

С. Ю. Бартош-Зеленая, В. И. Новиков, О. А. Гусева

ВОЗМОЖНОСТИ ЭХОКАРДИОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ ПРАВЫХ КАМЕР СЕРДЦА В НОРМЕ И ПРИ ОЧАГОВОМ ПОРАЖЕНИИ МИОКАРДА

В последние годы интерес многих исследователей привлекает ишемическое поражение правого желудочка, которое нельзя считать редким. Естественно, что левый (ЛЖ) и правый желудочки (ПЖ) неправомерно рассматривать изолированно друг от друга. Желудочки сердца имеют не только общее кровоснабжение, но и одну перегородку, внутригрудное давление, перикард и единый фиброзно-мышечный аппарат и, соответственно, подвержены тесному взаимодействию. Так, при очаговом поражении нижней стенки ЛЖ вероятность выявления нарушения функции ПЖ составляет при гемодинамически стабильном инфаркте миокарда (ИМ) 1/7 случаев, при инфаркте с развитием гипотензии и кардиогенного шока — 2/3; при переднем ИМ — 1/10 случаев [1]. На аутопсии у погибших от острого ИМ нижней стенки ЛЖ в 24–34% выявлялись очаговые поражения миокарда ПЖ [2].

Правый желудочек является менее изученным отделом сердца, несмотря на данные о существенном его вкладе в поддержание общей гемодинамики, которые и определяют важность оценки функции ПЖ как у здоровых лиц, так и у пациентов с очаговыми поражениями миокарда. Изучение сократительной способности и геометрии ПЖ имеет ряд ограничений в связи с трудностями его визуализации. Современные методы исследования, такие как радионуклидная вентрикулография, магнитно-резонансная томография, катетеризация сердца с возможностью измерения гемодинамических параметров, позволяют оценить структуру и функцию ПЖ, однако ввиду инвазивности и высокой стоимости, в рутинной клинической практике не используются.

Наиболее доступным методом исследования в клинической практике, обеспечивающим достоверную информацию о размерах, структуре и функции ПЖ, а также межжелудочковых взаимодействиях, является эхокардиография (ЭхоКГ). В диагностике очаговых поражений ПЖ эхокардиография также обладает высокой чувствительностью (82%) и специфичностью (93%) [3]. В последних международных рекомендациях American Society of Echocardiography (ASE, 2010), разработанных для оценки правых камер сердца у взрослых, определены границы нормальных значений размеров и показателей функции правого желудочка. В данных рекомендациях рассматривались только единичные исследования в малочисленных группах, а полученные результаты были неоднородными. Поэтому в нашем обзоре рассматриваются наиболее информативные эхокардиографические показатели для оценки функции ПЖ в норме и у пациентов с очаговыми поражениями миокарда, которые позволяют клиницисту определить

Бартош-Зеленая Светлана Юрьевна — д-р мед. наук, профессор, ГБОУ ВПО СЗГМУ им. И. И. Мечникова Минздрава России; e-mail: lanmed@rambler.ru

Новиков Владимир Игоревич — д-р мед. наук, профессор, ГБОУ ВПО СЗГМУ им. И. И. Мечникова Минздрава России; e-mail: vladimir.novikov@spbmapo.ru

Гусева Олеся Андреевна — аспирант, ГБОУ ВПО СЗГМУ им. И. И. Мечникова Минздрава России; e-mail: gysevaolesya@mail.ru

структурно-функциональное состояние правых камер с целью оптимизации терапии пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС).

Кровоснабжение правых камер сердца. Прежде чем рассматривать возможности эхокардиографии в исследовании правых камер, необходимо кратко остановиться на их кровоснабжении в зависимости от типов кровоснабжения сердца. Правый тип коронарного кровоснабжения встречается в 80% случаев, левый тип — 15–20%, сбалансированный тип — 10–15%. Латеральная стенка ПЖ кровоснабжается ветвями острого края правой коронарной артерии (ПКА). Заднюю стенку ПЖ и заднюю часть межжелудочковой перегородки (МЖП) питает задняя межжелудочковая артерия (ЗМЖА). При правом типе коронарного кровоснабжения заднебоковая ветвь отходит от ПКА и питает заднюю часть свободной стенки ПЖ. ЗМЖА и заднебоковая ветвь при правом типе отходят от ПКА, а при левом типе — от огибающей артерии (ОА), являющейся ветвью левой коронарной артерии (ЛКА), при сбалансированном типе — отходят как от ПКА, так и от ОА. Заднебоковая ветвь отходит менее чем в 10% случаев от ОА [4]. Передняя стенка ПЖ и передняя часть МЖП кровоснабжается ветвями передней межжелудочковой артерии (ПМЖА). Выходной тракт ПЖ кровоснабжается конусной артерией, которая может отходить от ПКА или самостоятельно от правого коронарного синуса в 30% случаев. Кровоснабжение модераторного пучка ПЖ осуществляется первой септальной ветвью ПМЖА [1, 4–6] (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Кровоснабжение правых камер сердца

Ветви ПКА	Зона кровоснабжения
Артерия синоатриального узла	Синоатриальный узел (в 60% случаев)
Конусная ветвь	Выходной тракт ПЖ
Предсердные ветви	Правое предсердие (ПП)
Ветви острого края	Свободная боковая стенка ПЖ
ЗМЖА	
Септальные перфоранты	Нижнебазальная часть МЖП
Диагональные ветви к ЛЖ	Заднемедиальная стенка ЛЖ, заднемедиальная папиллярная мышца
Диагональные ветви к ПЖ	Заднемедиальная стенка ПЖ
Дистальная часть ПКА	
Артерия атриовентрикулярного узла	Атриовентрикулярный узел (в 90% случаев)
Заднежелудочковые ветви	Задняя стенка ЛЖ
Заднебоковые ветви	Заднелатеральная стенка ЛЖ
ПМЖА	Верхушка ПЖ, модераторный пучок

Примечание: ЗМЖА — задняя межжелудочковая артерия, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, МЖП — межжелудочковая перегородка, ПЖ — правый желудочек, ПМЖА — передняя межжелудочковая артерия, ПКА — правая коронарная артерия, ПП — правое предсердие. С изменениями из [1].

Степень ишемической дисфункции ПЖ зависит от локализации поражения коронарного русла и типа коронарного кровоснабжения. Проксимальная окклюзия ПКА

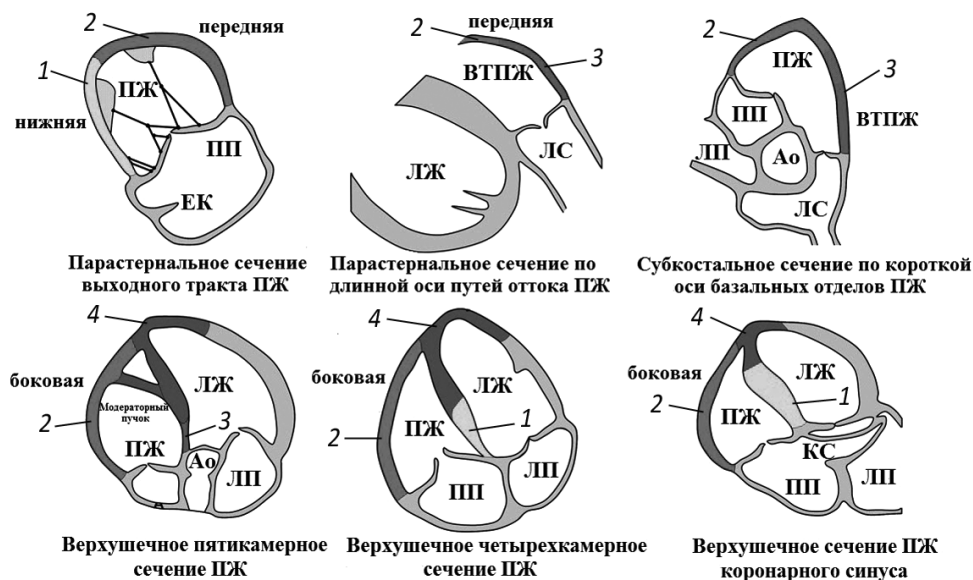


Рис. 1. Сегментарное кровоснабжение ПЖ.

