

ДЕФОРМАЦИЯ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА: ПОЛОВОЗРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И АССОЦИАЦИИ С СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**В.П. Гусева¹, С.К. Малютина^{1,2}, А.Н. Рябиков^{1,2}, Е.В. Воронина¹,
Е.В. Шубкина¹, А.И. Синева²**¹*ФГБНУ НИИ терапии и профилактической медицины
630089, г. Новосибирск, ул. Бориса Богаткова, 175/1*²*ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России
630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52*

Стандартные показатели функции левого желудочка (ЛЖ) (фракция выброса, конечный диастолический и конечный систолический объемы, визуальная оценка локальной сократимости) зависят от вариаций гемодинамической нагрузки и частично субъективны. Технология оценки деформации миокарда позволяет объективизировать оценку функции ЛЖ и выявить изменения уже при субклинических поражениях миокарда. **Цель исследования.** В настоящем обзоре проведен анализ литературных данных, посвященных ультразвуковой оценке деформации миокарда (Strain) при различных сердечно-сосудистых заболеваниях (ССЗ), опубликованных за 15 лет (2001–2016) с использованием ресурсов PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) и Google Академия (<https://scholar.google.ru>). **Результаты.** Выделяют продольный, циркулярный и радиальный Strain миокарда ЛЖ как трехмерного объекта. Согласно полученным данным, показатели деформации миокарда зависят от пола (ниже у мужчин, чем у женщин) и возраста (снижаются с возрастом), имеют диагностическую значимость при инфаркте миокарда, острой и хронической сердечной недостаточности (СН), кардиомиопатиях, в меньшей степени исследованы их характеристики при артериальной гипертензии, некоторых субклинических поражениях миокарда. В немногочисленных клинических работах продемонстрировано предиктивное значение параметров деформации в отношении осложнений и исходов ССЗ. Единичные исследования в популяции выявили ассоциации деформации ЛЖ с риском острых коронарных событий, злокачественных аритмий, СН, смерти от ССЗ и всех причин (с коэффициентами риска порядка 1,3 для ИБС, 1,7 для СН и 1,6–2,0 для фатальных ССЗ и общей смертности). **Заключение.** Технология оценки деформации ЛЖ является перспективной. В настоящее время остается нерешенным вопрос о референсных значениях в зависимости от пола и возраста, требуются дальнейшие исследования деформации ЛЖ для ранней диагностики систолической дисфункции и оценки связи с факторами риска и прогнозом ССЗ.

Ключевые слова: деформация миокарда, скорость деформации миокарда, трекинг частиц, факторы риска, сердечно-сосудистые заболевания, прогноз.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) в 2–4 раза превышают таковые в западно-европейских странах, США, Канаде, Австралии [1]. Индивидуальная стратегия профилактики ССЗ являются основной причиной смерти во всем мире. Показатели смертности от ССЗ в России

Гусева Варвара Петровна – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и патогенеза внутренних заболеваний, e-mail: gusevaofficial@gmail.com

Малютина Софья Константиновна – д-р мед. наук, проф., зав. лабораторией эпидемиологии и патогенеза внутренних заболеваний НИИТПМ, проф. кафедры терапии, гематологии и трансфузиологии ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет МЗ РФ, e-mail: smalyutina@hotmail.com

Рябиков Андрей Николаевич – д-р мед. наук, проф., ведущий научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и патогенеза внутренних заболеваний НИИТПМ, проф. кафедры терапии, гематологии и трансфузиологии ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет МЗ РФ, e-mail: andrew_ryabikov@mail.ru

Воронина Екатерина Вячеславовна – аспирант, младший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии и патогенеза внутренних заболеваний, e-mail: Voroninacat@gmail.com

Шубкина Елена Вячеславовна – клинический ординатор, e-mail: Lenasha07@list.ru

Синева Александра Игоревна – клинический ординатор, e-mail: Doc.sineva@gmail.com

© Гусева В.П., Малютина С.К., Рябиков А.Н., Воронина Е.В., Шубкина Е.В., Синева А.И., 2017

подразумевает выявление и лечение лиц с повышенным кардиоваскулярным риском и больных с высоким риском фатальных осложнений.

Средняя годовая смертность при хронической сердечной недостаточности (ХСН), которая является исходом таких заболеваний, как артериальная гипертензия (АГ) и ишемическая болезнь сердца (ИБС), составляет 6 %. При этом однолетняя смертность больных с клинически выраженной ХСН достигает 12 % [2].

На протяжении последних лет эхокардиографическое исследование является ведущим методом диагностики патологии сердца и, в том числе, сердечной недостаточности. Наиболее часто исследуемые показатели функции левого желудочка, такие как фракция выброса, конечный диастолический и конечный систолический объемы левого желудочка (КДО ЛЖ, КСО ЛЖ), являются зависимыми от вариаций гемодинамической нагрузки, и на стандартные подходы к их измерению могут влиять качество изображения, технические погрешности и погрешности в измерениях. Оценка локальной сократимости еще более сложна, остается субъективной и требует большого опыта. В мировой литературе имеются сообщения о сохранении нормальной фракции выброса левого желудочка у 56 % пациентов с клинически выраженной ХСН [3]. Измерение деформации миокарда (Strain) при эхокардиографии предлагает ряд параметров, которые могут быть полезны при оценке систолической и диастолической функции и, возможно, позволят выявить маркеры субклинической ХСН.

