

УДК 616.124.2

DOI 10.34014/2227-1848-2020-3-28-43

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАЦИИ МИОКАРДА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА В КАРДИОЛОГИИ

А.В. Мухаметгареева<sup>1, 2</sup>, В.В. Кашталап<sup>1</sup>, А.Н. Молчанов<sup>1, 2</sup>, А.С. Воробьев<sup>1</sup>,  
И.А. Урванцева<sup>1, 2</sup>, В.В. Ромашкин<sup>2</sup>, Л.В. Коваленко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Бу ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

«Сургутский государственный университет», г. Сургут, Россия;

<sup>2</sup> Бу Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии», г. Сургут, Россия

*Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются одной из наиболее актуальных проблем здравоохранения во всем мире. Они охватывают обширную группу населения и затрагивают все возрастные категории вне зависимости от пола. Сердечная недостаточность (СН), как закономерное осложнение большинства ССЗ, не является болезнью исключительно пожилых людей. Существуют многочисленные и сложные патофизиологические механизмы, которые реализуются вне зависимости от возраста и приводят к СН. Они включают традиционные факторы сердечно-сосудистого риска (артериальную гипертензию, дислипидемию, избыточную массу тела), низкий уровень жизни населения, а также неоптимальный доступ к системам здравоохранения из-за социально-экономического неравенства. Особое внимание в настоящее время уделяется проблеме ранней диагностики СН. Так, сегодня медицинское сообщество обсуждает возможность использования такой неинвазивной методики, как ультразвуковое исследование (УЗИ), в целях изучения деформации миокарда.*

*УЗИ в настоящее время – это доступная и высокоинформативная методика для ранней диагностики проявлений СН. Обсуждается вопрос не только клинической, но и прогностической значимости показателей деформации миокарда у больных с ССЗ и СН. В настоящем обзоре освещены основные вопросы оценки деформации миокарда, преимущества, а также ограничения использования этой методики. На основании полученных в открытых источниках литературы данных проведен анализ перспективных направлений применения этой методики в современной кардиологии. Для литературного поиска были использованы ресурсы поисковых систем PubMed, eLibrary, CyberLeninka, MedLine, Google Scholar, Elsevier.*

**Ключевые слова:** *сердечная недостаточность, эхокардиография, деформация миокарда, сердечно-сосудистый риск.*

**Введение.** В настоящее время сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются важной проблемой здравоохранения [1–4]. Глобальные и экономические проблемы, связанные с сердечно-сосудистыми заболеваниями, обусловлены тремя основными факторами:

- высокими показателями смертности, отмечающимися в основном в странах с развивающейся экономикой, а также в высококоразвитых странах;
- значительным вкладом в суммарное значение, отражающее общую смертность населения;
- ранней частичной или полной утратой трудоспособности населения вследствие

развития хронической сердечной недостаточности (ХСН) [5].

Широкое распространение ССЗ отмечено преимущественно в средне- и высококоразвитых странах [6, 7]. Так, в Соединенных Штатах Америки (США) и странах Европейского союза (ЕС) распространённость ишемической болезни сердца (ИБС) – одной из основных причин развития ХСН – оценивается в 6,4 % среди людей старше 20 лет (15,4 млн американцев).

По данным российских исследователей, население России также характеризуется высокой смертностью, обусловленной ССЗ (2018 г. – 601,4 на 100 тыс. населения, т.е.

46,6 % от всех случаев смерти в Российской Федерации [1, 8, 9]).