1 — ПКА: задняя межжелудочковая артерия, 2 — ПКА: ветвь острого края, 3 — ПКА: конусная артерия, 4 — ЛКА: левая коронарная артерия. Ао — аорта, ВТПЖ — выходной тракт правого желудочка, ЕК — евстахийев клапан, КС — коронарный синус, ЛС — легочный ствол, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие. С изменениями из [4].

обычно приводит к инфаркту ПЖ, но у некоторых пациентов может быть лишь незначительное изменение его функции или даже отсутствие нарушения. При более дистальных окклюзиях коронарного русла инфаркт ПЖ развивается редко [1, 7]. В 10% случаев инфаркт ПЖ развивается при поражении ЛКА [1].

Эхокардиографическая оценка правых камер сердца в норме. При эхокардиографическом исследовании правых камер сердца используют следующие стандартные сечения: парастеральные продольные и поперечные сечения, верхушечные четырехкамерные и пятикамерные сечения, субкостальные сечения. Обычно оценивают размеры правых камер, систолическую и диастолическую функции ПЖ, давление в легочной артерии (ЛА).

Оценка размеров правых камер. Приступая к оценке правых камер, исследователь должен иметь в виду, что в норме визуально ПЖ меньше ЛЖ и составляет не более 2/3 от его размера. При исследовании из апикального четырехкамерного сечения верхушка сердца полностью занята ЛЖ. Если ПЖ хотя бы частично занимает верхушку, он, скорее всего, увеличен в размерах. Следует отметить, что ПЖ, в отличие от ЛЖ, имеет более сложную конфигурацию полости. Полость ПЖ состоит из входного и выходного отделов, а также основной камеры, имеющей форму полумесяца. Пространственной моделью ПЖ служит пирамида с треугольным основанием, которая трудно поддается описанию с помощью обычных математических методов.

Оценивая ПЖ, измеряют его конечно-диастолические продольный и поперечные размеры на базальном и срединном уровнях (рис. 2) [4].

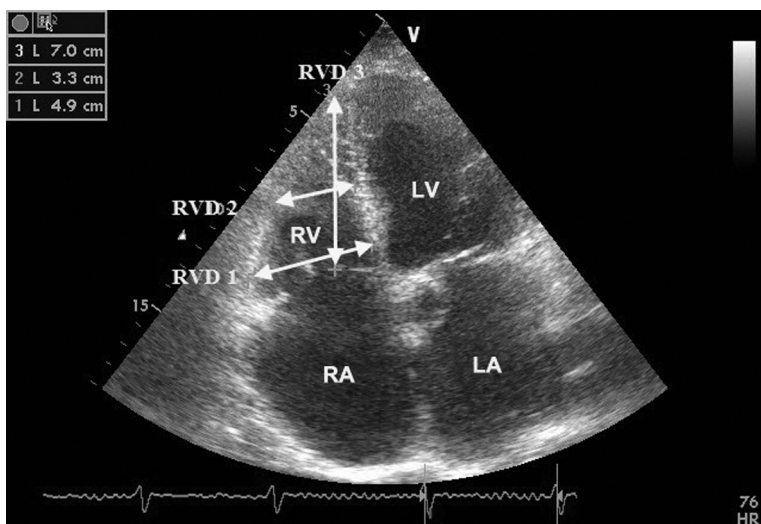


Рис. 2. Измерение правого желудочка в верхушечном четырехкамерном сечении, сфокусированном на правом желудочке.

LA — левое предсердие, LV — левый желудочек, RA — правое предсердие, RV — правый желудочек, RVD 1 — размер ПЖ на базальном уровне, RVD 2 — размер ПЖ на срединном уровне, RVD 3 — продольный размер ПЖ.

Выходной тракт ПЖ измеряют на проксимальном и дистальном уровнях в парастеральном продольном и поперечном сечениях в конце диастолы (рис. 3, 4, 5) [4].

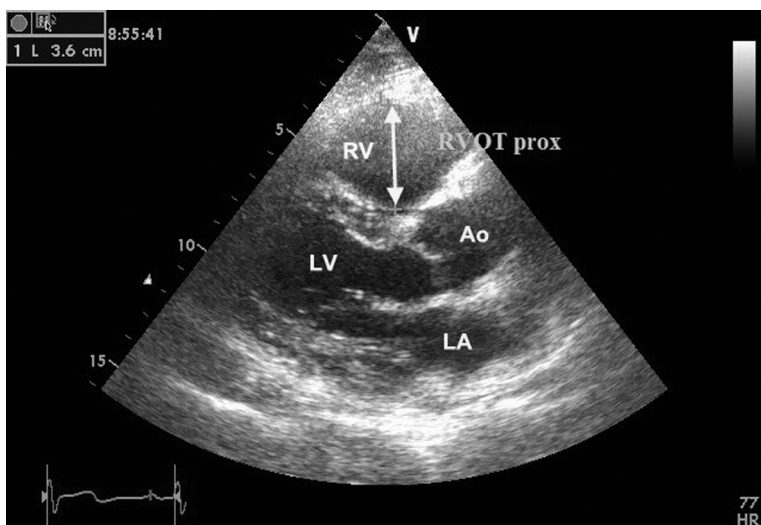


Рис. 3. Измерение выходного тракта ПЖ в парастеральном продольном сечении.

Ao — аорта, LA — левое предсердие, LV — левый желудочек, RV — правый желудочек, RVOT prox — проксимальная часть выходного тракта ПЖ.

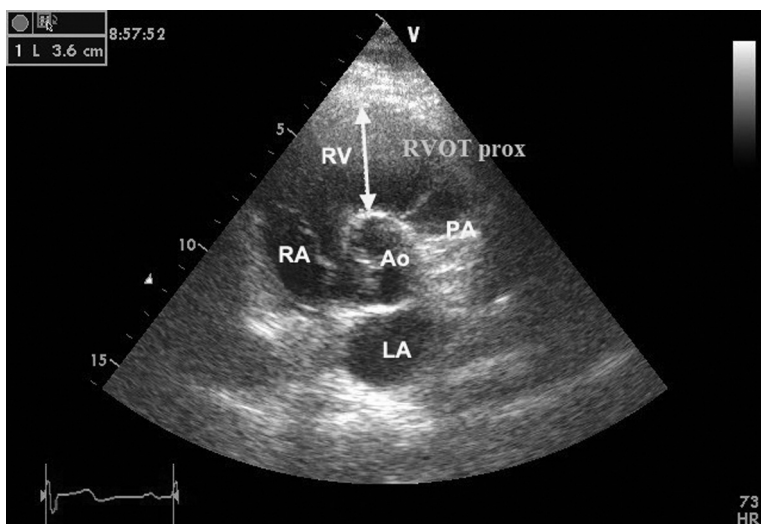


Рис. 4. Измерение выходного тракта ПЖ в парастеральном поперечном сечении.

Ao — аорта, LA — левое предсердие, LV — левый желудочек, RV — правый желудочек, RVOT prox — проксимальная часть выходного тракта ПЖ.