В данном обзоре обобщены литературные данные о методике оценки деформации миокарда при помощи технологий Strain и Strain Rate, возможных областях применения, их зависимости от пола и возраста и связи с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен анализ публикаций по данной теме за период с 2001 по 2016 г. При поиске использовались такие интернет-ресурсы, как базы данных PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Google Академия (<https://scholar.google.ru>) и основные отечественные кардиологические журналы («Кардиология», «Российский кардиологический журнал», «Системные гипертензии», «Атеросклероз» и др.). Основными ключевыми словами были: Strain/деформация, Strain Rate/скорость деформации, left ventricular/левый желудочек, systolic function/систолическая функция, diastolic function/диастолическая функция, population/популяция, risk factors/факторы риска, age/возраст, chronic heart failure/хроничес-

кая сердечная недостаточность, cardio-vascular disease/сердечно-сосудистые заболевания.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В эхокардиографии термин Strain (деформация) применяется для описания удлинения, укорочения или утолщения миокарда и определяется как деформация объекта по отношению к его начальной форме. Для линейных объектов относительное изменение длины и будет являться деформацией. Поскольку эта величина является изменением длины относительно исходной величины, то она выражается в процентах [4]. Если происходит удлинение объекта, то деформация считается положительной величиной, если укорочение — отрицательной. Для оценки деформации миокарда как трехмерного объекта выделяют следующие направления: продольная, циркулярная и радиальная деформация. В норме систолическая деформация продольных волокон является отрицательной, так как происходит укорочение продольных волокон в систолу. Деформация радиальных волокон является следствием их утолщения, поэтому она имеет положительное значение. Для исследования продольной деформации в эхокардиографии используют продольные верхушечные срезы, в то время как для оценки циркулярной и радиальной деформации изучаются короткие парастернальные срезы [5]. Учитывая сложность расположения миокардиальных волокон и механизмов сокращения миокарда, в оценке деформации некоторыми факторами приходится пренебречь (например, вариабельность коронарного кровотока в систолу и диастолу), вследствие чего Strain является упрощенным отображением работы миокарда [6].

Strain Rate (SR) отражает скорость, с которой происходит деформация, и позволяет рассчитать градиент между двумя скоростями смещения точек миокарда. Преимущество метода состоит в том, что он позволяет количественно измерить степень деформации миокарда. SR коррелирует со скоростью изменения давления в полости (dP/dt), параметром, который используется для отражения общей контрактильности миокарда, в то время как Strain является аналогом локальной сократимости. Считается, что SR мало зависит от изменений пре- и постнагрузки [7].

В настоящее время определение деформации и ее скорости можно осуществлять в режиме реального времени. Основные методики расчета этих показателей основаны на тканевой доплерографии, трекинге частиц (speckle tracking imaging — STI) или комбинации этих методик. По сравнению с тканевым доплером методика

трекинга частиц имеет свои преимущества. Трекинг частиц не зависит от угла расположения доплеровского луча, движение частиц может быть отслежено в любом направлении, также возможен автоматический трекинг зоны интереса [8]. Показатели деформации, полученные при помощи трекинга, можно рассчитать в двухмерном режиме (2D Strain). Еще одним преимуществом является возможность одновременного анализа движения миокарда в продольном, циркулярном и радиальном направлениях [9]. Показано, что оценка деформации скручивания (torsion) желудочка, проведенная с применением технологии недоплеровского 2D Strain, соответствует таковой при использовании магнитно-резонансной томографии (МРТ). Таким образом, технология 2D Strain делает оценку деформации левого желудочка более доступной в клинической кардиологии и исследованиях [10].

АССОЦИАЦИИ И ПРЕДИКТОРНАЯ РОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА

Связь с возрастом и полом

В большом популяционном исследовании HUNT при обследовании группы здоровых лиц были представлены референсные значения для продольной систолической деформации и скорости деформации в зависимости от пола и возраста. Продольная деформация и скорость деформации были определены у 1266 лиц в трех стандартных апикальных проекциях с помощью комбинации методик STI и тканевой доплерографии. Средние значения глобальной продольной деформации и скорости деформации составили $-17,4\%$ (2,3) и $-1,05\text{ с}^{-1}$ (0,13) у женщин и $-15,9\%$ (2,3) и $-1,01\text{ с}^{-1}$ (0,13) у мужчин. Показатели деформации уменьшались с увеличением возраста [11].

J. P. Sun et al. в своем сообщении представляют анализ обследования 228 здоровых лиц разных возрастных категорий (18–78 лет), 109 из которых – мужчины. По результатам оценки показателей деформации миокарда с применением методики 2DST продольная и циркулярная деформации составили $-20,4 \pm 3,4\%$ и $-22,9 \pm 3,1\%$ соответственно, радиальная деформация $-42,6 \pm 12,9\%$. Установлено, что продольная деформация снижается, циркулярная повышается, в то время как радиальная деформация остается неизменной с возрастом. У женщин отмечены несколько более высокие показатели циркулярной и продольной деформации, чем у мужчин [12].

