

## ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЭХОКАРДИОГРАФИИ ПОСЛЕ ОСТРОГО ИНФАРКТА МИОКАРДА. ЧАСТЬ 1

Крикунов П. В., Васюк Ю. А., Крикунова О. В.

Эхокардиография является полезной методикой для стратификации риска и оценки прогноза после острого инфаркта миокарда. Показано, что для получения прогностической информации можно использовать множество традиционных эхокардиографических параметров, таких как объёмы и фракция выброса левого желудочка, индекс движения стенки, объём левого предсердия и наличие митральной регургитации. Разработка методов тканевой доплерографии и "speckle tracking" привела к появлению новых прогностических параметров, таких как деформация, скорость деформации и диссинхрония левого желудочка. Методика контрастной эхокардиографии позволяет оценивать перфузию миокарда и целостность микрососудистого кровоснабжения, предоставляет ценную информацию о жизнеспособности миокарда, тесно связанной с прогнозом. Стресс-эхокардиография позволяет выявить ишемию и жизнеспособный миокард, доплерография коронарных артерий — оценить резерв коронарного кровотока, и, наконец, трёхмерная эхокардиография даёт оптимальную информацию об объёмах, функции и сферичности левого желудочка, которые также являются важными параметрами долгосрочного прогноза.

Российский кардиологический журнал 2017, 12 (152): 120–128

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-12-120-128>

**Ключевые слова:** эхокардиография, митральная недостаточность, инфаркт миокарда, прогноз, диастолическая функция, систолическая дисфункция левого желудочка.

ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова Минздрава России, Москва.

Крикунов П. В.\* — к.м.н., доцент кафедры внутренних болезней стоматологического факультета, Васюк Ю. А. — профессор, засл. врач РФ, зав. кафедрой клинической функциональной диагностики, Крикунова О. В. — ассистент кафедры клинической функциональной диагностики.

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

[pavkrik@mail.ru](mailto:pavkrik@mail.ru)

WMSI — индекс движения стенки левого желудочка, 2D — двухмерный, ИМ — инфаркт миокарда, ЛЖ — левый желудочек, ЛП — левое предсердие, ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка, КДО — конечно-диастолический объём, КР — коронарный резерв, КСО — конечно-систолический объём, МРТ — магнитно-резонансная томография, ОИМ — острый инфаркт миокарда, ОФЭКТ — однофотонная эмиссионная компьютерная томография, ПЖ — правый желудочек, ТДГ — тканевая доплерография, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧТКА — чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика, ЭхоКГ — эхокардиография.

Рукопись получена 30.11.2017

Рецензия получена 01.12.2017

Принята к публикации 04.12.2017

## PREDICTIVE VALUE OF ECHOCARDIOGRAPHY IN POST MYOCARDIAL INFARCTION SETTING. PART 1

Krikunov P. V., Vasyuk Yu. A., Krikunova O. V.

Echocardiography is a useful tool for risk stratification and prognosis assessment after myocardial infarction. It was shown, that for prediction related data acquisition, it is possible to apply multiple echocardiographic parameters, such as the volumes and ejection fraction of the left ventricle, wall motion index, left atrium volume, and existence of atrial regurgitation. Development of the method of tissue Doppler and "speckle tracking" led to invention of novel prediction parameters, as deformation, deformation velocity, desynchrony of the left ventricle. Method of contrast echocardiography makes it to evaluate myocardial perfusion and safety of microvasculature, gives valuable data on myocardial viability, which is closely related to prognosis. Stress echocardiography makes it to assess myocardial ischemia and find viable myocardium, and the Doppler of coronary arteries — to evaluate coronary flow reserve. Finally, 3D echo makes possible the gathering of optimal data

on the volumes, functioning and sphericity of the left ventricle, which are significant parameters of long term prognosis.

Russ J Cardiol 2017, 12 (152): 120–128

<http://dx.doi.org/10.15829/1560-4071-2017-12-120-128>

**Key words:** echocardiography, mitral regurgitation, myocardial infarction, prognosis, diastolic dysfunction, systolic function of the left ventricle.

A. I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry (MSUMD), Moscow, Russia.

В настоящее время двухмерная (2D) эхокардиография (ЭхоКГ) является одним из наиболее широко используемых методов диагностики острого инфаркта миокарда (ОИМ). Этот метод информативен и безопасен, может с лёгкостью применяться у больничной койки и имеет большое значение для динамического наблюдения за пациентом. Показано, что ЭхоКГ обладает диагностическими преимуществами в постановке диагноза, установлении локализации и размера инфаркта миокарда (ИМ), а также в выявлении механических осложнений после ИМ.

Также ЭхоКГ чрезвычайно полезна при оценке прогноза и стратификации риска.

Основной целью данного обзора является демонстрация возможностей трансторакальной 2D-ЭхоКГ в оценке прогноза после ОИМ. При использовании рутинных, а также более сложных (тканевая доплерэхокардиография (ТДГ) и "speckle tracking") эхокардиографических методик может быть получено большое количество важных прогностических параметров. Также в обзоре обсуждается возможность использования для прогноза контрастной ЭхоКГ

и других современных эхокардиографических методов.

### Традиционные ЭхоКГ параметры прогноза при остром инфаркте миокарда

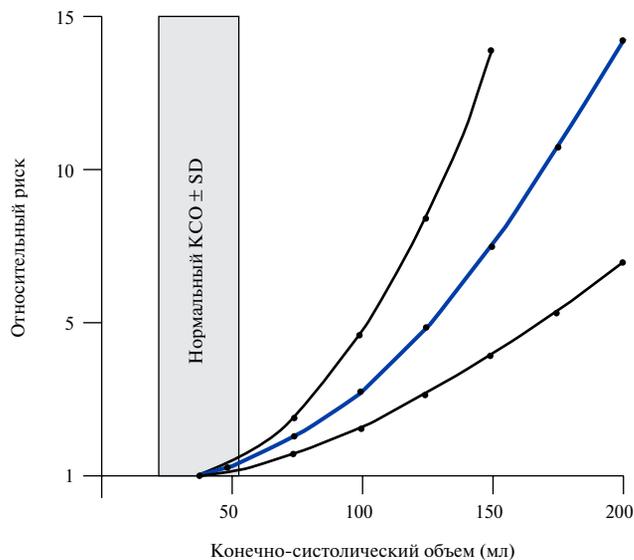
#### Объёмы левого желудочка и фракция выброса

Функция левого желудочка (ЛЖ) традиционно считается важным предиктором исхода ОИМ. В нескольких крупных исследованиях [1-6] была показана прогностическая значимость фракции выброса ЛЖ (ФВЛЖ) после ИМ, рассчитанной по данным контрастной вентрикулографии. Кроме того, была подтверждена значимость определения ФВЛЖ для оценки прогноза после ИМ по данным ЭхоКГ. Moller JE, et al. [7] обследовали 767 пациентов с ОИМ и показали, что ФВЛЖ, определяемая ЭхоКГ в 1-й день госпитализации в связи с ОИМ, является мощным предиктором общей смертности в течение периода наблюдения, составившего в среднем 19 месяцев.