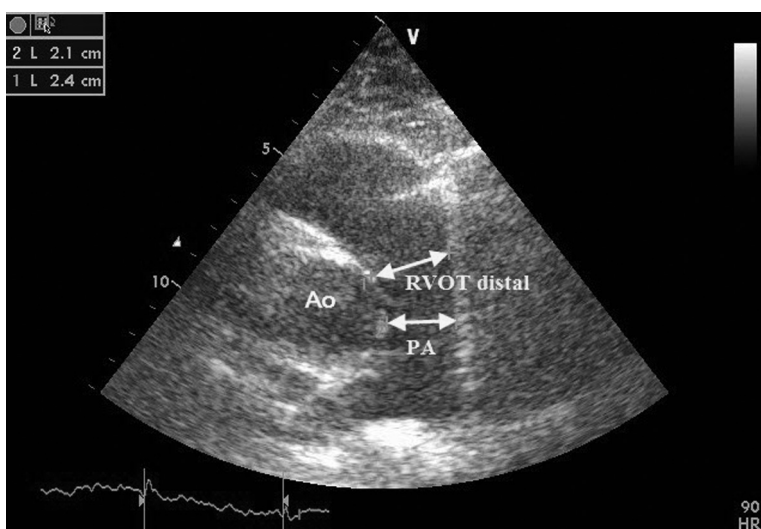


Рис. 5. Измерение дистальной части выходного тракта ПЖ в парастеральном поперечном сечении.

Ao — аорта, PA — легочный ствол, RVOT distal — дистальная часть выходного тракта ПЖ.

Толщину передней стенки ПЖ оценивают в конце диастолы из субкостального сечения на уровне кончика передней створки трикуспидального клапана (ТК) или из парастерального продольного сечения. Измерение можно проводить как в двухмерном (2D), так и в М-режиме, при условии, что ультразвуковой луч расположен перпендикулярно свободной стенке ПЖ, исключая трабекулярность ПЖ и папиллярные мышцы [4].

Оценка ПП включает измерение конечно-систолических размеров — поперечного (малый диаметр), продольного (большой диаметр) и площади ПП (рис. 6) [4].

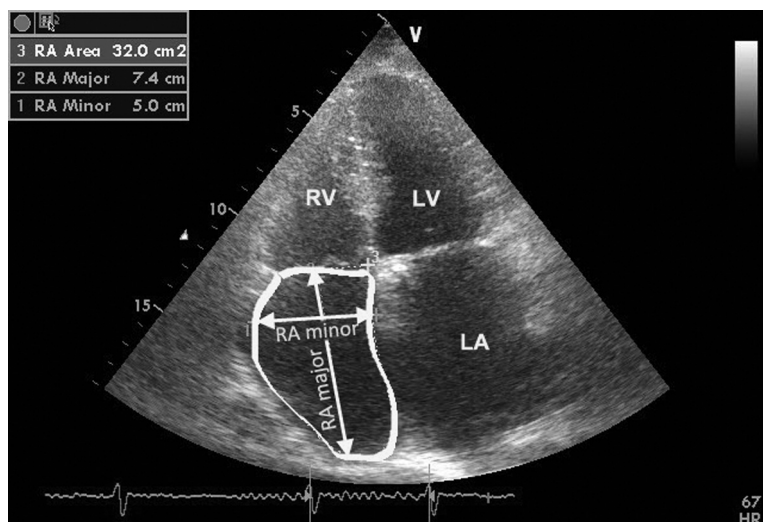


Рис. 6. Измерение правого предсердия.

LA — левое предсердие, LV — левый желудочек, RA — правое предсердие, RA Area — площадь ПП, RA major — большой диаметр ПП, RA minor — малый диаметр ПП, RV — правый желудочек.

В таблице 2 представлены размеры правых камер в норме [4].

Таблица 2. Нормальные значения размеров правых камер сердца

Показатель	Значение
ПЖ на базальном уровне, мм	24–42
ПЖ на срединном уровне, мм	20–35
Продольный размер ПЖ, мм	56–86
Конечно-диастолическая площадь ПЖ, см ²	10–25
Конечно-систолическая площадь ПЖ, см ²	4–14
Индекс конечно-диастолического объема ПЖ, мл/м ²	44–80
Индекс конечно-систолического объема ПЖ, мл/м ²	19–46
Толщина передней стенки ПЖ, мм	4–5
Дистальный диаметр выходного тракта ПЖ, мм	17–27
Диаметр выходного тракта ПЖ в ППС, мм	18–33
Проксимальный диаметр выходного тракта ПЖ, мм	21–35
Малый диаметр ПП, мм	26–44
Большой диаметр ПП, мм	34–53
Площадь ПП, см ²	10–18
НПВ, мм	≤ 21

Примечание: НПВ — нижняя полая вена, ПЖ — правый желудочек, ПП — правое предсердие, ППС — парастеральное продольное сечение. Из [4].

Эхокардиографическая оценка правых камер сердца при очаговом поражении миокарда. Расширение правых камер обычно сопровождается острой ишемической дисфункцией ПЖ или хроническую окклюзию инфаркт-связанной коронарной артерии. Тяжесть ишемической дисфункции ПЖ может варьировать от умеренного нарушения сокращения свободной стенки до выраженного глобального поражения со снижением фракции выброса ПЖ [7]. Уменьшение выброса ишемизированным ПЖ в ЛА приводит к гиповолемии малого круга кровообращения и снижению давления в ЛА. Увеличение остаточного объема крови в ПЖ способствует его дилатации и увеличению конечного диастолического давления, которое, в свою очередь, ретроградно повышает давление вПП, вызывая застой в большом круге кровообращения [8].

Оценка систолической функции правого желудочка. При визуальной оценке сократительной способности ПЖ можно выявить зоны нарушения локальной сократимости: гипокинезию, акинезию или дискинезию свободной стенки ПЖ или снижение глобальной сократимости.

Глобальную и локальную систолическую функции ПЖ можно оценить количественно, используя следующие показатели: фракцию выброса ПЖ (ФВ ПЖ), фракционное изменение площади (FAC), dP/dt , индекс работы миокарда (MPI), амплитуду систолической экскурсии латеральной части трикуспидального кольца (TAPSE), скорость систолического движения латеральной части трикуспидального кольца (TAM, S'), миокардиальное время ускорения (IVA), систолические скорости движения миокарда (S'), деформацию и скорость деформации миокарда свободной стенки ПЖ (Strain, Strain Rate).

Определение фракции выброса ПЖ затруднено в 2D-режиме вследствие сложной формы ПЖ и его повышенной трабекулярности. К тому же, данный показатель недостоверно отражает сократимость ПЖ при наличии значительной трикуспидальной регургитации (TR). Более надежным показателем оценки сократимости ПЖ является FAC (рис. 7), который хорошо коррелирует с ФВ ПЖ, измеренной при помощи магнитно-резонансной томографии (МРТ) [4, 9].

В последние годы исследователями была установлена достоверная корреляция между показателями объемов и ФВ ПЖ, полученными в трехмерном (3D) режиме и данными МРТ [9]. В исследовании A. S. Gopal. и соавт. (2007) были измерены КДО, КСО, ударный объем, ФВ ПЖ в 2D и 3D изображении и с помощью МРТ у здоровых лиц. Значения, полученные в трехмерном изображении, достоверно коррелировали с данными МРТ ($p < 0,001$) [10]. Это может быть обусловлено тем, что при измерении объемов в 3D-режиме включаются объемы входного и выходного тракта ПЖ [9, 10].

В недавнем исследовании M. Kidawa и соавт. (2013) было выявлено, что ФВ ПЖ, рассчитанная с использованием метода трехмерной реконструкции ПЖ, у пациентов с сочетанным инфарктом нижней стенки ЛЖ и инфарктом ПЖ меньше, чем у больных с изолированным инфарктом нижней стенки ЛЖ. Этими же авторами было установлено, что ФВ ПЖ менее 51% с 91% чувствительностью и 80% специфичностью свидетельствует о наличии инфаркта ПЖ [11].

Следующим показателем систолической функции как ПЖ, так и ЛЖ является скорость нарастания давления в ПЖ (dP/dt), которая обычно измеряется по времени, необходимому для увеличения скорости потока TR от 1,0 до 2,0 м/с [4] (рис. 8). Другими авторами была получена наилучшая зависимость между эхокардиографическим и инвазивным методами измерения dP/dt при использовании времени, необходимого для

увеличения скорости ТР от 0,5 до 2,0 м/с [12]. В рекомендациях ASE (2010) отмечено, что показатель dp/dt менее 400 мм рт. ст./с свидетельствует о нарушении систолической функции ПЖ. Данный параметр зависит от постнагрузки и дает менее точные значения при тяжелой ТР. Из-за небольшого количества данных о нормальных значениях данного показателя dp/dt не рекомендован для рутинного использования и оценивается только у пациентов с подозрением на дисфункцию ПЖ [4].