В работе S. Cheng et al., проведенной в рамках Framingham Heart Study, 2DST оценка де-

формации миокарда левого желудочка была выполнена 739 здоровым лицам (средний возраст 63 года, 64 % женщин). Референсные значения продольной деформации для мужчин составили от $-19,5$ до $-20,4\%$, для женщин – от $-21,6$ до $-21,9\%$. Многофакторный анализ продемонстрировал более высокие значения продольной, поперечной и круговой деформации (на 1,7, 2,2 и 3,2 % соответственно) у женщин по сравнению с мужчинами. В данной выборке ассоциация между деформацией миокарда и возрастом не достигла статистической значимости [13].

В последних совместных рекомендациях Американского Общества эхокардиографии (ASE) и Европейской Ассоциации кардиоваскулярного имиджинга (EACVI), 2015 [14] приводятся нормальные «рабочие» показатели продольной деформации, полученные на основании метаанализа [15] и отобранных недавних исследований деформации ЛЖ. Разброс средних нормальных величин деформации левого желудочка при использовании различных ультразвуковых платформ и программных пакетов обработки варьировал от $-17,3\%$ (2,5) до $-21,5\%$ (2,0 %), вариации нижнего предела были в диапазоне от -11 до -18% (параметры представлены в виде средней величины, стандартного отклонения и нижнего нормального предела, M (SD), LNN). У женщин показаны более высокие показатели деформации, чем у мужчин. На основании накопленных на сегодня данных, ASE/EACVI, 2015, рекомендуют рабочий норматив глобального продольного Strain ЛЖ у здоровых в пределах -20% . Референсные критерии деформации ЛЖ, безусловно, будут дополняться с дифференциацией по полу и возрасту. На основе выполняемого коллективом крупномасштабных исследований деформации в популяции мы предполагаем внести вклад в дальнейшую разработку референсных критериев деформации ЛЖ.

Характеристики деформации ЛЖ при АГ

H. Kouzu et al. (2011) провели обследование у 74 лиц с гипертонической болезнью и 55 контрольных субъектов, сопоставимых по возрасту. В результате исследования продольная деформация была значительно ниже в группе с АГ по сравнению с контрольной группой (при концентрической гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ)), $-15,1 \pm 4,0\%$, при эксцентрической ГЛЖ $-15,9 \pm 4,4\%$; контрольная группа $-18,9 \pm 3,3\%$, $p < 0,05$). И наоборот, радиальная деформация у лиц с АГ и ГЛЖ была значительно выше, чем в контрольной группе ($53,8 \pm 19,4\%$ против $40,3 \pm 15,1\%$, $p < 0,05$) [16].

J. Chen et al. (2007) при обследовании 20 пациентов с АГ отметили, что при ГЛЖ локальные нарушения систолической функции выявляются рано, несмотря на нормальные показатели глобальной фракции выброса. Показано снижение пиковых сегментарных скоростей систолической деформации в позициях по длинной и короткой осям левого желудочка в сравнении с соответствующими сегментами в контрольной группе [17].

В ходе исследования I. Ikonomidis et al. (2015) оценка деформации миокарда левого желудочка была выполнена 320 лицам с АГ. Выявлена связь ослабления раскручивания ЛЖ в связи с повышенной жесткостью артерий и дисфункцией коронарной микроциркуляции, что связано с уменьшением нейрогуморальной активации при гипертонической болезни сердца [18].

S. Nogi et al. (2016) исследовали миокардиальное постсистолическое сокращение (PSS) наряду с клиническими и другими параметрами сердца. Обследовано 104 человека, получающих лечение по поводу АГ, у которых не было симптомов сердечной недостаточности. Для оценки показателей релаксации ЛЖ применялась тканевая доплерография и полученная методикой STI глобальная скорость продольной деформации (GLS) во время ранней диастолы. Результаты показали, что, будучи зависимым от значения GLS, PSS может отражать диастолическую релаксацию у пациентов с бессимптомной леченой АГ [19].

Имеются данные и об использовании ультразвуковой технологии STI в дифференциальной диагностике патологической и физиологической ГЛЖ. В своем исследовании L.T. Toncelli et al. (2008) показали, что больные с АГ в сравнении со спортсменами имеют более высокие показатели скручивания левого желудочка ($23,7 \pm 5,2$ и $15,2 \pm 4,6$ % соответственно, $p = 0,0001$), базальной ($-9,2 \pm 3,3$ и $-6,6 \pm 2,5$ % соответственно, $p < 0,001$) и особенно апикальной ($14,4 \pm 5,4^\circ$ и $8,6 \pm 4,1^\circ$ соответственно, $p = 0,001$) ротации, тогда как значения продольной деформации левого желудочка были схожи в обеих группах [20].

Характеристики деформации ЛЖ при ИБС

Ишемия миокарда приводит к снижению его сегментарной функции, которая колеблется от снижения систолического укорочения (гипокинезия) до систолического удлинения (дискинезия). Сниженное систолическое укорочение (или, при трансмуральной ишемии, систолическое удлинение) и постсистолическое укорочение, которые являются двумя основными маркерами ишемической дисфункции, могут быть оценены при анализе деформации.