Медико-социальная значимость проблемы ССЗ обусловлена и тем, что за последние годы увеличилось количество лет, проживаемых пациентом в состоянии нетрудоспособности [5]. Помимо этого, ССЗ составляют 3 % от общего числа всех регистрируемых патологических состояний в развитых странах [10]. Улучшение подходов к лечению ССЗ сопровождается увеличением продолжительности жизни и повышением распространенности такого осложнения ССЗ, как ХСН. Этот патологический синдром характеризуется высоким уровнем распространенности, инвалидизации и смертности населения от декомпенсации недостаточности жизненно важных систем. Долгое время ХСН воспринималась врачами как клинический синдром, обусловленный нарушением сократительной (систолической) функции левого желудочка (ФВ ЛЖ), когда мышечный каркас сердца не в состоянии обеспечить должную величину минутного объема крови, необходимую для адекватной перфузии и функционирования органов и систем в покое и/или при физической нагрузке [11]. Однако в последние десятилетия представления кардиологов о приоритетных патогенетических механизмах, ответственных за развитие ХСН, существенно изменились [12, 13]. Еще в 80-х гг. прошлого столетия впервые возникло предположение о нарушении наполнения сердца без уменьшения ударного объема крови (снижения ФВ ЛЖ) [14].

Накопленные к настоящему времени данные опровергают идею о том, что систолическая дисфункция левого желудочка является единственным гемодинамическим предиктором возникновения клинических проявлений ХСН. У большой группы больных ведущим механизмом клинических проявлений ХСН является нарушение сократимости миокарда. Ранее такое патологическое состояние носило название диастолической СН [15]. В настоящее время предложен термин «сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса левого желудочка» (СНсФВ ЛЖ) [16]. Несколько позже эту группу пациентов с ХСН разделили на больных с «промежуточной» ФВ ЛЖ (от 40 до 50 %) и на пациентов с истинно «сохранной» ФВ ЛЖ (более 50 %) [17].

Актуальность изучения СНсФВ ЛЖ обусловлена ее высокой распространенностью и медико-социальной значимостью [18]. При этом оптимальные методы выявления таких пациентов, возможности эффективной оценки риска и медикаментозные технологии улучшения прогноза остаются предметом научных дискуссий ведущих экспертов-кардиологов. Описанным в рекомендациях подходом для выявления пациентов с ХСН и ФВ ЛЖ >40 % является первичный учет клинических признаков и/или симптомов СН, выявление возможной причины – какого-либо из ССЗ. Далее необходимо подтвердить наличие у пациента биохимических и морфологических проявлений кардиопатии: с помощью регистрации высоких значений натрийуретических пептидов (НУП) в крови и с обязательным выявлением с помощью ультразвука одного из инструментальных проявлений ХСН – дилатации левого предсердия, гипертрофии левого желудочка, диастолической дисфункции левого желудочка [17]. При этом оговаривается, что такой подход для практического врача достаточно трудоемкий, а врачу ультразвуковой диагностики с учетом возможностей оборудования бывает достаточно сложно выявить феномен диастолической дисфункции.

Как результат вышесказанного актуализируется необходимость поиска оптимальных диагностических технологий для раннего выявления пациентов с ХСН и ФВ ЛЖ >40 % на основе использования возможностей ультразвука.

#### **Традиционные ультразвуковые технологии оценки миокарда и его деформации**

В соответствии с принципами ультразвуковой диагностики параметров деятельности сердца основной и широко используемый показатель функции левого желудочка – это фракция выброса по Симпсону или Тейхольцу [19]. В то же время при стандартной оценке ФВ ЛЖ по данным двухмерной эхокардиографии значения этого показателя могут значительно варьировать ввиду существования довольно обширных различий в его оценке не только при регистрации, но и при анализе изображений (различное оборудование, разные специалисты).

Кроме того, двухмерная эхокардиография обладает рядом технических ограничений, что

не позволяет снизить вариабельность показателя ФВ ЛЖ. При этом он в большей степени связан с изменением полости левого желудочка и не всегда позволяет оценить сократимость миокарда. В связи с этим в современной кардиологии все больше внимания уделяется возможностям, которые предоставляет ультразвуковая оценка деформации миокарда. Этот метод позволяет получить целостное представление о механике сокращения миокарда и расслабления различных зон сердечной мышцы, а не только о механике левого желудочка [18, 20].