Несмотря на то, что ФВЛЖ широко используется для характеристики функции ЛЖ, её прогностическое значение после ИМ всё ещё изучается. С одной стороны, низкая ФВЛЖ может быть следствием сниженной сократительной функции из-за обширного повреждения миокарда или резидуальной ишемии; с другой стороны — следствием дилатации ЛЖ, вызванной распространением зоны инфаркта и растяжением рубцовой области миокарда. Кроме того, оценка ФВЛЖ в ранние сроки ИМ может быть неверной из-за наличия оглушённого миокарда. Существует мнение, что конечно-систолический (КСО) и конечно-диастолический объёмы (КДО) ЛЖ могут быть более важными предикторами прогноза, нежели ФВЛЖ. White HD, et al. [8] продемонстрировали на группе в 605 пациентов с ОИМ, что КСО являлся первичным предиктором выживаемости после ИМ (рис. 1). Было показано превосходство прогностического значения КСО по сравнению с ФВ у пациентов со сниженной ФВЛЖ (<50%) или небольшим КСО (<100 мл).

#### Индекс движения стенки (WMSI) левого желудочка

По мнению некоторых исследователей, оптимальная оценка функции ЛЖ у пациентов после ИМ возможна скорее с помощью анализа сегментарной функции ЛЖ, нежели при анализе глобальной его функции. Данный подход заключается в делении ЛЖ на некоторое количество сегментов и в оценке движения стенок каждого из них. Для этого можно использовать индекс региональной сократимости, или индекс движения стенки (WMSI) ЛЖ, который даёт мощную прогностическую информацию. После ИМ могут выявляться выраженные нарушения локальной сократимости, однако при наличии компенсаторного гиперкинеза интактных сегментов ФВЛЖ может оставаться практически нормальной; именно в таких ситуациях WMSI может более кор-

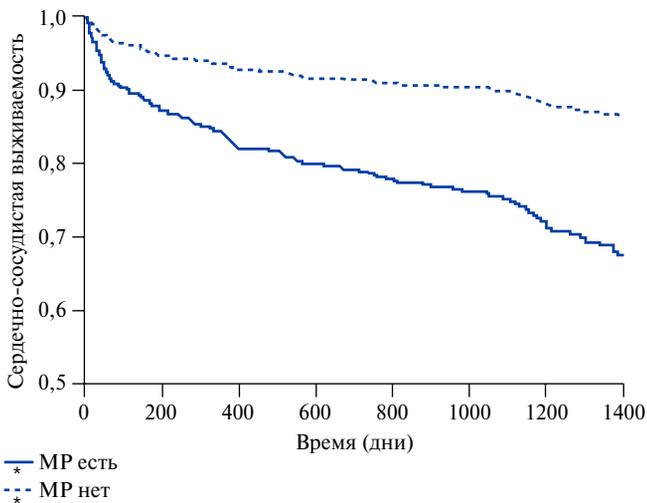


**Рис. 1.** Взаимосвязь между КСО и относительным риском сердечно-сосудистой смертности в течение периода наблюдения. Выявлена достоверная взаимосвязь между КСО и сердечно-сосудистой смертностью в течение периода наблюдения после ОИМ. Тонкими линиями показаны 95% доверительные интервалы относительного риска. Адаптировано из [8].

**Сокращения:** КСО — конечно-систолический объём левого желудочка, SD — стандартное отклонение.

ректно отражать степень миокардиального повреждения [9-11].

Прогностическое значение WMSI ЛЖ после ОИМ показано в нескольких относительно небольших исследованиях. Galasko GI, et al. [12] изучали WMSI ЛЖ у 120 пациентов с ОИМ, которым проводился тромболизис. Авторы показали, что WMSI ЛЖ независимо предсказывал сердечно-сосудистые события в течение периода наблюдения, составившего в среднем 13 месяцев. При сравнении с ФВЛЖ, определяемый ЭхоКГ WMSI ЛЖ был более дешёвой и доступной, и как следствие более предпочтительной методикой в случае небольшой дисфункции ЛЖ после ОИМ. В исследовании Carluccio E, et al. [13], 144 пациента с первичным ОИМ и тромболизисом наблюдались в среднем в течение 18 месяцев. У пациентов с сердечно-сосудистыми событиями в течение периода наблюдения перед выпиской WMSI ЛЖ был выше, чем у пациентов без этих событий. При проведении многофакторного анализа WMSI ЛЖ >1,50 оказался наиболее мощным предиктором последующего возникновения сердечно-сосудистых событий ( $\chi^2=17,8$ ,  $p<0,0001$ ). Кроме того, Moller JE, et al. [7] продемонстрировали на более обширной популяции пациентов с ОИМ, что WMSI ЛЖ являлся независимым предиктором смерти (относительный риск 1,15 при увеличении WMSI ЛЖ на каждые 0,2 балла). Также было показано, что WMSI ЛЖ — независимый предиктор госпитализации в связи с прогрессированием хронической сердечной недостаточности (ХСН)



**Рис. 2.** Кривые Каплан-Мейера сердечно-сосудистой выживаемости у пациентов с наличием и отсутствием митральной регургитации. После ОИМ сердечно-сосудистая выживаемость была лучше у пациентов без митральной регургитации ( $p=0,0022$ ). Адаптировано из [18].

**Сокращение:** MR — митральная регургитация.

(относительный риск 1,21 при увеличении на каждые 0,2 балла). В этом же исследовании было отмечено, что низкая ФВЛЖ являлась мощным предиктором общей смертности после ОИМ, однако не превосходила WMSI ЛЖ по прогностической значимости. Кроме того, низкая ФВЛЖ не позволяла предсказать госпитализацию в связи в декомпенсацией ХСН.

Гендлин Г. Е. и др. [14] при изучении WMSI ЛЖ у 89 пациентов с ОИМ, 37 из которых проводился тромболизис, сделали вывод о том, что этот показатель независимо предсказывает сердечно-сосудистые события в течение трёх лет наблюдения.

#### Митральная регургитация

Наличие митральной регургитации после ОИМ часто бессимптомно, в связи с чем у пациентов после ИМ нужно систематически проводить ЭхоКГ. Стандартное цветное доплеровское картирование — высокочувствительный метод для выявления даже небольшой степени митральной регургитации. Кроме того, ЭхоКГ позволяет точно оценивать тяжесть митральной регургитации с помощью измерения эффективной площади регургитационного отверстия, а также объёма регургитации, получаемых с использованием доплерэхокардиографии [15].