У пациентов с острым инфарктом миокарда (ОИМ) Strain более четко определяет переходную зону между неповрежденным и поврежденным миокардом, а также с высокой точностью показывает анатомическую распространенность поврежденных участков [21, 22]. Высокая чувствительность и специфичность Strain и Strain Rate обусловлены близкой корреляцией изображений, получаемых при исследовании деформации миокарда (при оценке схематичного представления деформации по сегментам ЛЖ, так называемый «бычий глаз», bull'seye), с анатомией коронарных артерий, определяемой при коронарографии [10]. Также Strain левого желудочка полезен при оценке жизнеспособности миокарда при помощи стресс-эхокардиографии. Так, повышение показателей деформации и скорости деформации при введении добутина указывает на степень жизнеспособности миокарда, при этом скорость деформации является более чувствительным показателем, чем скорость движения ткани миокарда при низких дозах добутина, для выявления жизнеспособного миокарда [23].

Важно отметить, что глобальная продольная деформация миокарда является чувствительным маркером левожелудочковой функции [24] и предиктором исходов [25]. В клиническом исследовании А.Н. Пархоменко и соавт. (2014) проведена оценка показателей деформации миокарда левого желудочка для выявления больных с высоким риском развития ранней постинфарктной дилатации левого желудочка. Показано, что при использовании speckle tracking эхокардиографии, а именно по показателям продольной деформации, можно выявить пациентов с высокой вероятностью развития острой сердечной недостаточности в госпитальном периоде заболевания [26].

Целью исследования M.L. Antoni et al. (2010) была оценка прогностической значимости Strain и SR после ОИМ. У 659 пациентов помимо стандартных эхокардиографических показателей измерены Strain и SR. Первичной конечной точкой являлась летальность от всех причин, вторичная – комбинированная точка (реваскуляризация, повторный ОИМ, госпитализация по поводу СН). Strain и SR значимо ассоциированы со всеми конечными точками: глобальная деформация и скорость деформации выше по абсолютным значениям, чем $-15,1$ % и $-1,06$ с⁻¹, повышает риск летальности от всех причин (HR=4,5; 95 % CI 2,1–9,7 и HR=4,4; 95 % CI 2,0–9,5 соответственно). Strain и SR позволяют получить прогностическую информацию у пациентов после ОИМ и превосходят фракцию выброса левого желудочка и WMSI в

плане стратификации риска и отдаленных исходов [27].

В исследовании VALIANT (2010) обследовано 603 пациента с дисфункцией левого желудочка или сердечной недостаточностью или их комбинацией через 5 дней после инфаркта миокарда. Показано, что продольный и циркулярный SR – независимые предикторы исходов при ИМ. Циркулярный SR является предиктором ремоделирования, предполагая, что сохраненная функция циркулярной деформации может сдерживать дилатацию ЛЖ после ИМ [28].

Характеристики деформации ЛЖ при ХСН

Считается, что показатели деформации миокарда могут превосходить фракцию выброса левого желудочка в отношении оценки сократительной способности миокарда. Так, в исследовании J. Nahumetal (2010) оценивалось прогностическое значение показателей продольной деформации у пациентов с хронической сердечной недостаточностью. У 125 пациентов с ХСН и сниженной ФВ ЛЖ проводилось ЭхоКГ обследование (включая тканевую доплерографию, измерение скорости продольной деформации, глобальной деформации), и показатели соотносились с частотой больших кардиальных событий. При однофакторном анализе Кокса показатели деформации были ассоциированы с большими кардиальными событиями (OR=1,2; $p < 0,0001$), а глобальная деформация была независимым предиктором этих событий и при многофакторном анализе (OR=5,1; 95 % CI 2,6–10,2) [29].

В работе M. Bertini et al. (2012) 1060 пациентов с ХСН были подвергнуты ЭхоКГ с измерением глобальной продольной деформации ЛЖ. Средняя продолжительность наблюдения составила 31 месяц. Композитной конечной точкой являлась смертность от всех причин и госпитализация по поводу ХСН. У пациентов, достигших первичной точки, глобальная деформация ЛЖ была статистически значимо ниже. Пациенты с продольной деформацией по абсолютным значениям $\leq -11,5$ % имели лучший исход, чем пациенты с этим показателем $> -11,5$ %. При многофакторном анализе глобальная продольная деформация была независимо ассоциирована со смертностью (HR=1,69; 95 % CI 1,33–2,15; $p < 0,001$) и композитной конечной точкой (HR=1,64; 95 % CI 1,32–2,04; $p < 0,001$) [30].

В исследовании K.W. Zhang et al. (2014) у 416 пациентов с ХСН выполняли speckle tracking оценку продольной, циркулярной и радиальной деформации, а также скорости деформации мио-

карда ЛЖ. Регрессионный анализ Кокса был проведен для оценки ассоциации между этими показателями и смертностью от всех причин, трансплантацией сердца и установкой устройств механической поддержки кровообращения (LVAD). При многофакторном анализе все показатели, за исключением скорости радиальной деформации, были независимо ассоциированы с исходами. Продольный и циркулярный Strain и Strain Rate ассоциированы с прогнозом при ХСН и после дополнительных исследований могут быть клинически значимым прогностическим инструментом [31].