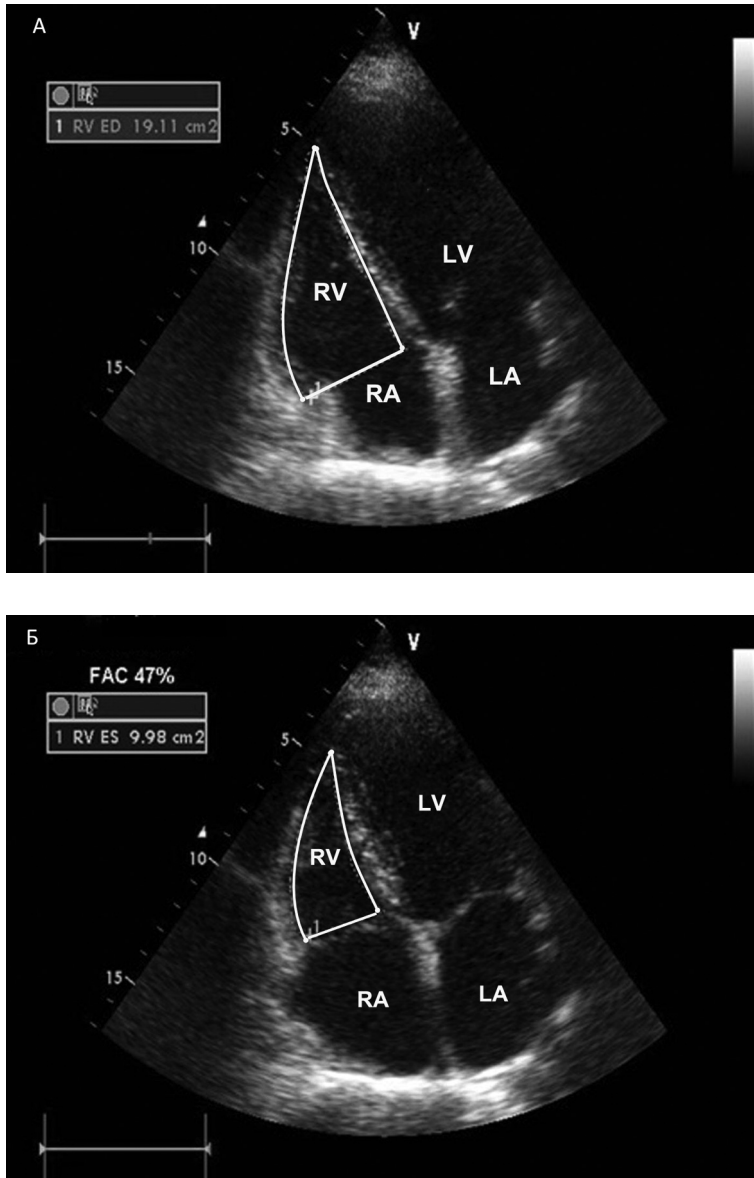


Рис. 7. Измерение фракционного изменения площади (FAC).

LA — левое предсердие, LV — левый желудочек, RA — правое предсердие, RV — правый желудочек. А. RVED — конечно-диастолическая площадь ПЖ. Б. RVES — конечно-систолическая площадь ПЖ. $FAC = (RVED - RVES) / RVED$.

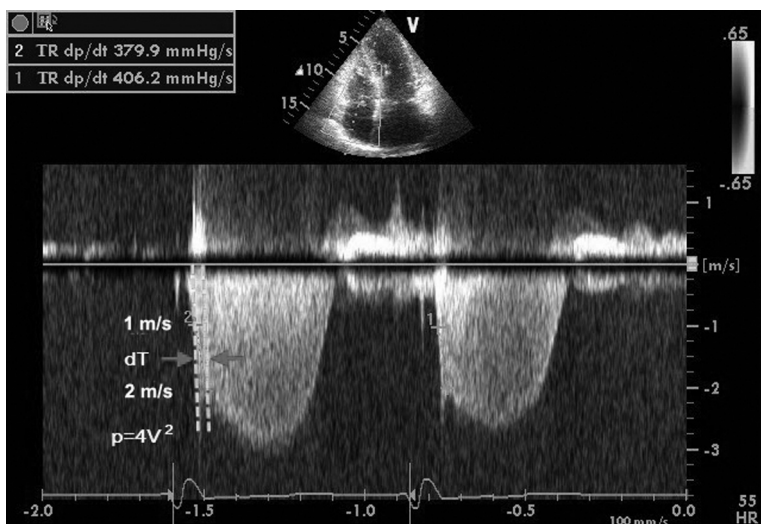


Рис. 8. Измерение скорости нарастания давления в правом желудочке, dp/dt ПЖ.

dt — время, необходимое для увеличения скорости потока трикуспидальной регургитации от 1 до 2 м/с.
 $p=4V^2$ — уравнение Бернулли.

Некоторые исследователи полагают, что оценка систолической и диастолической функции ПЖ может быть выполнена с помощью показателя индекса работы миокарда ПЖ (MPI, индекс Tei). Рассчитывается как соотношение суммы времени изоволюметрического расслабления (IVRT) и изоволюметрического сокращения (IVCT) ко времени выброса (ET) [4]. Для измерения может использоваться импульсный доплеровский или тканевой доплеровский режимы (рис. 9). Все измерения проводятся на

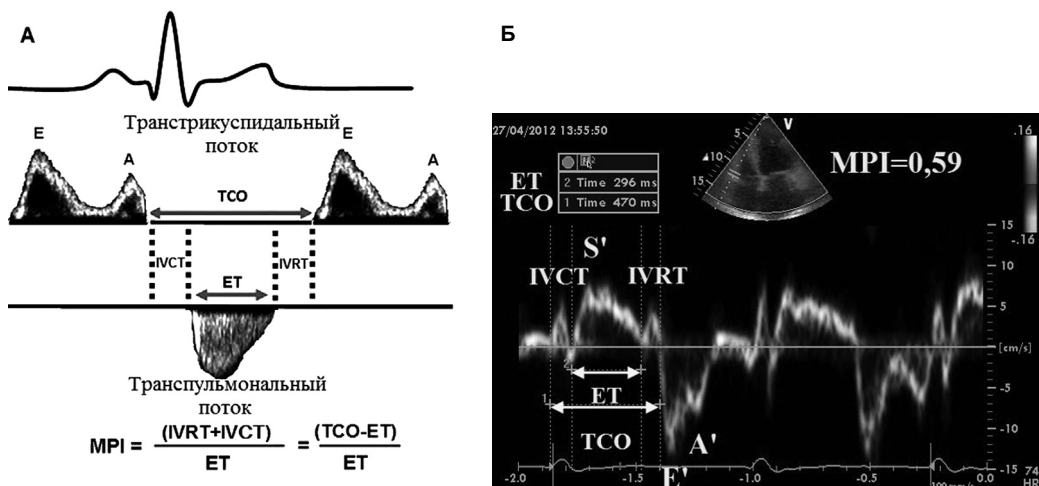


Рис. 9. Измерение индекса работы миокарда ПЖ (MPI).

А — с использованием импульсного доплеровского режима. ET — время выброса, IVCT — время изоволюметрического сокращения, IVRT — время изоволюметрического расслабления, TCO — время закрытия-открытия ТК. С изменениями из [9]. Б — с использованием импульсного тканевого доплеровского режима. А' — скорость позднего диастолического движения, Е' — скорость раннего диастолического движения, S' — скорость систолического движения латеральной части трикуспидального кольца.