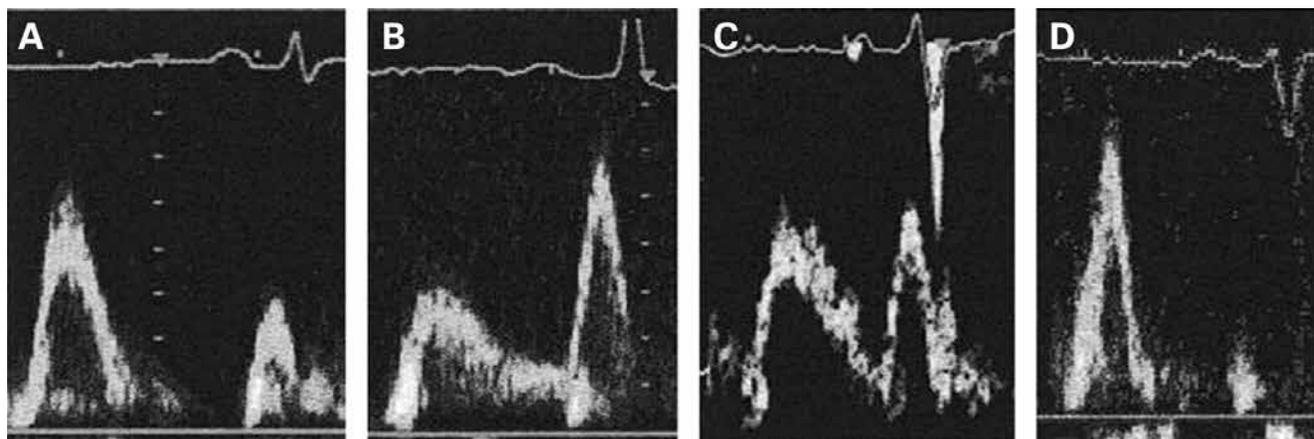
У пациентов с ОИМ острая митральная регургитация развивается достаточно часто и является независимым предиктором поздней сердечно-сосудистой и общей смертности [16]. Lehmann KG, et al. [17] обследовали 206 пациентов через 7 часов после первичного ИМ, применяя контрастную вентрикулографию, и показали, что митральная регургитация имеется у 13% пациентов. В исследовании SAVE (Survival And Ventricular Enlargement), Lamas GA, et al. [18] провели субисследование 727 пациентов,

которым ранее проводилась вентрикулография до 16 дня после ИМ. Митральная регургитация имелась у 141 пациента (19%). Наличие митральной регургитации было связано с риском возникновения сердечно-сосудистых событий в течение последующих 3,5 лет наблюдения. У пациентов с митральной регургитацией имелся более высокий уровень сердечно-сосудистой смертности (29% против 12%,  $p=0,002$ ; рис. 2) и более высокая частота тяжёлой сердечной недостаточности (24% против 16%,  $p<0,05$ ), чем у пациентов без неё. Показано, что наличие митральной регургитации являлось независимым фактором сердечно-сосудистой смертности с относительным риском 2,00.

Feinberg MS, et al. [19] в исследовании 417 пациентов с ОИМ с использованием цветного доплеровского картирования, проведенного в течение 48 часов после госпитализации, выявили наличие небольшой митральной регургитации у 29%, а умеренной или тяжёлой — у 6%. Как небольшая, так и значимая митральная регургитация были независимо связаны с повышенным уровнем смертности в течение 1 года с относительным риском 2,31 и 2,85, соответственно. Прогностическое значение митральной регургитации, определяемой ЭхоКГ, было в дальнейшем подтверждено Perez de Isla L, et al. [20], которые обследовали 300 пациентов, госпитализированных в связи с ИМ без подъёма сегмента ST (ИМбпST). При проведении ЭхоКГ в течение первой недели после ИМ митральная регургитация обнаруживалась у 42%. Только она была независимым предиктором плохого отдалённого прогноза в период наблюдения, составившего в среднем 14 месяцев.

#### Диастолическая функция при остром инфаркте миокарда

У больных ОИМ с помощью доплер-ЭхоКГ может быть получена достоверная информация о диастолической функции, в частности, о типе наполнения ЛЖ (рис. 3) [21, 22]. Показано, что рестриктивный тип наполнения ЛЖ у пациентов с ОИМ является мощным независимым предиктором поздней дилатации ЛЖ и сердечно-сосудистой смертности [23]. В исследовании Nijland F, et al. [24] укорочение времени замедления раннего наполнения (пик E) было описано как наилучший предиктор сердечно-сосудистой смертности у пациентов, госпитализированных по поводу ОИМ. Уровень годичной выживаемости у пациентов без рестриктивного типа наполнения (соотношение пиковой скорости раннего диастолического наполнения (E) и пиковой скорости позднего наполнения (A) было  $\leq 1$  или между 1 и 2, а время замедления  $>140$  мс) составил 100%, а в группе с рестриктивным наполнением (отношение E/A  $\geq 2$  или между 1 и 2, и временем замедления  $\leq 140$  мс) только 50%. Кроме того, уровни 3-летней выживаемости составили 100% и 22%, соответственно.



**Рис. 3 (А, В, С, D).** Импульсно-волновая доплерограмма трансмитрального наполнения ЛЖ. Диастолическая (дис)функция может быть определена с использованием отношения пиковых скоростей раннего (пик E) и позднего (пик A) диастолического наполнения (отношение E/A), а также времени замедления пика E. На данном рисунке представлены примеры различных степеней диастолической дисфункции, определенных с помощью импульсной доплерэхокардиографии. (A) Нормальная диастолическая функция (E>A, нормальное время замедления пика E); (B) нарушенная релаксация (E<A, увеличенное время замедления пика E); (C) псевдонормальный тип наполнения (E=A, нормальное время замедления пика E); (D) рестриктивный тип наполнения (E>>A, укороченное время замедления пика E). Адаптировано из [21].

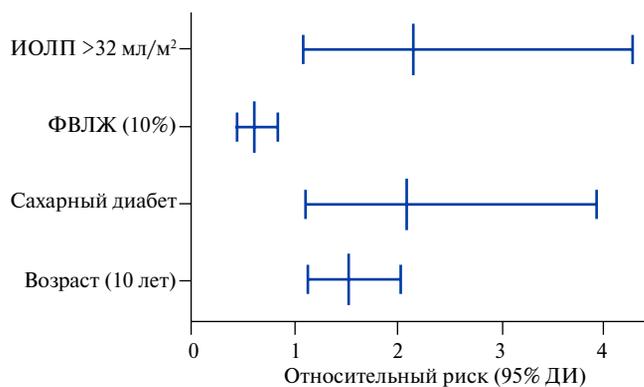
Помимо более высокого уровня смертности, у пациентов после ОИМ с рестриктивным типом наполнения отмечается более высокий риск развития ХСН. Poulsen SH, et al. [25] в течение 1 года динамического наблюдения после ОИМ выявили ХСН у 71% госпитализированных пациентов с рестриктивным типом наполнения, а у 21% больных прогрессирование ХСН было причиной повторной госпитализации.