Для понимания методики оценки деформации миокарда необходимо рассмотреть основные механизмы сокращения сердца. Мышечные волокна миокарда различной длины и толщины собраны в пучки, расположенные в трех направлениях. При макроскопическом исследовании миокарда получены данные о наличии 3 различных слоев: поверхностного, среднего и внутреннего [14, 18].

Поверхностный слой мышечных волокон характеризуется наклонным направлением от основания к вершине при сопоставлении с вертикальной осью. Грудно-реберная поверхность сердца имеет мышечные волокна, ориентированные справа налево, а диафрагмальная – слева направо, в результате чего миокард желудочков имеет покрытие в виде равномерных спиралей. При достижении пучками мышечных волокон вершины сердца происходит «погружение» последних в завиток и дальнейший ход в глубину субэндокардиальной зоны. Средний слой мышечных волокон характеризуется преимущественно поперечным направлением. Глубокий слой миокарда левого желудочка имеет противоположный ход по отношению к поверхностному слою. Мышечные волокна расположены от вершины к основанию, в результате чего формируется папиллярно-трабекулярный аппарат и субэндокардиальная зона левого желудочка [14, 21] (рис. 1).

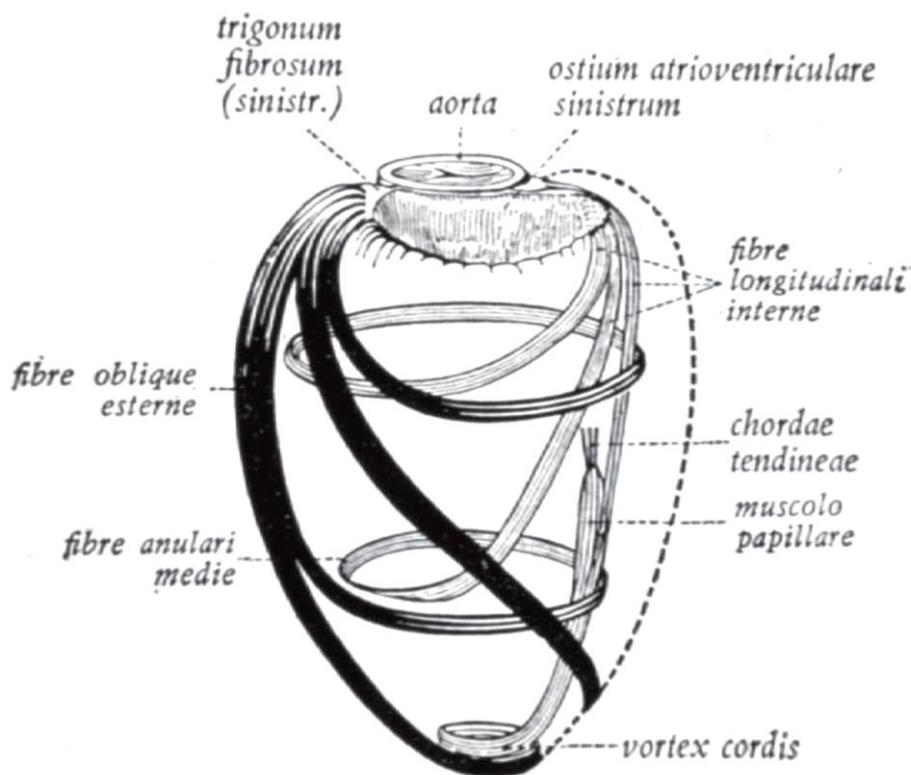


Рис. 1. Локализация мышечных волокон левого желудочка [14]

Fig. 1. Localization of left ventricle muscle fibers [14]

На основании особенностей расположения миокардиальных волокон левого желудочка выявлены основные механизмы его сокращения. В частности, в норме сокращение ЛЖ характеризуется движением мышечных волокон в трех основных направлениях: продольном, радиальном и циркулярном [18, 22].