изображениях с одинаковой ЧСС для получения более точного значения. При использовании тканевого доплеровского режима для определения МРІ все временные интервалы измеряются во время одного сердечного сокращения. МРІ может быть ложно занижен при состояниях, ассоциированных с повышенным давлением в ПП за счет увеличения IVRT. Значения МРІ больше 0,55 при использовании тканевого доплеровского режима и больше 0,40 при использовании импульсного доплеровского режима свидетельствуют о нарушении систолической функции ПЖ [4].

В исследовании S. Y. Hsu и соавт. (2003) было выявлено, что МРІ значительно выше в группе пациентов с инфарктом передней стенки ЛЖ и составляет около 0,48, по сравнению с группой больных с нижним ИМ — 0,32 и группой контроля — 0,27 ($p < 0,05$) [13]. K. Ozdemir и соавт. (2003) установили, что МРІ выше в группе пациентов с проксимальным поражением ПКА по сравнению с больными, у которых установлено поражение дистальной части ПКА и ОА. Причем при проксимальном поражении ПКА с развитием сочетанного инфаркта нижней стенки ЛЖ и инфаркта ПЖ данный показатель был выше и составил 0,83, по сравнению с больными только с очаговым поражением нижней стенки ЛЖ — 0,74. В группах пациентов с поражением дистальной части ПКА и ОА при очаговом поражении только нижней стенки МРІ составил 0,56 и 0,54 соответственно ($p < 0,001$) [14].

Известно, что ишемическое поражение ПЖ не рассматривается изолированно от состояния ЛЖ. S. H. Hsiao и соавт. (2011) установили, что соотношение индексов работы миокарда (МРІ) ЛЖ и ПЖ является достоверным показателем для определения локализации поражения коронарного русла у пациентов с очаговыми поражениями ПЖ и нижней стенки ЛЖ. Если данное отношение составляет более 1,06, то это указывает на поражение ОА, а при отношении менее 0,96 вовлекается проксимальная треть ПКА, как правило с развитием инфаркта ПЖ [15].

Определение амплитуды систолической экскурсии трикуспидального кольца (TAPSE) в М-режиме является простым, но имеющим большие ограничения, методом оценки систолической функции ПЖ [4, 8] (рис. 10). TAPSE менее 16 мм свидетельствует о снижении систолической функции ПЖ [4]. Необходимо учитывать, что на амплитуду движения трикуспидального кольца влияет не только кинетика ПЖ, но и локальная систолическая функция более мощного ЛЖ. Акинезия задних и задне-перегородочных сегментов ЛЖ на базальном и срединном уровнях способствует снижению амплитуды движения трикуспидального кольца [8].

В исследовании S. Fennira и соавт. (2011) было показано, что выраженное снижение значения TAPSE наблюдалось при сочетании инфаркта нижней стенки ЛЖ и инфаркта ПЖ (13 мм), по сравнению с поражением только нижней стенки ЛЖ, где TAPSE составило 16 мм, и группой контроля — 25 мм ($p < 0,001$) [16]. S. Y. Hsu и соавт. (2003) отметили, что TAPSE ниже в группе пациентов с инфарктом передней стенки ЛЖ и составляет около 20 мм, по сравнению с группой контроля — 24 мм ($p < 0,05$) [13].

Еще одним показателем оценки систолической функции ПЖ является скорость систолического движения латеральной части трикуспидального кольца (ТАМ или S'), измеренная с помощью импульсного тканевого доплеровского режима. Измерение проводят в четырехкамерном сечении, помещая курсор в латеральную часть трикуспидального кольца или базальный сегмент свободной стенки ПЖ [4] (рис. 11). ТАМ менее 10 см/с указывает на дисфункцию ПЖ [4].

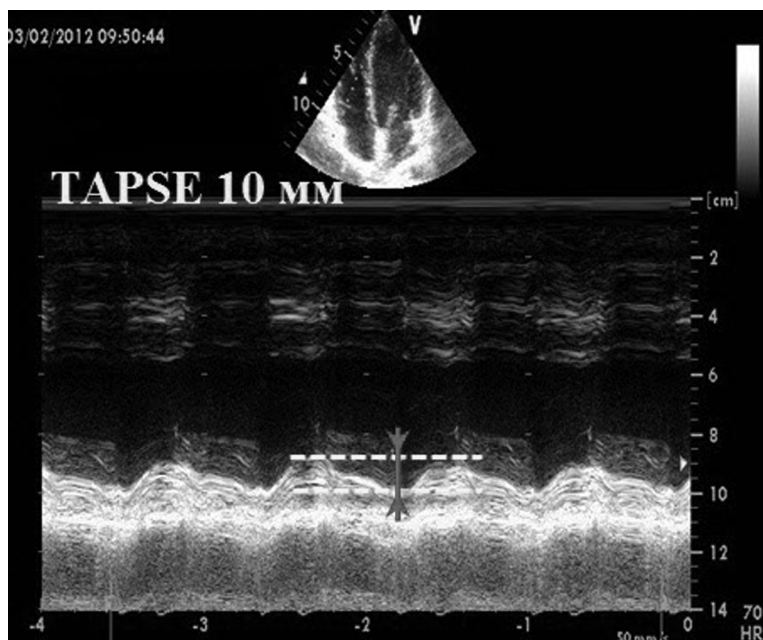


Рис. 10. Измерение амплитуды систолической экскурсии латеральной части трикуспидального кольца в М-режиме (TAPSE)

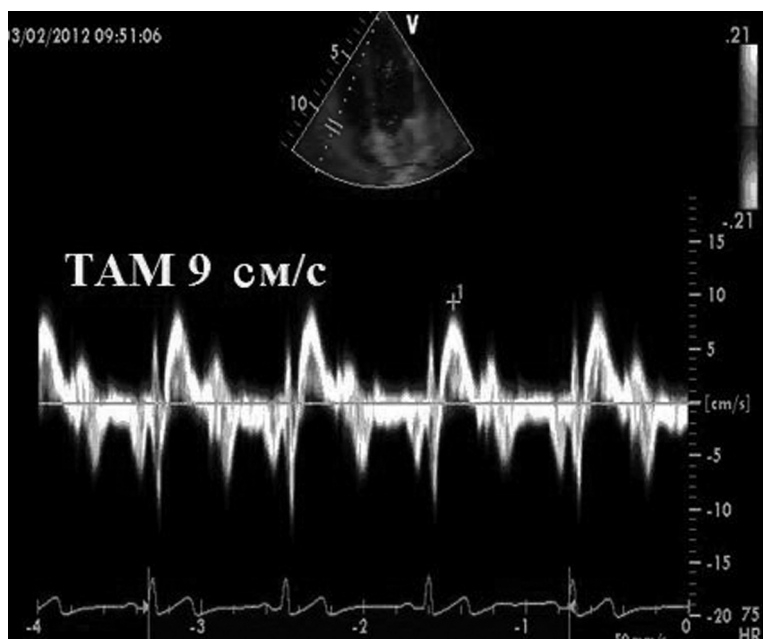


Рис. 11. Измерение скорости систолического движения латеральной части трикуспидального кольца в тканевом доплеровском режиме (TAM)

Некоторыми исследователями было установлено, что значительное снижение значения ТАМ наблюдалось при сочетанном очаговом поражении нижней стенки ЛЖ и инфаркте ПЖ, которое составило около 11 см/с, по сравнению с поражением только нижней стенки ЛЖ — 14 см/с, передней стенки — 14 см/с и группой контроля — 15 см/с ($p < 0,001$) [16, 17]. В недавнем исследовании М. Kidawa и соавт. (2013) была выявлена та же закономерность: в группе больных с сочетанным поражением нижней стенки ЛЖ и ПЖ значение ТАМ было ниже и составило около 9 см/с, в отличие от пациентов с изолированным инфарктом нижней стенки, где оно находилось в пределах 13 см/с ($p < 0,001$) [11].