Cerisano G, et al. [26] провели доплерографическую оценку диастолической функции ЛЖ у 104 пациентов через три дня после развития ОИМ. Уровень выживаемости при среднем периоде наблюдения 32 месяца у пациентов с рестриктивным типом наполнения ЛЖ составил 79% (время замедления  $\leq 130$  мс) против 97% у пациентов без рестриктивного типа (время замедления  $>130$  мс;  $p=0,003$ ). Многофакторный анализ показал, что помимо возраста рестриктивный тип наполнения ЛЖ был независимым предиктором низкой выживаемости без сердечно-сосудистых событий.

В мета-анализе 12 проспективных исследований, по данным 3396 перенесших ИМ пациентов, наличие рестриктивного типа наполнения ЛЖ явилось важным независимым предиктором смертности, не связанным с ФВЛЖ, КСО и классом Killip острой сердечной недостаточности [27].

**Объём левого предсердия**

На доплеровские показатели, отражающие диастолическую функцию ЛЖ, влияет несколько факторов (в особенности, постнагрузка), которые могут быстро меняться после ИМ. В противоположность этому объём левого предсердия (ЛП) менее зависим от острых гемодинамических изменений и отражает подострую или хроническую диастолическую дисфункцию. Прогностическое значение размера и объёма

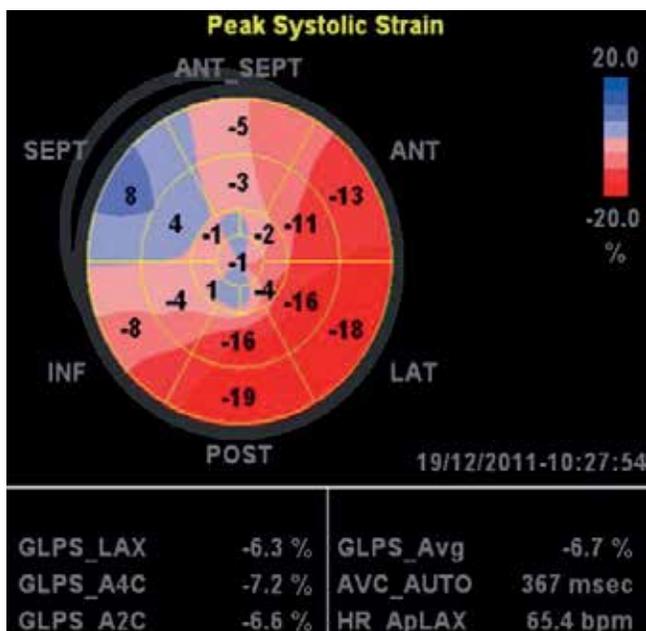


**Рис. 4.** Независимые предикторы 5-летней смертности пациентов с первичным ИМ (относительный риск (95% доверительный интервал). Помимо сахарного диабета, возраста и ФВЛЖ, ИОЛП является независимым предиктором смертности после ОИМ. Адаптировано из [30].

**Сокращения:** ИОЛП — индексированный объём левого предсердия, ФВЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ИМ — инфаркт миокарда.

ёма ЛП после ИМ изучалось в нескольких исследованиях [28-30].

Moller JE, et al. [29] оценивали объём ЛП, индексированный к площади поверхности тела (индексированный объём ЛП) при госпитализации 314 пациентов в связи с ОИМ. В течение периода наблюдения, составившего в среднем 15 месяцев, 46 пациентов (15%) умерли. Индексированный объём ЛП был мощным и независимым предиктором смертности (относительный риск 1,05 при увеличении индексированного объема ЛП на 1 мл/м<sup>2</sup>). Значимость объёма ЛП в отношении клинического исхода после перенесенного ИМ была подтверждена Weinart R, et al. [30]. Авторы продемонстрировали на 395 пациентах с ОИМ, что индексированный объём ЛП,



**Рис. 5.** Полярная диаграмма, отражающая пиковую систолическую продольную деформацию всех 17 сегментов ЛЖ у пациента с нарушениями сократимости. Сегменты ЛЖ с нормальной деформацией окрашены красным (-20,0%), а сегменты со сниженной деформацией — розовым и голубым цветом. У данного пациента инфаркт-зависимой артерией является левая передняя нисходящая коронарная артерия. Снижение пиковой систолической продольной деформации наблюдается в передних и передне-перегородочных сегментах ЛЖ (розовый и голубой цвет), что соответствует области инфаркта. Кроме того, значительно снижена глобальная пиковая систолическая продольная деформация (GLPS\_Avg); граница нормальных значений составляет от -20,3% до -24,1% [39].

**Сокращение:** ЛЖ — левый желудочек.

определяемый в течении 48 часов после госпитализации, был независимым фактором 5-летней смертности, обладая прогностической значимостью, превышающей значимость клинических и других ЭхоКГ-данных (рис. 4). Пациенты с индексированным объёмом ЛП >32 мл/м<sup>2</sup> имели значительно более высокую смертность по сравнению с пациентами с индексом объёма ЛП ≤32 мл/м<sup>2</sup> (34,5% против 14,2%, соответственно).

**Функция правого желудочка при инфаркте миокарда**

Очевидно, что дисфункция ЛЖ связана с неблагоприятным прогнозом у пациентов после ОИМ. Однако значение дисфункции правого желудочка (ПЖ) после ИМ изучено недостаточно. В ЭхоКГ-субисследовании SAVE, проведенном в среднем через 11 дней после ИМ у 416 пациентов с систолической дисфункцией ЛЖ (ФВЛЖ ≤40%), Zornoff LA, et al. [31] анализировали взаимосвязь функции ПЖ с клиническим исходом. При проведении многофакторного анализа изменение площади ПЖ от окончания диастолы до окончания систолы (фракция изменения площади ПЖ) в апикальной четырёхкамерной пози-

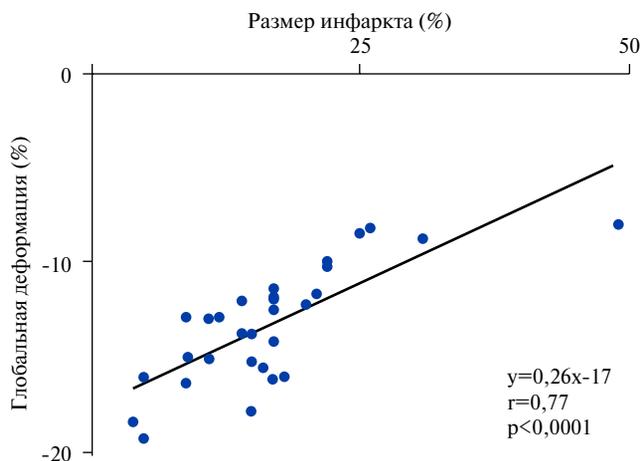
ции явилось независимым предиктором общей и сердечно-сосудистой смертности, а также развития хронической сердечной недостаточности.