Для характеристики происходящих при этом механических изменений миокарда используются термины:

- перемещение ( $d$ ) – показатель определенной фазы сердечного цикла, отражающий расстояние смещения исследуемой структуры (мм);
- скорость перемещения ( $v$ ) – показатель, отражающий быстроту смещения объекта в определенном направлении (мм/с);
- стрейн (strain) ( $\epsilon$ ) – показатель, характеризующий деформацию или относительное изменение длины сегмента миокарда (%).

Для определения стрейна используется следующая формула:

$$\epsilon = (L - L_0) / L_0,$$

где  $L$  отражает длину объекта после деформации, а  $L_0$  – исходную длину объекта [14].

При удлинении объекта деформация стрейн имеет положительную величину, а при укорочении – отрицательную. При происходящем в систолу укорочении саркомеров мышечных клеток возникает деформация миокардиальных волокон, заключающаяся в продольном и циркулярном укорочении и поперечном утолщении. Оценка продольного стрейна производится верхушечным доступом, циркулярного стрейна – по короткой оси левого желудочка, радиальной деформации – из обеих позиций при проведении эхокардиографии [14, 18, 20].

В клинической практике оценка систолического стрейна может включать локальную оценку каждого из 17 сегментов левого желудочка, среднюю оценку каждого из трех верхушечных сечений, а также глобальную (суммарную) оценку с учетом всех изученных сегментов. Необходимо также отметить показатель скорости стрейна (strainrate, SR), отражающий скорость деформации (измеряемый в  $s^{-1}$ ) [14].

Весьма важной для анализа деформации ЛЖ является оценка его вращения. В физио-

логических условиях в систолу происходит поворот верхушки против часовой стрелки, а базального отдела, наоборот, по часовой стрелке по отношению к верхушке сердца. Данный механизм связан в первую очередь с расположением миокардиальных волокон в наружном и внутреннем мышечных слоях ЛЖ. Из-за вышеописанного разнонаправленного движения мышечных волокон происходит скручивание ЛЖ. В диастолу, наоборот, отмечается раскручивание ЛЖ [20, 21].

Исследователями подчеркивается, что данный механизм обеспечивает повышение эффективности сердечного выброса и последующее «присасывание» крови к левому желудочку («эффект выжимания полотенца»).

Таким образом, практикующему врачу необходимо уделить особое внимание следующим показателям:

- ротация (угловое смещение) – оценивается отдельно для базальных отделов и верхушки в позициях по короткой оси (град);
- скручивание (твист) ЛЖ – представляет собой разницу показателей базальной и верхушечной ротации с учетом знака (град);
- торсия (индекс скручивания) – отражает отношения скручивания к длине ЛЖ от основания до верхушки (град/см) [14].

В клинической практике оценка показателей деформации миокарда позволяет выявить определенные особенности, присущие той или иной патологии. При гипертрофии миокарда отмечаются увеличение мышечной массы сердца и нарушение интрамиокардиального кровотока, составляющие основу деформационных отклонений. Наиболее часто данные изменения выявляются у пациентов с артериальной гипертензией и начальными проявлениями гипертрофии миокарда [23]. По данным некоторых исследователей, у пациентов с артериальной гипертонией выявляется снижение продольного стрейна, зависящее от степени гипертрофии и ремоделирования ЛЖ. Снижение продольного стрейна и стрейн-рейта может свидетельствовать о наличии патологических процессов (скрытой коронарной недостаточности) в субэндокардиальных слоях миокарда [24]. На фоне пато-

логически увеличенного ЛЖ отмечаются изменения процессов ротации в виде нарастания вращения основания сердца в систолу, в результате чего возрастает скручивание ЛЖ. При этом на фоне воздействия компенсаторных механизмов происходит замедление диастолического раскручивания. Начальные этапы данных изменений характеризуются незначительным увеличением ротационных характеристик (твиста, скручивания и раскручивания). В то же время последующие изменения приводят к снижению данных показателей до нормальных или субнормальных величин [25].

