в исследование пациентов со значительно сниженной систолической функцией ЛЖ при легочной гипертензии, так как оба фактора имеют самостоятельное влияние на параметры диастолической функции левого и правого желудочков. В ежедневной клинической практике пациенты с множественным поражением коронарных артерий, ФВ ЛЖ менее 30% и высоким давлением в легочной артерии встречаются, и экстраполировать полученные в нашей работе данные на эту группу больных нельзя. Безусловно, требуются более масштабные данные для интерпретации глобальной диастолической механики ПЖ у больных с множественным поражением коронарных артерий и понимания клинического значения полученных результатов.

Выводы

1. Выраженность диастолической дисфункции правого желудочка ассоциирована с комплексностью поражения коронарных артерий.
2. Параметры продольной диастолической скорости деформации могут быть использованы в качестве маркеров диастолической дисфункции наряду с конвенционально используемыми скоростными и временными показателями транстрикуспидального потока.
3. Продольная систолическая деформация и диастолическая скорость деформации снижаются параллельно, что отражает тесную связь систолической и диастолической механики правого желудочка.
4. Эхокардиографические параметры диастолической функции правого желудочка демонстрируют зависимость от диастолической и систолической функций левого желудочка.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн: Е.Н. Орехова, О.А. Осетрова.

Сбор и обработка материала: О.А. Осетрова, О.А. Балышова.

Написание статьи: Е.Н. Орехова, О.А. Осетрова.

Исправление статьи: Ю.С. Синельников, Е.Н. Орехова.

Утверждение окончательной версии: Ю.С. Синельников, Е.Н. Орехова, О.А. Осетрова, О.А. Балышова.

Список литературы / References

1. Bleeker G.B., Steendijk P., Holman E.R., Yu C.-M., Breithardt O.A., Kaandorp T.A.M., Schalij M.J., van der Wall E.E., Nihoyannopoulos P., Bax J.J. Assessing right ventricular function: the role of echocardiography and complementary technologies. *Heart*. 2006;92(Suppl. 1):i19-26.
2. Kowalski M., Kukulski T., Jamal F., D'hooge J., Weidemann F., Rademakers F., Bijnens B., Hatle L., Sutherland G.R. Can natural strain and strain rate quantify regional myocardial deformation? A study in healthy subjects. *Ultrasound Med Biol*. 2001;27(8):1087-97.
3. Roes S.D., Mollema S.A., Lamb H.J., van der Wall E.E., de Roos A., Bax J.J. Validation of echocardiographic two-dimensional speckle tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*. 2009;104(3):312-7. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.03.040>
4. Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K., Solomon S.D., Louie E.K., Schiller N.B. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713; quiz 786-8. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
5. Haddad F., Hunt S.A., Rosenthal D.N., Murphy D.J. Right ventricular function in cardiovascular disease, Part I. *Circulation*. 2008;117(11):1436-48. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.653576>
6. Goldstein J.A. Pathophysiology and management of right heart ischemia. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(5):841-53.
7. Erbsoll M., Andersen M.J., Valeur N., Mogensen U.M., Fakhri Y., Thune J.J., Møller J.E., Hassager C., Søgaard P., Køber L. Early diastolic strain rate in relation to systolic and diastolic function and prognosis in acute myocardial infarction: a two-dimensional speckle-tracking study. *Eur Heart J*. 2014;35(10):648-56. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehf179>
8. Швец Д.А., Поветкин С.В. Функциональное состояние правого желудочка у больных ишемической болезнью сердца. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2016;3:62-71. [Shvets D.A., Povetkin S.V. Right ventricle functional state in patients with coronary artery disease. *The Journal of Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2016;3:62-71. (In Russ.)]
9. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F.A., Foster E., Goldstein S.A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M.H., Rietzschel E.R., Rudski L., Spencer K.T., Tsang W., Voigt J.U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2014.10.003>
10. Алехин М.Н. Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.: Видар, 2012. 88 с. [Alekhin M.N. *Ultrasonic methods for assessing myocardial deformation and clinical significance*. Moscow: Vidar Publ.; 2012. 88 p. (In Russ.)]
11. Бокерия Л.А., Бусленко Н.С., Бузиашвили Ю.И., Кокшенева И.В., Можина А.А. Дисфункция миокарда правого желудочка при ишемической болезни сердца (анатомия, патофизиология, диагностика, клиническое значение в кардиохирургии). М.: Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН, 2010. 324 с. [Bokeriya L.A., Buslenko N.S., Buziashvili Yu.I., Koksheneva I.V., Mozhina A.A. *The right ventricular myocardial dysfunction in ischemic heart disease (anatomy, pathophysiology, diagnosis, clinical significance in cardiac surgery)*. Moscow: A.N. Bakoulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery Publ.; 2010. 324 p. (In Russ.)]
12. Tehrani F., Phan A., Schwarz E.R. Left and right ventricular diastolic dysfunction and diastolic heart failure: does one lead to the other? *J Geriatr Cardiol*. 2009;6(1):3.
13. Denault A.Y., Couture P., Buithieu J., Haddad F., Carrier M., Babin D., Levesque S., Tardif J.C. Left and right ventricular diastolic dysfunction as predictors of difficult separation from cardiopulmonary bypass. *Can J Anaesth*. 2006;53(10):1020-9. <https://doi.org/10.1007/BF03022532>
14. Sianos G., Morel M.-A., Kappetein A.P., Morice M.C., Colombo A., Dawkins K., van den Brand M., Van Dyck N., Russell M.E., Mohr F.W., Serruys P.W. The SYNTAX Score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease. *EuroInterv*. 2005;1(2):219-27.
15. Jamal F., Bergerot C., Argaut L., Loufouat J., Ovize M. Longitudinal strain quantitates regional right ventricular contractile function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2003;285(6): H2842-7. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00218.2003>
16. Бартош-Зеленая С.Ю., Новиков В.И., Гусева О.А. Возможности эхокардиографии в оценке правых камер сердца в норме и при очаговом поражении миокарда. Вестник СПбГУ. 2013;11(2):28-46. [Bartosh-Zelenaya S.Yu., Novikov V.I., Guseva O.A. The features of echocardiography in assessment of right chambers in health and focal myocardial infarction. *Vestnik St. Petersburg University*. 2013;11(2):28-46. (In Russ.)]
17. D'hooge J., Heimdal A., Jamal F., Kukulski T., Bijnens B., Rademakers F., Hatle L., Suetens P., Sutherland G.R. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr*. 2000;1(3):154-170. <https://doi.org/10.1053/euje.2000.0031>
18. Grothoff M., Elpert C., Hoffmann J., Zachrau J., Lehmkühl L., de Waha S., Desch S., Eitel I., Mende M., Thiele H., Gutberlet M. Right ventricular injury in ST-elevation myocardial infarction: risk stratification by visualization of wall motion, edema, and delayed-enhancement cardiac magnetic resonance. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5(1):60-8. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.111.967810>