В противоположность этим данным, Gadsboll N, et al. [32] не выявили взаимосвязь между функцией ПЖ и годичной смертностью у 423 пациентов после ОИМ, однако у многих из этих пациентов функция ЛЖ была нормальной. Кроме того, в исследовании TIMI-II (Тромболизис при Инфаркте Миокарда), в котором всем пациентам проводили реперфузию (n=1110), нарушения сократимости стенок ПЖ наблюдались лишь у 5% пациентов после ИМ и не были связаны с увеличением смертности в течение годичного динамического наблюдения после выписки из стационара [33]. Однако в эту популяцию вошли только пациенты с нижним ИМ. Очевидно, что для уточнения прогностического значения дисфункции ПЖ после ИМ необходимо проведение более масштабных и продолжительных исследований.

**Новые прогностические параметры при инфаркте миокарда**

В последнее время широко изучается прогностическое значение деформации ЛЖ (strain), отражающей изменение длины изучаемого сегмента ЛЖ, а также скорости деформации (strain rate), отражающей время, в течение которого происходит деформация этого сегмента, у больных, перенесших ИМ. Продольная, поперечная и циркулярная деформация и скорость деформации ЛЖ могут быть оценены с использованием ТДГ или с помощью недавно предложенной методики “speckle tracking”. В последней методике применяются естественные акустические маркеры, или пятна, которые визуализируются в толще миокарда на стандартных ультразвуковых изображениях сердца. Эта современная методика позволяет различать активное и пассивное сокращение миокарда и, в отличие от ТДГ, независима от угла сканирования, т.к. не основана на доплеровской технологии (рис. 5) [34, 35, 39]. Методика “speckle tracking” была валидирована с использованием микрокристаллов и магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца [36-38].

Глубина некроза сердечной мышцы при ИМ определяет функциональную восстановительную способность миокарда и обладает прогностической значимостью. Традиционно для оценки глубины некроза миокарда используются такие сложные методики, как МРТ с отсроченным контрастированием. Однако Vartdal T, et al. [40] показали, что деформация миокарда также может служить важным предиктором окончательных размеров ИМ, и, следовательно, может быть важным клиническим средством стратификации риска осложнений в острой стадии ИМ. Авторы обследовали 30 пациентов с острым передним ИМ, определяя продольную

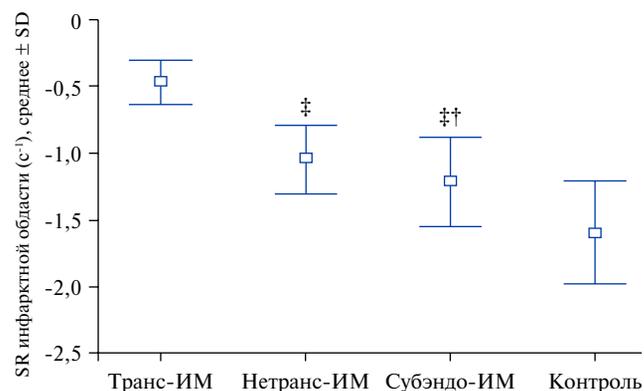


**Рис. 6.** Взаимосвязь между глобальной продольной деформацией ЛЖ (полученной с помощью эхокардиографии) и размером инфаркта (определённым с помощью МРТ). Размер инфаркта, оцененный с помощью МРТ, имеет обратную взаимосвязь с глобальной деформацией ЛЖ, полученной с помощью эхокардиографии. Адаптировано из [40].

**Сокращение:** МРТ — магнитно-резонансная томография.

деформацию с помощью ТДГ через 1,5 часа после реваскуляризации. После 9-месячного периода наблюдения для оценки точного объема рубцовой ткани в 16 миокардиальных сегментах была проведена МРТ. Для получения глобальной продольной деформации ЛЖ были усреднены данные деформации 16 сегментов. При этом была выявлена тесная корреляция между глобальной продольной деформацией и размером инфаркта ( $r=0,77$ ; рис. 6). Многофакторный анализ показал, что глобальная пиковая деформация ЛЖ была независимо связана с размером ИМ, измеряемым с помощью МРТ. Кроме того, была выявлена отчетливая обратная взаимосвязь между сегментарной деформацией и степенью трансмуральности рубцовой ткани в отдельных сегментах ( $r=0,67$ ).

В другом исследовании, Zhang Y, et al. [41] изучили данные 47 пациентов с первичным ОИМ и 60 здоровых субъектов, вошедших в группу контроля. В течение нескольких дней после ИМ всем пациентам с ИМ для определения его глубины была проведена ТДГ с расчётом скорости деформации и контрастная МРТ. Пиковая систолическая скорость деформации сегментов с трансмуральным инфарктом была достоверно ниже, чем в сегментах с нормальным миокардом или нетрансмуральным инфарктом (рис. 7). Пороговое значение пиковой систолической скорости деформации, позволяющее выявлять трансмуральную рубцовую ткань с высокой чувствительностью (90,9%) и специфичностью (96,4%), составило  $-0,59$ /сек, а пиковая систолическая скорость деформации от  $-0,98$ /сек до  $-1,26$ /сек позволила отличить субэндокардиальную рубцовую ткань от нормального мио-



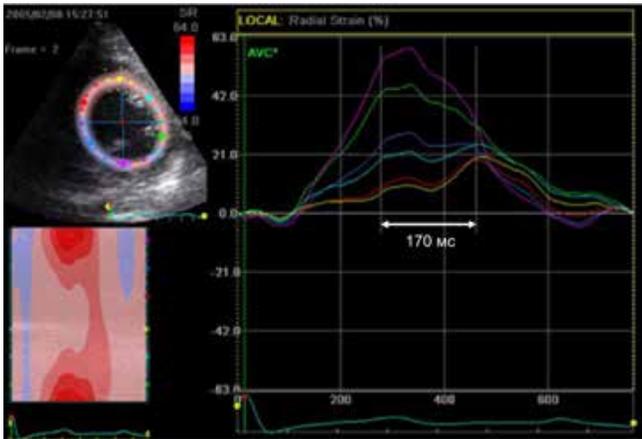
**Рис. 7.** Средняя пиковая систолическая скорость деформации (SR) в различных инфарктных сегментах. Отмечается взаимосвязь между скоростью деформации и глубиной поражения стенки при ИМ. Наиболее низкие значения скорости деформации наблюдаются у пациентов с трансмуральным ИМ. Адаптировано из [41].

**Сокращения:** SD — стандартное отклонение, ИМ — инфаркт миокарда, транс ИМ — трансмуральный ИМ, нетранс-ИМ — нетрансмуральный ИМ, субэндо ИМ — субэндокардиальный ИМ.