Гипертрофическая кардиомиопатия также протекает на фоне прогрессирующего снижения продольного систолического стрейна и замедления диастолического раскручивания. В то же время отмечается смещение переходной зоны направления ротации в сторону верхушки. Дифференциальная диагностика гипертрофической кардиомиопатии и гипертрофии ЛЖ может быть основана на значении продольного стрейна левого предсердия. В норме оно составляет 10,82 %. Величина, превышающая данный показатель, указывает на гипертрофию [26].

Ишемические изменения сердца у больных ИБС на фоне поражения ствола левой коронарной артерии или многососудистого поражения характеризуются снижением глобального продольного систолического стрейна, составляющего в норме около 20 % [25]. Такие изменения на фоне уменьшения показателей радиального стрейна ЛЖ в систолу являются и при мелкоочаговых инфарктах миокарда. При трансмуральном поражении миокарда отмечается снижение продольного и поперечного стрейнов, а также уменьшение показателей циркулярного стрейна [27] на фоне нарушения скручивания и раскручивания ЛЖ. Окружающие зону ишемического поражения ткани могут характеризоваться компенсаторным увеличением показателей деформации миокарда. Следует отметить присутствующую ишемическим повреждениям миокарда неоднородность сократимости, определяемую при помощи постсистолического утолщения миокарда. Данный показатель представляет отрицательную продольную деформацию

участков ЛЖ. В то же время постсистолическое утолщение может отмечаться при аортальном стенозе или при артериальной гипертензии [28].

ХСН характеризуется снижением стрейнов и их скоростей, ассоциированных с функциональным классом ХСН, объемом и массой камер сердца [29]. S.N. Chang et al. привели показатели деформации ЛЖ при ХСН [30]. Так, приводятся данные, согласно которым диастолическая и систолическая ХСН характеризуются следующими значениями показателей: продольный стрейн – -13,65 и -9 %, циркулярный стрейн – -23,47 и -14,52 %, твист – 8,32° и 4,56° соответственно.

Необходимо также отметить изменение показателей деформации у пациентов с ХСН со сниженной ФВ ЛЖ. J. Wang et al. отметили снижение всех параметров деформации, а также скручивания ЛЖ у таких больных [31]. Кроме того, исследователями установлено, что больные ХСН с сохранной ФВ ЛЖ характеризуются снижением продольной и радиальной деформации и нормальными значениями циркулярной деформации и параметров скручивания. На основании проведенного анализа авторы пришли к выводу, что параметры скручивания и циркулярная деформация являются компенсаторными механизмами поддержания нормальной ФВ ЛЖ.

В работе В.Х. Сохибназаровой проводилась оценка показателей деформации у пациентов с ХСН и сохранной/сниженной ФВ ЛЖ (61,9±5,4 и 33,0±9,8 % соответственно) [32]. По результатам исследования больные ХСН со сниженной ФВ ЛЖ характеризовались статистически значимым снижением показателя глобальной продольной деформации левого желудочка. Кроме того, выявлена корреляция между показателями глобальной продольной деформации и уровнем мозгового НУП, а также значением ФВ ЛЖ у пациентов с ХСН со сниженной фракцией. Автор подчеркивает, что уменьшение продольной деформации ЛЖ отражает тяжесть исходного повреждения миокарда ЛЖ у больных ХСН со сниженной ФВ ЛЖ. Установлено, что пациенты с ХСН и сниженной ФВ ЛЖ характеризовались статистически значимым снижением ротационных свойств на уровне всех сегментов ЛЖ при

сравнении их значений с таковыми для пациентов с ХСН и сохранной ФВ ЛЖ. Больные ХСН с сохранной ФВ ЛЖ имели достоверное снижение показателей раскручивания.