Исследователи отмечают, что TAPSE и ТАМ отражают продольную функцию ПЖ и хорошо коррелируют с ФВ ПЖ, измеренной с помощью радионуклидной ангиографии [4].

Относительно независимым от пред- и постнагрузки показателем оценки глобальной систолической функции ПЖ является миокардиальное ускорение в фазе изоволюметрического сокращения (IVA). IVA измеряется с помощью тканевого доплеровского режима при постановке курсора в латеральную часть трикуспидального кольца и определяется как отношение максимальной изоволюметрической миокардиальной скорости ко времени ее достижения [4] (рис. 12). В доступной нам литературе не найдено данных по оценке IVA у пациентов с инфарктом ПЖ.

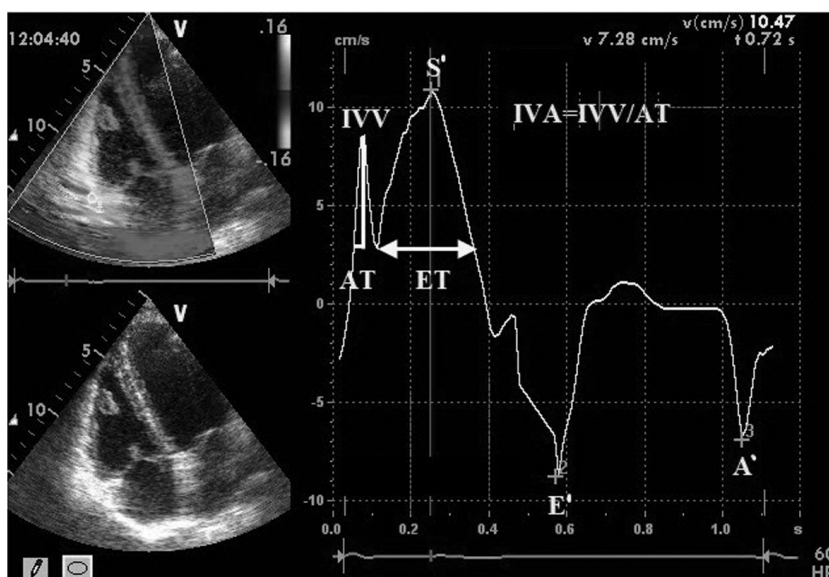


Рис. 12. Измерение миокардиального ускорения в течение изоволюметрического сокращения.

A' — скорость позднего диастолического движения, AT — время ускорения, E' — скорость раннего диастолического движения, ET — время выброса, IVA — миокардиальное ускорение в фазу изоволюметрического сокращения, IVV — скорость изоволюметрического сокращения, S' — систолическая скорость в течение времени выброса.

Нормальные значения показателей систолической функции ПЖ представлены в таблице 3 [4].

Таблица 3. Нормальные значения показателей систолической функции правого желудочка

Показатель	Значение
ФВ, %	44–71
FAC, %	35–63
dP/dt, мм рт.ст./с	>400
MPI (импульсный доплеровский режим)	0,15–0,40
MPI (тканевой доплеровский режим)	0,24–0,55
TAPSE, мм	16–30
TAM (импульсный тканевой доплеровский режим), см/с	10–19
IVA, м/с ²	2,2–5,2

Примечание: FAC — фракционное изменение площади, IVA — миокардиальное время ускорения, MPI — индекс работы миокарда, TAM — скорость систолического движения трикуспидального кольца, TAPSE — систолическая экскурсия латеральной части трикуспидального кольца. Из [4].

В настоящее время все чаще используются такие показатели, как скорость движения миокарда, деформация и скорость деформации (S' , Strain и Strain Rate), которые позволяют получить объективную и количественную оценку глобальной и локальной функции миокарда, в том числе и для ПЖ (рис. 13, 14) [4, 9, 18]. Для определения S' , Strain и Strain Rate помимо традиционного тканевого режима можно использовать режим тканевого следа (Speckle Tracking). Значения Strain и Strain Rate, определенные методом Speckle Tracking, имеют достоверную корреляцию с данными MPT [9].

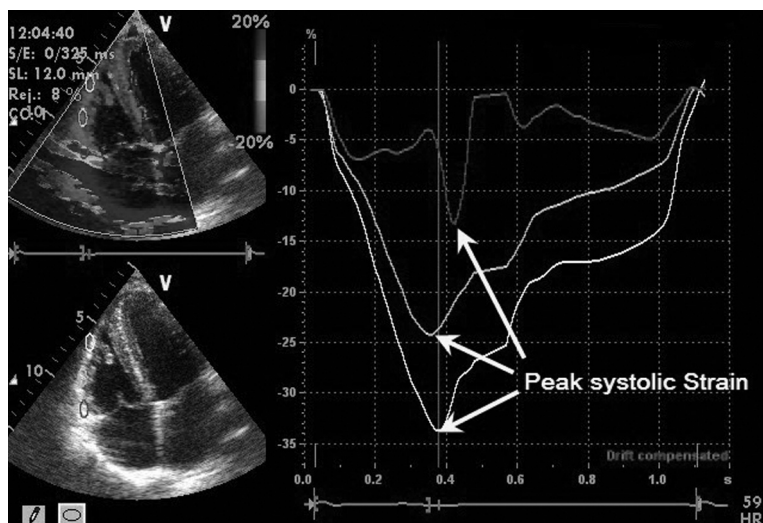


Рис. 13. Измерение деформации в цветном тканевом доплеровском режиме.

Слева внизу: верхушечное четырехкамерное сечение в 2D-режиме. Контрольные объемы установлены в базальном, срединном и верхушечном сегментах свободной стенки ПЖ. Слева сверху: картирование миокарда ПЖ в цветном тканевом режиме. Справа: графики деформации миокарда изучаемых сегментов в тканевом доплеровском режиме. Peak systolic Strain — пик систолической деформации.

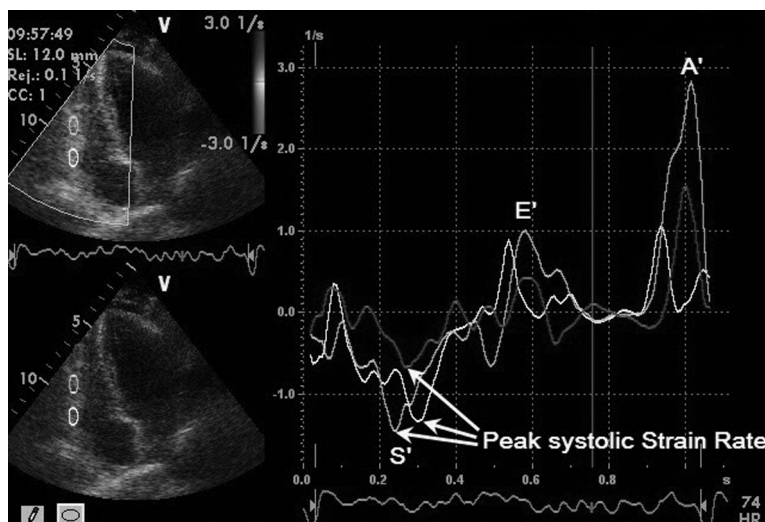


Рис. 14. Измерение скорости деформации в цветном доплеровском тканевом режиме.

Слева внизу: верхушечное четырехкамерное сечение в 2D-режиме. Контрольные объемы установлены в базальном, срединном и верхушечном сегментах свободной стенки ПЖ. Слева сверху: картирование миокарда ПЖ в цветном тканевом режиме. Справа: графики скорости деформации миокарда изучаемых сегментов в тканевом доплеровском режиме. A' — поздняя диастолическая скорость деформации, E' — ранняя диастолическая скорость деформации, S' — систолическая скорость деформации.

Отсутствие нормальных значений данных показателей для ПЖ и небольшое количество исследований в малочисленных группах не позволяют использовать данные методы в рутинном ЭхоКГ исследовании.