Echocardiographic assessment of right ventricle diastolic function in patients with multivessel coronary artery disease

Yuri S. Sinelnikov, Ekaterina N. Orekhova, Olga A. Osetrova, Olga A. Balyshova

Federal Center of Cardiac Surgery, Ministry of Health of Russian Federation, 614013 Perm, Russian Federation

Corresponding author. Olga A. Osetrova, osetrova.olya@mail.ru

Aim. The study was aimed at assessing the right ventricle diastolic function in patients with multivessel coronary artery disease.

Methods. Sixty two patients (32 males, 51.6 %) with multivessel coronary artery disease (SYNTAX Score 33.04 ± 4.1) were examined over a period from 2014 to 2016. The mean age was 58.5 ± 8.3 years. To examine the diastolic function of the left and right ventricles (LV, RV), conventional echocardiographic (EchoCG) parameters, as well as a longitudinal diastolic strain rate at the level of RV free wall segments were analyzed by using tissue Doppler imaging in 2D-strain imaging mode.

Results. The systolic function of both ventricles was moderately decreased (LV EF 43.2 ± 5.5 %, RV EF 42 ± 6 %). 41 patients (66.1 %) demonstrated LV diastolic dysfunction (DD, impaired relaxation) of grade I and 46 patients (74.2 %) – RV DD of grade I. Pseudonormal LV DD grade II was revealed in 18 patients (29 %) and RV DD of grade II – in 15 patients (24.2 %). Three patients (4.8 %) had LV DD (restrictive) of grade III and only one patient (1.6 %) showed a restrictive type of RV filling. The early diastolic strain rate (E_{SR}) was 0.86 ± 0.18 s⁻¹ in patients with DD of grade I, the late diastolic strain rate was 0.88 ± 0.27 s⁻¹ (A_{SR}), with their ratio E_{SR}/A_{SR} running to 0.99 ± 0.16 . For patients with DD of grade II, E_{SR} was 0.62 ± 0.04 s⁻¹, $A_{SR} = 0.41 \pm 0.04$ s⁻¹ and the ratio of $E_{SR}/A_{SR} = 1.5 \pm 0.19$. For patients with DD of grade III ($n = 1$), E_{SR} was 0.41 s⁻¹, $A_{SR} = 0.2$ s⁻¹ and the ratio $E_{SR}/A_{SR} = 2.05$. A significant inverse correlation between the coronary artery disease complexity (SYNTAX Score) and the strain rate in the early diastolic phase of RV filling E_{SR} ($R_s = -0.73$, $p = 0.001$) was identified.

Conclusion. Longitudinal systolic strain and diastolic strain rate decrease in parallel, thus reflecting a close relation of systolic and diastolic mechanics of the right ventricle. The intensity of right ventricle diastolic dysfunction is associated with the coronary artery disease complexity.

Keywords: right ventricle; echocardiography; systolic and diastolic right ventricle dysfunction; longitudinal strain

Received 18 October 2016. Accepted 6 February 2017. Published online 15 May 2017.

Funding: The study required no additional funding and sponsorship.

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

Author contributions

Conception and study design: E.N. Orekhova, O.A. Osetrova.

Data collection and analysis: O.A. Osetrova, O.A. Balyshova.

Drafting the article: E.N. Orekhova, O.A. Osetrova.

Critical revision of the article: Yu.S. Sinelnikov, E.N. Orekhova.

Final approval of the version to be published: Yu.S. Sinelnikov, E.N. Orekhova, O.A. Osetrova, O.A. Balyshova.

Copyright: © 2017 Sinelnikov et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

How to cite: Sinelnikov Yu.S., Orekhova E.N., Osetrova O.A., Balyshova O.A. Echocardiographic assessment of right ventricle diastolic function in patients with multivessel coronary artery disease. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2017;21(2):68-76. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2017-2-68-76>