Согласно данным ряда исследований, прослеживается четкая связь размеров, а также механической функции левого предсердия и степени диастолической дисфункции ЛЖ. Механическая дисфункция и дилатация левого предсердия могут отмечаться у пациентов с ХСН, фракция выброса у которых может быть снижена или сохранена [33]. Процесс ремоделирования левого предсердия представлен сочетанием структурных и электрических изменений ткани предсердия, что и приводит к дилатации, а также к снижению функциональной способности. Данный процесс является ответной реакцией на специфические стрессорные факторы, среди которых наиболее значимым является перегрузка давлением или объемом, часто наблюдающаяся у пациентов с ХСН. Кроме того, необходимо отметить значение размеров левого предсердия как предиктора развития ХСН, а также увеличения объема левого предсердия и его дисфункции как важных предикторов клинических исходов пациентов с ХСН [34]. Подчеркивается, что увеличение левого предсердия ассоциируется с клинической тяжестью ХСН, а также является предиктором сердечно-сосудистых событий у пациентов с сохранной ФВ ЛЖ [35].

Наибольший интерес представляет вопрос взаимосвязи показателей деформации левого предсердия и ЛЖ. Согласно данным современной литературы, существует определенная взаимосвязь параметров деформации ЛЖ и левого предсердия, заключающаяся в корреляции показателей резервуарной функции левого предсердия и значений глобальной продольной деформации ЛЖ, особенно у пациентов с ХСН и сниженной ФВ ЛЖ (умеренная отрицательная корреляция) [47]. Имеются данные, что снижение функции левого предсердия сопровождается увеличением риска госпитализаций больных ХСН с сохранной ФВ ЛЖ [36].

Необходимо также отметить взаимосвязь функциональных изменений правого и левого желудочков при сердечной недостаточности.

Согласно современным представлениям при нарушении функции правого желудочка отмечается одновременное нарушение функции ЛЖ, что объясняется непосредственным взаимодействием желудочков через межжелудочковую перегородку, а также активацией нейрогуморальных процессов. Кроме того, на фоне левожелудочковой недостаточности происходит увеличение постнагрузки на правый желудочек, что связано с повышением давления в легочных артериях и венах, а также с уменьшением коронарной перфузии, опосредованно вызывающей нарушение систолической и диастолической функций правого желудочка [37]. В некоторых работах приводятся данные о взаимосвязи показателей деформации правого и левого желудочков.

Так, в работе Н.Г. Потешкиной и соавт. при тканевом доплеровском исследовании у пациентов с нарушением функции правого желудочка обнаружены изменения показателей продольной сегментарной диастолической и систолической функции левого и правого желудочков [38]. В результате проведенного исследования авторы установили, что прогрессирование нарушений диастолической функции ЛЖ у пациентов может приводить к правожелудочковой дисфункции путем повышения нагрузки на левое предсердие и роста давления в малом круге кровообращения. В связи с этим постулируется, что ввиду понятной взаимосвязи дисфункций левого и правого желудочков у пациентов с ХСН при проведении исследования показателей деформации следует выполнять оценку деформации правого желудочка для более точной характеристики функциональной активности пациента, а также его прогноза.

Таким образом, оценка деформации сердца позволяет всесторонне и достаточно точно оценить кинетические изменения миокарда во всех направлениях. В соответствии с данными исследователей подчеркивается, что исследование показателей деформации является высокоинформативным, в связи с чем должно использоваться в клинической практике [18, 20, 39].

В работах J. Vaum et al. подчеркивается высокая диагностическая значимость оценки глобального продольного стрейна в отноше-

нии количественного индекса глобальной функции левого желудочка, являющегося индикатором таких состояний, как ишемия, гипертрофия левого желудочка, дистрофия и инфльтрация миокарда при его воспалении (миокардит) [40, 41]. Кроме того, подчеркивается большое значение методики при оценке действия кардиотоксичных лекарственных средств при химиотерапии, процессов отторжения миокарда после трансплантации сердца и при тяжелых системных заболеваниях соединительной ткани.