Характеристики деформации ЛЖ при кардиомиопатиях

Исследование деформации миокарда нашло применение у пациентов с кардиомиопатиями. Так, в исследовании T. Kobayashietal (2013) оценивалась региональная сократительная способность межжелудочковой перегородки и степень ее фиброза у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией. В результате была выявлена отрицательная обратная связь между выраженностью гистологических изменений (гипертрофия миоцитов, дезорганизация, интерстициальный фиброз) и скоростью деформации септального миокарда [32]. В аналогичном исследовании V.M. Almaas et al. (2014) установлена корреляция между продольной деформацией и выраженностью фиброза миокарда при патогистологическом исследовании, при этом Strain являлся более мощным предиктором нарушений ритма, чем MPT с контрастом [33].

Предполагается, что на основании STI может быть произведена дифференциальная диагностика дилатационной кардиомиопатии (ДКМП) и хронического миокардита по изменениям показателей продольной и циркулярной глобальной деформации миокарда, а также скорости циркулярной глобальной деформации миокарда [34]. Критерием дифференциации служили достоверно меньшие абсолютные величины показателей продольной и циркулярной глобальной деформации миокарда у пациентов с ДКМП.

Был проведен ряд исследований в отношении дисфункции миокарда как следствия кардиотоксичности препаратов. Как известно, фракция выброса левого желудочка нередко остается нормальной, несмотря на существующую дисфункцию миокарда, особенно при лекарственно индуцированной сердечной недостаточности. В таких случаях оценка деформации миокарда показала высокую чувствительность в ранней диагностике кардиотоксичности [35–37]. Н. Sawaya et al. (2011) исследовали пациентов

с раком молочной железы, получающих химиотерапию, и выявили, что продольная систолическая деформация в комбинации с высокочувствительным тропонином I являются предикторами возникновения кардиотоксичности [38].

Показатели деформации ЛЖ и риск сердечно-сосудистых исходов и смертности

Значение деформации миокарда как предиктора риска кардиоваскулярных событий на сегодня преимущественно показано в особых клинических группах – при ХСН (как описано выше), у больных сахарным диабетом, при хронических болезнях почек, пациентов на гемодиализе, после трансплантации сердца и др. [39–41]. Однако получены и немногочисленные свидетельства прогностического вклада снижения Strain ЛЖ или производных в риск ССЗ и смертности в неселективных выборках, в том числе в крупных когортных исследованиях Framingham Offspring Study [42], MESA [43]. Так, в Framingham Offspring Study изменение продольного Strain было связано с увеличением риска новых случаев ИБС (HR=1,29; 95 % CI, 1,00–1,67; $p = 0,05$ на 1 SD глобального продольного Strain), а изменение циркулярного Strain – с риском новой СН (HR=1,79; 95 % CI 1,35–2,37; $p < 0,0001$ на 1 SD глобального продольного Strain). Все три варианта Strain были связаны с риском смерти от всех причин ($p < 0,008$). В недавнем метаанализе K. Kalam et al. (2014) обобщены данные 16 исследований (15 проспективных и 1 ретроспективное, $n = 5721$) о связи продольного Strain и фракции выброса ЛЖ в риск смертности, комбинированной сердечной смертности, злокачественных аритмий, госпитализации по поводу сердечной недостаточности, срочных кардиохирургических вмешательств и острых коронарных событий. Показано, что риск смерти был более сильно (отрицательно) ассоциирован с абсолютным показателем глобального продольного Strain, чем с фракцией выброса ЛЖ, коэффициент риска на каждое SD величины Strain составил HR=0,50 (95 % CI 0,36–0,69; $p < 0,002$) [44].

Применение технологии анализа деформации ЛЖ при оценке систолической и диастолической функции ЛЖ

Технология оценки Strain и Strain Rate показала высокую эффективность при выявлении субклинических поражений миокарда. В частности, этот метод позволяет оценить изменения миокарда при таких заболеваниях, как амилоидоз, диабет, атаксия Фридриха, показаны определенные различия показателей деформации

ЛЖ при гипертрофии ЛЖ, обусловленной гипертензией или кардиомиопатией [45, 46]. В исследовании С.С. Quarta et al. (2014) было показано, что у пациентов с амилоидозом, несмотря на сохранную фракцию выброса левого желудочка, продольный Strain был значительно снижен. Ухудшение функции левого желудочка коррелировало с увеличением толщины стенки желудочка вне зависимости от патогенеза. Сниженный продольный Strain и высокий класс по NYHA являлись негативными предикторами выживаемости [47]. Strain может быть эффективен при динамическом контроле параметров у конкретного пациента в качестве оценки ответа на проводимое лечение при диабете [48], болезни Фабри [49] и др.

В настоящее время оценка диастолической функции проводится на основании измененного трансмитрального кровотока, который значительно зависит от преднагрузки. Оценка диастолической функции левого желудочка при помощи тканевого доплера меньше зависит от преднагрузки. Идеальным был бы параметр миокарда, который отражает изменения его релаксации, а также ответ на проводимую терапию. В плане применения показателей деформации миокарда на сегодня показаны связи диастолической функции ЛЖ с параметрами скорости продольной деформации (в период изоволюметрической релаксации и ранней систолы), временными параметрами скорости раскручивания (untwistingrate) систолическим Strain левого предсердия [50] и постсистолическим укорочением ЛЖ [14]. Однако значение деформации в оценке диастолы до конца не выяснено и не отработаны рекомендации по его применению [6, 14, 50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В эхокардиографии деформация и скорость деформации служат для количественной оценки механической функции миокарда. В настоящее время определение показателей деформации ЛЖ при помощи методики STI позволяет более широко понимать патофизиологические процессы, происходящие при заболеваниях сердца, в том числе кардиомиопатиях, ишемической болезни сердца, хронической сердечной недостаточности. В выполненных на сегодняшний день исследованиях продемонстрирована связь показателей деформации миокарда с половозрастными характеристиками, но еще не отработаны референсные критерии по полу и возрасту. Выявлена определенная диагностическая значимость изменений деформации и скорости деформации ЛЖ при инфаркте миокарда, острой и хрониче-