В 2000 г. T. Kukulski и соавт. определены нормальные значения систолических скоростей движения миокарда для базального сегмента свободной стенки ПЖ, которые составили около 11 см/с, срединного сегмента — 8 см/с, верхушечного сегмента — 10 см/с ($p < 0,001$) [19].

В исследовании A. J. Teske и соавт. (2008) установлены нормативы Strain в тканевом доплеровском режиме, которые составили в базальном сегменте свободной стенки ПЖ — 19%, в срединном сегменте — 27%, в верхушечном сегменте — 32%. В режиме Speckle Tracking значения Strain составили в базальном сегменте свободной стенки ПЖ 22,8%, в срединном сегменте — 24,4%, в верхушечном сегменте — 27,6% ($p < 0,01$) [20].

По данным L. G. Rudski и соавт. (2010) нормальные значения деформации и скорости деформации представлены в таблице 4.

В исследовании S. Sevimli и соавт. (2007) проводили сравнение параметров регионарной систолической функции ПЖ с помощью S', Strain Rate и Strain в цветном тканевом доплеровском режиме у пациентов с инфарктом нижней стенки ЛЖ с и без поражения ПЖ. Было установлено, что все показатели достоверно ниже у группы пациентов с сочетанным поражением левого и правого желудочков по сравнению с больными с изолированным поражением нижней стенки ЛЖ в базальном и срединном сегментах свободной стенки ПЖ ($p < 0,001$) (табл. 5). Достоверных различий по данным показателям в верхушечном сегменте свободной стенки ПЖ выявлено не было [21].

Таблица 4. Нормальные значения деформации и скорости деформации ПЖ

Показатель	Значения
Doppler Strain базального сегмента ПЖ, %	17
Doppler Strain срединного сегмента ПЖ, %	13
Doppler Strain верхушечного сегмента ПЖ, %	13
2D Strain базального сегмента ПЖ, %	18
2D Strain срединного сегмента ПЖ, %	20
2D Strain верхушечного сегмента ПЖ, %	19
Doppler Strain Rate базального сегмента ПЖ, с ⁻¹	1,00
Doppler Strain Rate срединного сегмента ПЖ, с ⁻¹	0,98
Doppler Strain Rate верхушечного сегмента ПЖ, с ⁻¹	1,14
2D Strain Rate базального сегмента ПЖ, с ⁻¹	0,70
2D Strain Rate срединного сегмента ПЖ, с ⁻¹	0,85
2D Strain Rate верхушечного сегмента ПЖ, с ⁻¹	0,86

Примечание: ПЖ — правый желудочек, 2D — двухмерный, Strain — деформация, Strain Rate — скорость деформации. Из [4].

Таблица 5. Значения показателей регионарной систолической функции ПЖ у пациентов с очаговыми поражениями миокарда левого и правого желудочков

	Показатель	ИМ нижней стенки ЛЖ и ПЖ	ИМ нижней стенки ЛЖ
Базальный сегмент	S', см/с	4,8	6,5
	Strain, %	12	24
	Strain Rate, с ⁻¹	1,28	-1,9
Срединный сегмент	S', см/с	4,2	5,4
	Strain, %	16	26
	Strain Rate, с ⁻¹	-1,2	-2,1

Примечание: ИМ — инфаркт миокарда, ЛЖ — левый желудочек, ПЖ — правый желудочек, S' — систолическая скорость движения миокарда, Strain — деформация, Strain Rate — скорость деформации. Взято из [21].

Проведение стресс-эхокардиографии у пациентов со значимым поражением ПКА будет способствовать выявлению нарушения функции ПЖ и его дилатации, которые могут отсутствовать в покое, что также повлияет на тактику ведения пациента.

А. В. Загatina и соавт. (2009) исследовали систолическую скорость движения миокарда свободной стенки ПЖ с помощью тканевого импульсного доплеровского режима до и после проведения стресс-эхокардиографии с физической нагрузкой у пациентов с многососудистым поражением коронарных артерий. Было выявлено, что S' достоверно ниже у пациентов с выраженным поражением ПКА по сравнению с пациентами без выраженного стеноза ПКА (табл. 6) [22].

Таблица 6. Значения систолической скорости движения миокарда у пациентов с ишемической болезнью сердца

Показатель	Поражение ПКА	Без поражения ПКА	Группа здоровых лиц	p
Базальный сегмент ПЖ				
$S'_{\max}$ до нагрузки, см/с	11,8±2,5	12,8±2,3	13,4±2,3	<0,05
$S'_{\max}$ после нагрузки, см/с	14,5±2,9	17,6±3,3	18,8±3,0	<0,000001
$\Delta S'_{\max}$, см/с	2,6±1,9	4,8±2,8	5,4±2,6	<0,000001
Срединный сегмент ПЖ				
$S'_{\max}$ после нагрузки, см/с	11,6	13,4	16,1	<0,005
$\Delta S'_{\max}$, см/с	2,4	3,9	5,6	<0,005

Примечание: $S'_{\max}$ — систолическая скорость движения миокарда, $\Delta S'_{\max}$ — разница между максимальными систолическими скоростями движения миокарда до и после нагрузки. Взято из [22].

Оценка диастолической функции правого желудочка. Оценка диастолической функции ПЖ должна проводиться у пациентов с подозрением на нарушение его функции как признака ранней или скрытой дисфункции ПЖ или у пациентов с подтвержденным нарушением функции ПЖ как предиктора неблагоприятного прогноза [4]. При оценке диастолической функции ПЖ используют транстрикуспидальный кровоток, поток в печеночных венах, измеренные в импульсном доплеровском режиме, скорость раннего диастолического движения миокарда, измеренную в тканевом доплеровском режиме, площадь или объем ПП, размер НПВ и степень ее инспираторного коллабирования. Показатели диастолической функции, измеренные в импульсном и тканевом доплеровских режимах, оцениваются в конце выдоха и/или при спокойном дыхании на протяжении не менее пяти последовательных сердечных сокращений. При оценке доплерографических параметров диастолической функции ПЖ следует учитывать влияние на нее возраста, фаз дыхания и частоты сердечных сокращений. Так, например, соотношение E/A снижается на 0,1 каждые 10 лет; во время вдоха пик E увеличивается и соотношение E/A соответственно; на фоне тахикардии скорости пиков E и A увеличиваются, но более выражено пика A , что приводит к снижению соотношения E/A . Наличие средней или тяжелой степени ТР, фибрилляции предсердий искажает диастолические параметры [4].

По данным L. G. Rudski и соавт. (2010) выделяют три степени диастолической дисфункции [4]:

1. Замедление релаксации:
 $E/A < 0,8$;
 $T_{dec} > 229$ мс.
2. Псевдонормальное наполнение:
 $E/A 0,8-2,1$;
 $E/E' > 6$;
 $V_d > V_s$ в печеночных венах.

3. Рестриктивное наполнение:

$$E/A > 2,1;$$

$$T_{dec} < 120 \text{ мс.}$$

Первая степень диастолической дисфункции ПЖ характеризуется снижением скорости (E) и объема раннего диастолического наполнения, увеличением кровотока во время систолы предсердий (A), увеличением времени замедления кровотока (T_{dec}), удлинением времени изоволюметрического расслабления (IVRT) [23]. Соотношение скоростей раннего и позднего диастолического наполнения (E/A) уменьшается и составляет менее 0,8, а величина времени замедления транстрикуспидального кровотока становится более 229 мс [4].