карда с чувствительностью 81,3% и специфичностью 83,3%. Таким образом, авторы показали, что пиковая скорость деформации может помочь в дифференцировке трансмуральных и нетрансмуральных ИМ и позволяет неинвазивно определять объем рубцовой ткани после ИМ (который отражает размеры нежизнеспособного миокарда).

Если наличие непосредственной связи традиционных прогностических параметров с выживаемостью является уже неоспоримым фактом, то деформация и скорость деформации ЛЖ в основном служат лишь косвенными показателями клинических исходов.

Park YN, et al. [42] обследовали 50 пациентов с острым передним ИМ и первичной реперфузией (чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) у 44 пациентов и тромболитис у шести пациентов) и оценили продольную деформацию ЛЖ как с помощью ТДГ, так и “speckle tracking” в семи сегментах ЛЖ, относящихся к зоне кровоснабжения левой передней нисходящей коронарной артерии. У 22 пациентов наблюдалось ремоделирование ЛЖ (дилатация ЛЖ с увеличением КДО  $\geq 15\%$  в процессе динамического наблюдения); у этих пациентов исходно отмечалась значительно более низкая продольная деформация ЛЖ, рассчитанная с помощью двух ЭхоКГ-методик. Деформация, оцененная как с помощью ТДГ, так и “speckle tracking” была независимым предиктором ремоделирования ЛЖ (отношение рисков 1,430 и 1,307, соответственно) в течение 18-месячного динамического наблюдения. Важно отметить, что в этом относительно небольшом исследовании параметры деформации ЛЖ, полученные с помощью

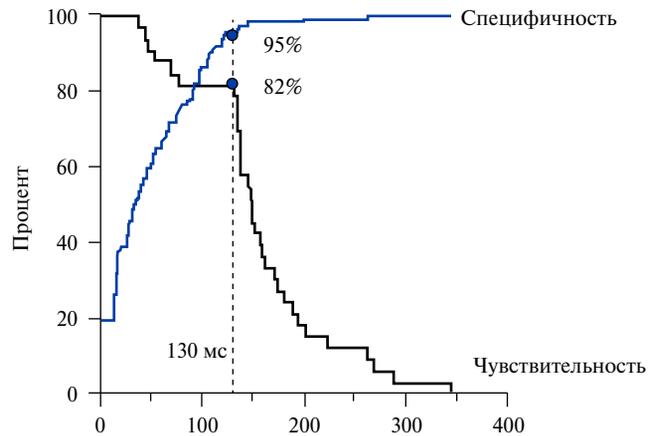


**Рис. 8.** Кривые радиальной деформации пациента через 2 дня после острого ИМ с инфаркт-связанной левой передней нисходящей коронарной артерией. По оси X представлено время. По оси Y представлена степень радиальной деформации, наблюдаемой в передне-перегородочных сегментах. Наибольшее снижение радиальной деформации наблюдалось в передне-перегородочных сегментах ЛЖ. Кроме того, в передне-перегородочных сегментах была показана значительная диссинхрония ЛЖ, т.к. они активируются в последнюю очередь. Диссинхрония ЛЖ определялась как временная разница между первыми и последними сегментами, достигающими максимальной радиальной деформации. В данном примере степень диссинхронии ЛЖ составила 170 мс между наиболее ранними и наиболее поздними активируемыми сегментами. Адаптировано из [48].

**Сокращения:** ЛЖ — левый желудочек, ИМ — инфаркт миокарда.

обеих методик, были независимыми предикторами смерти или застойной сердечной недостаточности в течение периода динамического наблюдения (отношение рисков 1,436 и 1,455, соответственно). Кроме того, Hung CL, et al. [43] продемонстрировали на более чем 600 пациентах, участвовавших в исследовании VALIANT (валсартан при остром инфаркте миокарда), что как деформация, так и скорость деформации ЛЖ (оцениваемые с помощью методики “speckle tracking”) — независимые предикторы смерти, в особенности, скорость деформации, прогностическая значимость которой после ИМ, превосходила прогностическую значимость ФВЛЖ.

Также имеются сведения о прогностической значимости систолической скорости движения митрального кольца ( $S'$ ). Так, Biering-Sørensen T, et al. [44] изучали прогностическую значимость ТДГ после ОИМ с подъемом сегмента ST у 391 пациента после первичной чрескожной транслюминальной коронарной ангиопластики (ЧТКА). Авторами было показано, что у пациентов с низкой скоростью пика  $s'$  имелось более чем двукратное повышение комбинированной конечной точки (общая смертность, повторный ИМ или госпитализация по поводу ХСН) по сравнению с пациентами с высокой  $S'$  (отношение рисков 2,60). Liu S, et al. [45] также показали, что  $S'$  была мощным предиктором дальнейшего течения ИБС при остром коронарном синдроме.



**Рис. 9.** ROC-анализ для определения оптимального значения диссинхронии ЛЖ для предсказания ремоделирования ЛЖ. При использовании порогового значения 130 мс, была получена 82% чувствительность и 95% специфичность в предсказании развития ремоделирования ЛЖ через 6 месяцев динамического наблюдения. Адаптировано из [48].

**Сокращение:** ЛЖ — левый желудочек.

В нескольких исследованиях, применявших методику ТДГ, также показана прогностическая роль комбинированного диастолического индекса  $E/e'$  в качестве прогностического маркера после ИМ [44, 46].

#### Диссинхрония левого желудочка

Клиническая значимость постинфарктного ремоделирования ЛЖ, т.е. увеличения объемов ЛЖ со снижением ФВ, была ранее подчеркнута White HD, et al. [8]. У пациентов, умерших в период динамического наблюдения после ИМ, имелись значительно большие объемы ЛЖ и более низкая ФВ по сравнению с выжившими. Кроме того, авторы установили, что КСО ЛЖ является первичным предиктором выживаемости после ИМ. Таким образом, раннее выявление пациентов с риском развития ремоделирования ЛЖ является важным для определения прогноза и оптимизации медикаментозного лечения.

Mollema SA, et al. [47] обследовали 124 пациента с ОИМ, подвергшихся первичной ЧТКА. Через 48 часов после вмешательства была проведена двухмерная ЭхоКГ с расчетом диссинхронии ЛЖ с помощью цветовой ТДГ. Авторы обнаружили, что наличие исходной диссинхронии ЛЖ ( $\geq 65$  мс) имело строгую взаимосвязь ( $r=0,73$ ) со степенью дилатации ЛЖ через 6 месяцев динамического наблюдения. В другом исследовании тех же авторов было показано, что диссинхрония ЛЖ, оцениваемая с помощью анализа радиальной деформации по данным speckle tracking, является ранним предиктором ремоделирования ЛЖ (увеличения КСО ЛЖ  $\geq 15\%$ ) через 6 месяцев динамического наблюдения после ОИМ (рис. 8) [48]. В него были включены 178 пациентов, госпитализированных с ОИМ, подвергшихся первичной ЧТКА. Через 48 ч после вмешательства была проведена двухмерная