ческой сердечной недостаточности, кардиомиопатиях и в меньшей степени исследованы их характеристики при артериальной гипертензии, некоторых субклинических поражениях миокарда. В нескольких работах показано предиктивное значение параметров деформации в отношении исходов (в селективных клинических группах), менее чем в десяти исследованиях получены свидетельства вклада показателей деформации в риск ССЗ и смертности в популяции и рассчитаны коэффициенты риска. На основании проведенного систематического анализа литературных данных можно сделать заключение о перспективности метода оценки деформации миокарда ЛЖ для ранней диагностики систолической дисфункции и оценки прогноза и необходимости дальнейшего исследования деформации миокарда в широком возрастном диапазоне в связи с сердечно-сосудистыми заболеваниями и факторами риска в общей популяции. На отечественном уровне исследования деформации в популяции на сегодня практически отсутствуют.

Исследование поддержано Российским научным фондом (проект № 14-45-00030), частично входит в бюджетную тему НИИТПМ (006).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Оганов Р.Г.** Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний: возможности практического здравоохранения // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2002. № 1. С. 5–9.
2. **Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П. и др.** Национальные рекомендации ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр) // Сердечная недостаточность. 2013. Т. 7, № 81. С. 379–472.
3. **Мареев В.Ю., Даниелян М.О., Беленков Ю.Н.** От имени рабочей группы исследования ЭПОХА–О–ХСН. Сравнительная характеристика больных с ХСН в зависимости от величины ФВ по результатам Российского многоцентрового исследования ЭПОХА–О–ХСН // Сердечная недостаточность. 2006. Т. 7, № 4. С. 164–171.
4. **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: endorsed by the Japanese Society of Echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2011. Vol. 24, N 3. P. 277–313.
5. **Екимова Н.А., Каткова Л.А., Фурман Н.В.** Оценка деформации и скорости деформации миокарда методом тканевой доплерографии // Саратовский науч.-мед. журн. 2013. Т. 9, № 1.
6. **Marwick T.H.** Measurement of strain and strain rate by echocardiography // J. Am. Coll. Cardiol. 2006. Vol. 47, N 7. P. 1313–1327.
7. **Weidemann F., Jamal F., Sutherland G.R. et al.** Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate // Am. J. Physiol.—Heart and Circulat. Physiol. 2002. Vol. 283, N 2. P. H792–H799.
8. **Voigt J.U., Pedrizzetti G., Lysyansky P. et al.** Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging. 2014. P. jeul184.
9. **Какучая Т.Т.** Тканевой доплер, деформация и скорость деформации миокарда в оценке функции миокарда – концептуальные технические основы и применение в клинике // Креатив. кардиология. 2008. Т. 1. С. 73–93.
10. **Perk G., Tunick P.A., Kronzon I.** Non-Doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography—from technical considerations to clinical applications // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2007. Vol. 20, N 3. P. 234–243.
11. **Dalen H., Thorstensen A., Aase S.A. et al.** Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: the HUNT study in Norway // Eur. Heart J. — Cardiovasc. Imaging. 2010. Vol. 11, N 2. P. 176–183.
12. **Sun J.P., Lee A.P.W., Wu C. et al.** Quantification of left ventricular regional myocardial function using two-dimensional speckle tracking echocardiography in healthy volunteers—a multi-center study // Int. J. Cardiol. 2013. Vol. 167, N 2. P. 495–501.
13. **Cheng S., Larson M.G., McCabe E.L. et al.** Age- and sex-based reference limits and clinical correlates of myocardial strain and synchrony: the Framingham Heart Study // Circulation: Cardiovasc. Imaging. 2013. P. CIRCIMAGING. 112.000627.
14. **Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. et al.** 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. Vol. 28, N 1. P. 1–39.
15. **Yingchoncharoen T., Agarwal S., Popović Z.B., Marwick T.H.** Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2013. Vol. 26, N 2. P. 185–191.
16. **Kouzu H., Yuda S., Muranaka A. et al.** Left ventricular hypertrophy causes different changes in longitudinal, radial, and circumferential mechanics in patients with hypertension: a two-dimensional speckle tracking study // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2011. V. 24. P. 192–199.
17. **Chen J., Cao T., Duan Y. et al.** Velocity vector imaging in assessing myocardial systolic function of hypertensive patients with left ventricular hypertrophy // Can. J. Cardiol. 2007. V. 23, N 12. P. 957–961.
18. **Ikonomidis I., Tzortzis S., Triantafyllidi H.** Association of impaired left ventricular twisting-untwisting with vascular dysfunction, neurohumoral activation and impaired exercise capacity in hypertensive heart disease // Eur. J. Heart Failure. 2015. Vol. 17, N 12. P. 1240–1251.
19. **Nogi S., Ito T., Kizawa S. et al.** Association between Left Ventricular Postsystolic Shortening and Diastolic Relaxation in Asymptomatic Patients with Systemic Hypertension // Echocardiography. 2016. Vol. 33, N 2. P. 216–222.