При дальнейшем прогрессировании нарушения диастолической функции происходит повышение давления в ПП, что приводит к увеличению скорости раннего диастолического наполнения (E). Таким образом, транстрикуспидальный поток при псевдонормальном наполнении становится визуально похожим на нормальный кровоток. Для определения нормального и псевдонормального наполнения ПЖ используют показатели скоростей раннего (E') и позднего (A') диастолического движения латеральной части трикуспидального кольца с помощью тканевого доплеровского режима. При псевдонормальном наполнении наблюдается равномерное снижение E' и A' [23]. Соотношение $E/E' > 6$ указывает на псевдонормальное наполнение. Еще одним способом обнаружить повышение давления в ПП является оценка потока в печеночных венах. При нормальном или сниженном давлении в ПП систолический поток (V_s) преобладает над диастолическим (V_d), при повышенном давлении, наоборот, — $V_s/V_d < 1$. Наиболее чувствительным и специфичным показателем повышения давления в ПП считается систолическая фракция наполнения печеночных вен, которая рассчитывается как $V_s/(V_s + V_d)$. При повышении давления в ПП она снижается и становится менее 55%. При повышении давления в ПП происходит увеличение давления в НПВ, что приводит к увеличению ее диаметра и уменьшению степени ее коллабирования [4].

При рестриктивном типе транстрикуспидального кровотока наблюдается укорочение времени замедления кровотока раннего диастолического наполнения ПЖ ($T_{dec} < 120$ мс), почти полное прекращение кровотока во время систолы предсердий, соотношение E/A становится больше 2,1 [4, 23].

Признаком рестриктивного диастолического наполнения является наличие позднего диастолического антеградного потока в ЛА. Повышенное конечно-диастолическое давление в ПЖ, приводящее к преждевременному открытию пульмонального клапана, способствует появлению волны A — сокращению ПП в ЛА [4].

Нормальные значения показателей диастолической функции представлены в таблице 7 [4].

Оценка функции ПЖ как визуальная, так и с применением количественной оценки с помощью эхокардиографии достаточно субъективна вследствие сложной формы ПЖ, расположения в грудной клетке, неразрывного взаимодействия обоих желудочков. Недостаточное количество данных о нормальных значениях размеров и функции ПЖ, а также небольшое количество исследований, посвященных изучению ишемического поражения ПЖ, делает эту проблему еще более актуальной. Методы количественной оценки функции ПЖ с использованием тканевого доплеровского режима и режима тканевого следа имеют меньшее количество технических ограничений, что обуславливает их дальнейшее применение. В настоящее время следует придерживаться

ся комплексного подхода в оценке функции ПЖ, основываясь на клиническом состоянии пациента и на данных эхокардиографического исследования как с помощью традиционных методов измерения, так и современных возможностей тканевого режима.

Таблица 7. Показатели диастолической функции правого желудочка

Показатель	Значение
E, см/с	35–73
A, см/с	21–58
E/A	0,8–2,1
T dec, мс	120–229
IVRT, мс	23–73
E', см/с	8–20
A', см/с	7–20
E'/A'	0,5–1,9
E/E'	2–6

Примечание: A — скорость позднего диастолического наполнения, A' — скорость позднего диастолического движения, E — скорость раннего диастолического наполнения, E' — скорость раннего диастолического движения, E/A — отношение скоростей раннего и позднего диастолического наполнения транс-трикуспидального потока, E'/A' — отношение скоростей раннего и позднего диастолического движения, E/E' — отношение скоростей раннего диастолического наполнения и раннего диастолического движения, IVRT — время изоволюметрического расслабления ПЖ, T dec — время замедления релаксации. Из [4].

Литература

1. Hutchison S. J. Complications of Myocardial Infarction: Clinical Diagnostic Imaging Atlas with DVD. 2008. 296 p.
2. Showkat A., Movahed A. Right Ventricular Infarction — Diagnosis and Treatment // Clin. Cardiol. 2000. P. 473–482.
3. Neskovic A. N., Flachskampf F. A., Picard M. H. Emergency echocardiography. 2005. 187 p.
4. Rudski L. G., Lai W. W., Afilalo J. et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: a Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2010. Vol. 23. P. 685–713.
5. Haddad F., Hunt S. A., Rosenthal D. N., Murphy D. J. Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I: Anatomy, Physiology, Aging, and Functional Assessment of the Right Ventricle // Circulation. 2008. Vol. 117. P. 1436–1448.
6. Бокерия Л. А., Беришвили И. И. Хирургическая анатомия венечных артерий. М.: Издательство НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2003. 297 с.
7. Goldstein J. A. Pathophysiology and Management of Right Heart Ischemia // J. Am. Coll. Cardiol. 2002. Vol. 40. P. 841–853.
8. Берштейн Л. Л., Новикова Т. Н., Сайганов С. А. Применения тканевого доплеровского исследования в кардиологии: ишемическая болезнь сердца, сердечная ресинхронизирующая терапия. СПб., 2007. 34 с.
9. Horton K. D., Meece R. W., Hill J. C. Assessment of the Right Ventricle by Echocardiography: A Primer for Cardiac Sonographers // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2009. Vol. 22. P. 776–792.
10. Gopal A. S., Chukwu E. O., Iwuchukwu C. F. et al. Normal values of right ventricular size and function by real-time three-dimensional echocardiography: comparison to cardiac magnetic resonance imaging // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2007. Vol. 20. P. 445–455.

11. Kidawa M., Chizynski K., Zielinska M. et al. Real-time 3D echocardiography and tissue Doppler echocardiography in the assessment of right ventricle systolic function in patients with right ventricular myocardial infarction // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2013. Jan 23.
12. Anconina J., Danchin N., Selton-Suty C. et al. Noninvasive estimation of right ventricular dP/dt in patients with tricuspid valve regurgitation // *Am. J. Cardiol*. 1993. Vol. 71. P. 1495–1497.
13. Hsu S. Y., Lin J. F., Chang S. H. Right ventricular function in patients with different infarction sites after a first acute myocardial infarction // *American Journal of the Medical Sciences*. 2011. Vol. 342 (6). P. 474–479.
14. Ozdemir K., Altunkeser B. B., Içli A. et al. New parameters in identification of right ventricular myocardial infarction and proximal right coronary artery lesion // *Chest*. 2003. Vol. 124(1). P. 219–226.
15. Hsiao S. H., Chiou K. R., Huang W. C. et al. Right ventricular infarction and tissue Doppler imaging — insights from acute inferior myocardial infarction after primary coronary intervention // *Circulation*. 2010. Vol. 74. P. 2173–2180.
16. Fennira S., Labbène S., Ellouze Y. et al. Right ventricular function by the tricuspid annular motion in inferior myocardial infarction // *La Tunisie Medicale*. 2011. Vol. 89. P. 364–368.
17. Mukhaini M., Prashanth P., Abdulrehman S. et al. Assessment of right ventricular diastolic function by tissue Doppler imaging in patients with acute right ventricular myocardial infarction // *Echocardiography*. 2010. Vol. 27. P. 539–543.
18. Mor-Avi V., Lang R. M., Badano L. P. et al. Current and Evolving Echocardiographic Techniques for the Quantitative Evaluation of Cardiac Mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology and Indications // *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2011. Vol. 24. P. 277–313.
19. Kukulski T., Hubbert L., Arnold M. et al. Normal regional right ventricular function and its change with age: a Doppler myocardial imaging study // *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2000. Vol. 13. P. 194–204.
20. Teske A. J., De Boeck B. W. L., Olimulder M. et al. Echocardiographic assessment of regional right ventricular function: a head-to-head comparison between 2-dimensional and tissue Doppler-derived strain analysis // *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2008. Vol. 21. P. 275–283.
21. Sevimli S., Gundogdu F., Aksakal E. et al. Right ventricular strain and strain rate properties in patients with right ventricular myocardial infarction // *Echocardiography*. 2007. Vol. 24(7). P. 732–738.
22. Zagatina A., Zhuravskaya N., Kotelnikova A., Tyurina T. V. Assessment of right ventricle function during exercise echocardiography by using Doppler imaging in patients with coronary artery disease // *Coronary Artery Disease*. 2009. Vol. 20(8). P. 525–530.
23. Рыбакова М. К., Алехин М. Н., Митьков В. В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. М.: ВИДАР-М, 2008. 512 с.

Статья поступила в редакцию 19 февраля 2013 г.