ЭхоКГ с расчетом диссинхронии ЛЖ. У пациентов с развитием ремоделирования ЛЖ к 6 месяцам наблюдения (20%) имелись сопоставимые характеристики с группой без ремоделирования ЛЖ (80%), за исключением более высоких максимальных значений тропонина Т, креатинфосфокиназы, индекса движения стенки, соотношения  $E/e'$  (отношение скорости раннего митрального кровотока к скорости раннего диастолического движения митрального кольца), а также большей степени диссинхронии ЛЖ. Многофакторный анализ показал, что диссинхрония ЛЖ явилась независимым предиктором ремоделирования ЛЖ. При ROC-анализе отмечено, что пороговое значение диссинхронии ЛЖ в 130 мс обладает 82% чувствительностью и 95% специфичностью в предсказании ремоделирования ЛЖ через 6 месяцев динамического наблюдения (рис. 9). Несмотря на отсутствие анализа выживаемости, была подчеркнута важность выявления диссинхронии ЛЖ  $>130$  мс через 48 ч после поступления в отношении клинических исходов ОИМ (развития ремоделирования ЛЖ) [48].

### Литература

- Burns RJ, Gibbons RJ, Yi Q, et al. The relationships of left ventricular ejection fraction, end systolic volume index and infarct size to six month mortality after hospital discharge following myocardial infarction treated by thrombolysis. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 30-6. DOI: 10.1016/S0735-1097(01)01711-9.
- Dagres N, Hindricks G. Risk stratification after myocardial infarction: is left ventricular ejection fraction enough to prevent sudden cardiac death? *Eur Heart J*. 2013; 34 (26): 1964-71. DOI: 10.1093/eurheartj/eh1109.
- Berstein LL, Novikov VI, Vishnevsky AY, et al. Left ventricular remodeling after acute myocardial infarction and the ways of its prediction. *Vestnik of Saint-Petersburg university* 2008; 11 (2): 3-17. (In Russ.) Берштейн Л.Л., Новиков В.И., Вишневецкий А.Ю., и др. Ремоделирование левого желудочка после острого инфаркта миокарда и возможности его прогнозирования. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. 2008; 11 (2): 3-17. УДК: 616-005:611.127.
- Berstein LL, Novikov VI, Grishkin YuN. Prediction of left ventricle end-systolic index increase after acute myocardial infarction. *Ultrasound and Functional Diagnostics* 2007; 6: 87-96. (In Russ.) Берштейн Л.Л., Новиков В.И., Гришкин Ю.Н. Прогноз увеличения конечно-систолического индекса левого желудочка после острого инфаркта миокарда. *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2007; 6: 87-96.
- Berstein LL, Novikov VI, Grishkin YuN, et al. Prediction of left ventricle end-systolic index increase after acute myocardial infarction. *Echocardiographic predictors of left ventricular remodeling in the long term period after acute myocardial infarction. Cardiovascular therapy and prevention* 2005; 4 (4-S), 42. (In Russ.) Берштейн Л.Л., Новиков В.И., Гришкин Ю.Н. и др. Эхокардиографические предикторы ремоделирования левого желудочка в отдаленные сроки после острого инфаркта миокарда. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2005; 4 (4-S), 42.
- Martsevich SYu, Ginzburg ML, Kutishenko NP, et al. Lyubertsy mortality study (LMS): factors influencing the long-term survival after myocardial infarction. *Preventive Medicine* 2013, 2, 32-8. (In Russ.) (Марцевич С.Ю., Гинзбург М.Л., Кутишенко Н.П. и др. Люберецкое исследование смертности (исследование ЛИС): факторы, влияющие на отдаленный прогноз жизни после перенесенного инфаркта миокарда. *Профилактическая медицина*. 2013, 2, 32-8).
- Moller JE, Hillis GS, Oh JK, et al. Wall motion score index and ejection fraction for risk stratification after acute myocardial infarction. *Am Heart J* 2006; 151: 419-25. DOI: 10.1016/j.ahj.2005.03.042.
- White HD, Norris RM, Brown MA, et al. Left ventricular end systolic volume as the major determinant of survival after recovery from myocardial infarction. *Circulation* 1987; 76: 44-51. DOI: 10.1161/01.CIR.76.1.44.
- Mollema SA, Nucifora G, Bax JJ. Prognostic value of echocardiography after acute myocardial infarction. *Heart* 2009; 95: 1732-45. DOI: 10.1136/hrt.2008.161836.
- Obeidat O, Alam M, Divine GW, et al. Echocardiographic Predictors of Prognosis After First Acute Myocardial Infarction. *Am J Cardiol* 2004; 94: 1278-80. DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.07.112.
- Feigenbaum H. Role of echocardiography in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1990; 66: 17H-22H. DOI: 10.1016/0002-9149(90)90571-H.
- Galasko GI, Basu S, Lahiri A, et al. A prospective comparison of echocardiographic wall motion score index and radionuclide ejection fraction in predicting outcome following acute myocardial infarction. *Heart* 2001; 86: 271-6. DOI: 10.1136/heart.86.3.271.
- Carluccio E, Tommasi S, Bentivoglio M, et al. Usefulness of the severity and extent of wall motion abnormalities as prognostic markers of an adverse outcome after a first myocardial infarction treated with thrombolytic therapy. *Am J Cardiol* 2000; 85: 411-5. DOI: 10.1016/S0002-9149(99)00764-X.
- Gendlin GE, Storzshakov GI, Ruleva EV, et al. Long-term prognosis after myocardial infarction. *The Journal of General Medicine* 2005, 2, 56-63. (In Russ.) Гендлин Г.Е., Сторожак Г.И., Рулева Е.В. и др. Отдаленный прогноз после перенесенного инфаркта миокарда. *Лечебное дело*. 2005, 2, 56-63.
- Bursi F, Enriquez-Sarano M, Jacobsen SJ, et al. Mitral regurgitation after myocardial infarction: a review. *Am J Med* 2006; 119: 103-12. DOI: 10.1016/j.amjmed.2005.08.025.
- Persson A, Hartford M, Herlitz J, et al. Long-term prognostic value of mitral regurgitation in acute coronary syndromes. *Heart* 2010; 96: 1803-8. DOI: 10.1136/hrt.2010.203059.
- Lehmann KG, Francis CK, Dodge HT. Mitral regurgitation in early myocardial infarction. Incidence, clinical detection, and prognostic implications. *TIMI Study Group. Ann Intern Med* 1992; 117: 10-7. DOI: 10.7326/0003-4819-117-1-10.
- Lamas GA, Mitchell GF, Flaker GC, et al. Clinical significance of mitral regurgitation after acute myocardial infarction. *Survival And Ventricular Enlargement Investigators. Circulation* 1997; 96: 827-33. DOI: 10.1161/01.CIR.96.3.827.
- Feinberg MS, Schwammenthal E, Shlizerman L, et al. Prognostic significance of mild mitral regurgitation by color Doppler echocardiography in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2000; 86: 903-7. DOI: 10.1016/S0002-9149(00)01119-X.
- Perez de Isla L, Zamorano J, Quezada M, et al. Prognostic significance of functional mitral regurgitation after a first non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *Eur Heart J* 2006; 27: 2655-60. DOI: 10.1093/eurheartj/ehl287.
- Moller JE, Sondergaard E, Poulsen SH, et al. Pseudonormal and restrictive filling patterns predict left ventricular dilation and cardiac death after a first myocardial infarction: a serial color M-mode Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 1841-6. DOI: 10.1016/S0735-1097(00)00965-7.
- Whalley GA, Gamble GD, Doughty RN. Restrictive diastolic filling predicts death after acute myocardial infarction: systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Heart* 2006; 92: 1588-94. DOI: 10.1136/hrt.2005.083055.
- Moller JE, Pellikka PA, Hillis GS, et al. Prognostic importance of diastolic function and filling pressure in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 2006; 114: 438-44. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.601005.
- Nijland F, Kamp O, Karremans AJ, et al. Prognostic implications of restrictive left ventricular filling in acute myocardial infarction: a serial Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30: 1618-24. DOI: 10.1016/S0735-1097(97)00369-0.
- Poulsen SH, Jensen SE, Egstrup K. Longitudinal changes and prognostic implications of left ventricular diastolic function in first acute myocardial infarction. *Am Heart J* 1999; 137: 910-8. DOI: 10.1016/S0002-8703(99)70416-3.