20. **Toncelli L.T., Cappelli F.C., Vono MCRV et al.** Left ventricular rotation and torsion in different type of left ventricular hypertrophy // Abstracts of EUROECHO the twelfth. 2008. P1241; P. S175.
21. **Skulstad H., Urheim S., Edvardsen T. et al.** Grading of myocardial dysfunction by tissue Doppler echocardiography: a comparison between velocity, displacement, and strain imaging in acute ischemia // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006. Vol. 47, N 8. P. 1672–1682.
22. **Швец Д.А., Поветкин С.В.** Дополнительные возможности speckle tracking короткоосевых позиций левого желудочка в диагностике постинфарктных очаговых изменений миокарда // *Фундамент. исслед.* 2014. № 7.
23. **Hoffmann R., Altiok E., Heussen N. et al.** Strain rate measurement by doppler echocardiography allows improved assessment of myocardial viability in patients with depressed left ventricular function // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2002. Vol. 39, N 3. P. 443–449.
24. **Reisner S.A., Lysyansky P., Agmon Y. et al.** Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2004. Vol. 17, N 6. P. 630–633.
25. **Stanton T., Leano R., Marwick T.H.** Prediction of All-Cause Mortality From Global Longitudinal Speckle Strain CLINICAL PERSPECTIVE // *Circulat.: Cardiovasc. Imaging.* 2009. Vol. 2, N 5. P. 356–364.
26. **Пархоменко А.Н., Лугай Я.М., Степура А.А., Иркин О.И.** Новый маркер раннего ремоделирования сердца у больных острым инфарктом миокарда с elevацией сегмента ST // *Медицина неотложных состояний.* 2014. № 3.
27. **Antoni M.L., Mollema S.A., Delgado V. et al.** Prognostic importance of strain and strain rate after acute myocardial infarction // *Eur. Heart J.* 2010. Vol. 31, N 13. P. 1640–1647.
28. **Hung C.L., Verma A., Uno H. et al.** Longitudinal and circumferential strain rate, left ventricular remodeling, and prognosis after myocardial infarction // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010. Vol. 56, N 22. P. 1812–1822.
29. **Nahum J., Bensaid A., Dussault C. et al.** Impact of longitudinal myocardial deformation on the prognosis of chronic heart failure patients // *Circulat.: Cardiovasc. Imaging.* 2010. P. CIRCIMAGING. 109.910893.
30. **Bertini M., Ng A.C., Antoni M.L. et al.** Global Longitudinal Strain Predicts Long-Term Survival in Patients With Chronic Ischemic Cardiomyopathy Clinical Perspective // *Circulat.: Cardiovasc. Imaging.* 2012. Vol. 5, N 3. P. 383–391.
31. **Zhang K.W., French B., Khan A.M. et al.** Strain improves risk prediction beyond ejection fraction in chronic systolic heart failure // *J. Am. Heart Associat.* 2014. Vol. 3, N 1. P. e000550.
32. **Kobayashi T., Popovic Z., Bhonsale A. et al.** Association between septal strain rate and histopathology in symptomatic hypertrophic cardiomyopathy patients undergoing septal myectomy // *Am. Heart J.* 2013. Vol. 166, N 3. P. 503–511.
33. **Almaas V.M., Haugaa K.H., Strom E.H. et al.** Non-invasive assessment of myocardial fibrosis in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy // *Heart.* 2014. Vol. 100, N 8. P. 631–638.
34. **Коваленко В.Н., Несукай Е.Г., Чернюк С.В., Даниленко А.А.** Значение спекл-трекинг эхокардиографии в дифференциальной диагностике хронического диффузного миокардита и дилатационной кардиомиопатии // *Укр. кардіол. журн.* 2013. № 1. С. 64–69.
35. **Jurcut R., Wildiers H., Ganame J. et al.** Strain rate imaging detects early cardiac effects of pegylated liposomal doxorubicin as adjuvant therapy in elderly patients with breast cancer // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2008. Vol. 21, N 12. P. 1283–1289.
36. **Jassal D.S., Han S.Y., Hans C. et al.** Utility of tissue Doppler and strain rate imaging in the early detection of trastuzumab and anthracycline mediated cardiomyopathy // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2009. Vol. 22, N 4. P. 418–424.
37. **Sawaya H., Sebag I.A., Plana J.C. et al.** Assessment of echocardiography and biomarkers for the extended prediction of cardiotoxicity in patients treated with anthracyclines, taxanes, and trastuzumab // *Circulat.: Cardiovasc. Imaging.* 2012. Vol. 5, N 5. P. 596–603.
38. **Sawaya H., Sebag I.A., Plana J.C. et al.** Early detection and prediction of cardiotoxicity in chemotherapy-treated patients // *Am. J. Cardiol.* 2011. Vol. 107, N 9. P. 1375–1380.
39. **Clemmensen T.S., Eiskjær H., Logstrup B.B. et al.** Left ventricular global longitudinal strain predicts major adverse cardiac events and all-cause mortality in heart-transplanted patients // *J. Heart and Lung Transplant.* 2016.
40. **Valocikova I., Vachalцова M., Valocik G. et al.** Incremental value of global longitudinal strain in prediction of all-cause mortality in predialysis and dialysis chronic kidney disease patients // *Wiener Klin. Wochenschrift.* 2016. Vol. 128, N 13–14. P. 495–503.
41. **Liu J.H., Chen Y., Yuen M. et al.** Incremental prognostic value of global longitudinal strain in patients with type 2 diabetes mellitus // *Cardiovasc. Diabetol.* 2016. Vol. 15, N 1. P. 22.
42. **Cheng S., McCabe E.L., Larson M.G. et al.** Distinct aspects of left ventricular mechanical function are differentially associated with cardiovascular outcomes and all-cause mortality in the community // *J. Am. Heart Associat.* 2015. Vol. 4, N 10. P. e002071.
43. **Sharma R.K., Volpe G., Rosen B.D. et al.** Prognostic implications of left ventricular dyssynchrony for major adverse cardiovascular events in asymptomatic women and men: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis // *J. Am. Heart Associat.* 2014. Vol. 3, N 4. P. e000975.
44. **Kalam K., Otahal P., Marwick T.H.** Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction // *Heart.* 2014. Vol. 100, N 21. P. 1673–1680.
45. **Kato T.S., Noda A., Izawa H. et al.** Discrimination of nonobstructive hypertrophic cardiomyopathy from hypertensive left ventricular hypertrophy on the basis of strain rate imaging by tissue Doppler ultrasonography // *Circulation.* 2004. Vol. 110, N 25. P. 3808–3814.
46. **Andersen N.H., Poulsen S.H., Eiskjaer H. et al.** Decreased left ventricular longitudinal contraction in normotensive and normoalbuminuric patients with type II diabetes mellitus: a Doppler tissue tracking and strain rate echocardiography study // *Clin. Sci. (London, England: 1979).* 2003. Vol. 105, N 1. P. 59–66.

47. **Quarta C.C., Solomon S.D., Uraizee I. et al.** Left ventricular structure and function in transthyretin-related versus light-chain cardiac amyloidosis // *Circulation*. 2014. P. CIRCULATIONAHA.113.006242.
48. **Voigt J.U., von Bibra H., Daniel W.G.** New techniques for the quantification of myocardial function: acoustic quantification, color kinesis, tissue Doppler and «strain rate imaging» // *Z. Kardiol.* 1999. Bd. 89. S. 97–103.
49. **Weidemann F., Breunig F., Beer M. et al.** Improvement of cardiac function during enzyme replacement therapy in patients with Fabry disease // *Circulation*. 2003. Vol. 108, N 11. P. 1299–1301.
50. **Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P. et al.** Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // *J. Am. Soc. of Echocardiogr.* 2016. Vol. 29, N 4. P. 277–314.

LEFT VENTRICULAR STRAIN: SEX- AND AGE-RELATED CHARACTERISTICS
AND ASSOCIATIONS WITH CARDIOVASCULAR DISEASES (REVIEW OF LITERATURE)

V.P. Guseva¹, S.K. Malyutina^{1,2}, A.N. Ryabikov^{1,2}, E.V. Voronina¹, E.V. Shubkina¹, A.I. Sinyova²

¹*Institute of Internal and Preventive Medicine
630089, Novosibirsk, Boris Bogatkov str., 175/1*

²*Novosibirsk State Medical University
630091, Novosibirsk, Krasny av., 52*

The standard indicators of function of the left ventricle (LV) (ejection fraction, end-diastolic and end-systolic volumes, of local contractility) depend on the circulation load and partly are subjective. The indices of myocardial deformation allow to objectify the assessment of left ventricular function and to detect changes even in subclinical myocardial lesion. **Objectives.** This review analyzes the literature data focused on the ultrasound assessment of myocardial deformation (Strain) in various cardiovascular diseases (CVD), published during the last 15 years (2001–2016) using PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>) and Google Scholar (<https://scholar.google.ru>). **Results.** The deformation of LV myocardium, as a 3D object, is considered as a longitudinal, circular and radial Strain. According to data obtained, the indicators of myocardial Strain are related to age and sex (in men lower than in women, decreased with aging), they have diagnostic significance for myocardial infarction, acute and chronic heart failure (HF), cardiomyopathy, Strain characteristics in hypertension and subclinical myocardial damage are investigated less. Not numerous clinical studies have demonstrated predictive value of Strain in respect to CVD complications and outcomes. Very few studies available are available in population, they revealed the association between LV Strain with the risk of acute coronary events, malignant arrhythmias, HF, death from CVD and from all causes (risk coefficients were around 1.3 for CHD, 1.7 for HF and 1.6–2.0 for fatal CVD and total mortality). **Conclusion.** Strain technology is perspective. Currently, the age- and sex- specific reference values of Strain are still under the question; further studies of LV Strain are warranted for assessment of early systolic dysfunction and investigation of association with CVD risk factors and prognosis.

Keywords: myocardial strain, strain rate, speckle tracking imaging, risk factors, cardiovascular disease, prognosis.

Статья поступила 29 марта 2017 г.,
принята в печать 6 апреля 2017 г.