26. Cerisano G, Bolognese L, Buonamici P, et al. Prognostic implications of restrictive left ventricular filling in reperfused anterior acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 793-9. DOI: 10.1016/S0735-1097(00)01203-1.
27. Moller JE, Whalley GA, Dini FL, et al. Independent prognostic importance of a restrictive left ventricular filling pattern after myocardial infarction: an individual patient meta analysis: Meta Analysis Research Group in Echocardiography acute myocardial infarction. *Circulation* 2008; 117: 2591-8. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.738625.
28. Sakaguchi E., Yamada A, Sugimoto K, et al. Prognostic value of left atrial volume index in patients with first acute myocardial infarction. *European Journal of Echocardiography* 2011; 12: 440-4. DOI: 10.1093/ejehocardiography/er058.
29. Moller JE, Hillis GS, Oh JK, et al. Left atrial volume: a powerful predictor of survival after acute myocardial infarction. *Circulation* 2003; 107: 2207-12. DOI: 10.1161/01.CIR.0000066318.21784.43.
30. Beinart R, Boyko V, Schwammenthal E, et al. Long-term prognostic significance of left atrial volume in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 327-34. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.03.062.
31. Zornoff LA, Skali H, Pfeffer MA, et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 1450-5. DOI: 10.1016/S0735-1097(02)01804-1.
32. Gadsboll N, Hoiland-Carlson PF, Madsen EB, et al. Right and left ventricular ejection fractions: relation to one year prognosis in acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 1987; 8: 1201-9. DOI: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a062193.
33. Berger PB, Ruocco NA Jr, Ryan TJ, et al. Frequency and significance of right ventricular dysfunction during inferior wall left ventricular myocardial infarction treated with thrombolytic therapy (results from the thrombolysis in myocardial infarction [TIMI] II trial). The TIMI Research Group. *Am J Cardiol* 1993; 71: 1148-52. DOI: 10.1016/0002-9149(93)90637-R.
34. Reisner SA, Lysyansky P, Agmon Y, et al. Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17: 630-3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.echo.2004.02.011>.
35. Serri K, Reant P, Lafitte M, et al. Global and regional myocardial function quantification by two-dimensional strain: application in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1175-81. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.10.061.
36. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 789-93. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.10.040.
37. Langeland S, Wouters PF, Claus P, et al. Experimental assessment of a new research tool for the estimation of two-dimensional myocardial strain. *Ultrasound Med Biol* 2006; 32: 1509-13. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2006.06.021.
38. Notomi Y, Lysyansky P, Setser RM, et al. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 2034-41. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.02.082.
39. Anwar AM. Global and segmental myocardial deformation by 2D speckle tracking compared to visual assessment. *World J Cardiol* 2012; 4 (12): 341-6. DOI: 10.4330/wjcv4.i12.341.
40. Vartdal T, Brunvand H, Pettersen E, et al. Early prediction of infarct size by strain Doppler echocardiography after coronary reperfusion. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 1715-21. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.12.047.
41. Zhang Y, Chan AK, Yu CM, et al. Strain rate imaging differentiates transmural from non-transmural myocardial infarction: a validation study using delayed-enhancement magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 864-71. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.05.054.
42. Park YH, Kang SJ, Song JK, et al. Prognostic value of longitudinal strain after primary reperfusion therapy in patients with anterior-wall acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21: 262-7. DOI: 10.1016/j.echo.2007.08.026.
43. Hung CL, Verma A, Uno H, et al. VALIANT investigators. Longitudinal and circumferential strain rate, left ventricular remodeling, and prognosis after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2010 Nov 23; 56 (22): 1812-22. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.06.044.
44. Biering-Sørensen T, Jensen JS, Pedersen S, et al. Doppler tissue imaging is an independent predictor of outcome in patients with ST-segment elevation myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Am Soc Echocardiogr*. 2014 Mar; 27 (3): 258-67. DOI: 10.1016/j.echo.2013.11.005.
45. Liu S, Moussa M, Wassef AW, et al. The Utility of Systolic and Diastolic Echocardiographic Parameters for Predicting Coronary Artery Disease Burden as Defined by the SYNTAX Score. *Echocardiography*. 2016 Jan; 33 (1): 14-22. DOI: 10.1111/echo.12995.
46. Snopek G, Drewniak W, Borys M, Dabrowski M. Prognostic value of tissue Doppler echocardiographic imaging in elderly patients with acute myocardial infarction. *Echocardiography*. 2011 Mar; 28 (3): 298-302. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2010.01336.x.
47. Mollema SA, Bleeker GB, Liem SS, et al. Does left ventricular dyssynchrony immediately after acute myocardial infarction result in left ventricular dilatation? *Heart Rhythm* 2007; 4: 1144-8. DOI: 10.1016/j.hrthm.2007.05.018.
48. Mollema SA, Liem SS, Suffoletto MS, et al. Left ventricular dyssynchrony acutely after myocardial infarction predicts left ventricular remodeling. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1532-40. DOI: 10.1016/j.jacc.2007.07.025.
49. Ng AC, Tran da T, Newman M, et al. Comparison of left ventricular dyssynchrony by two-dimensional speckle tracking versus tissue Doppler imaging in patients with non-ST-elevation myocardial infarction and preserved left ventricular systolic function. *Am J Cardiol* 2008; 102: 1146-50. DOI: 10.1016/j.amjcard.2008.06.033.