Все вышеперечисленные патологические состояния и заболевания проявляются в той или иной степени нарушением насосной функции сердца и постепенным развитием СН. При этом, как было сказано выше, нормальные значения ФВ ЛЖ не исключают наличия у пациента признаков СН [21]. Однако обнаружение проявлений деформации миокарда ЛЖ может уже на ранних, доклинических этапах формирования СН выявить пациентов группы риска.

Имеются данные, что систолическая функция ЛЖ в ряде случаев может ошибочно переоцениваться специалистами ультразвуковой диагностики, что настраивает практикующего врача на прекращение диагностического поиска СН у пациента. Это характерно для пациентов со вторичной митральной регургитацией [42, 43]. Использование оценки показателей деформации обладает у таких пациентов более высокой диагностической ценностью в отношении морфологических проявлений СН [44]. Так, в работе F. Namazi et al. проводилась оценка прогностического значения глобальной продольной деформации левого желудочка в сравнении с ФВ ЛЖ у пациентов со вторичной митральной регургитацией [44]. В исследование было включено 650 пациентов (средний возраст –  $66 \pm 11$  лет, 68 % из них – мужчины) с выраженной вторичной митральной регургитацией. Исследуемая популяция была разделена на основании значений глобальной продольной деформации и ФВ на группы риска. Первичной конечной точкой была смертность от всех причин. В результате исследования было установлено, что среди пациентов со значительным снижением глобальной продольной деформации ЛЖ выявлены

значительно более высокие показатели смертности при 1-, 2- и 5-летнем наблюдении (13, 23 и 44 % соответственно) в сравнении с пациентами с сохраненной систолической функцией ЛЖ (5, 14 и 31 соответственно). При многофакторном анализе значение глобальной продольной деформации ЛЖ  $< 7,0$  % ассоциировалось с высокой частотой летального исхода. Авторы пришли к выводу, что у пациентов со вторичной митральной регургитацией с функциональными нарушениями ЛЖ показатели продольной деформации ЛЖ обладают более высокой прогностической ценностью, чем значение ФВ ЛЖ, в связи с чем они могут быть использованы при стратификации риска пациентов.

В работе G.J. Wehner et al. проводилась оценка зависимости значений ФВ ЛЖ на 403 977 эхокардиограммах у 203 135 пациентов и уровня общей смертности этих больных в течение 1998–2018 гг. [45]. В исследование вошли результаты эхокардиограмм, проведенных по поводу различных заболеваний (инфаркт миокарда, артериальная гипертензия, сахарный диабет, мерцательная аритмия или трепетание, врожденные пороки сердца или магистральных сосудов, хроническая болезнь почек и сердечная недостаточность). Во время наблюдения умерло 46 258 (23 %) пациентов. При этом наибольший уровень смертности отмечен у пациентов с показателями ФВ ЛЖ, находившимися в диапазоне от 60 до 65 %, независимо от возраста, пола или других сопутствующих заболеваний, таких как СН. Таким образом, значение ФВ ЛЖ далеко не всегда коррелирует с риском летального исхода.

По общепринятому мнению, ультразвуковой аппарат для оценки структуры и механики миокарда в клинической практике должен соответствовать ряду требований, среди которых высокая чувствительность в отношении дифференцировки поврежденных и сохраненных тканей миокарда, а также высокое пространственное разрешение, достаточное для проведения полноценного функционального и анатомического анализа состояния ткани миокарда в пределах сегмента стенки желудочка [46, 47]. С учетом имеющихся ограничений ультразвукового метода для оценки «тонких» параметров ткани сердца все чаще применя-

ются методики магнитно-резонансной томографии (МРТ) и биопсии миокарда.

В работе S. Romano et al. проводился анализ прогностического значения глобальной продольной деформации, оцененной при помощи МРТ у 1274 пациентов с сохраненной ФВ ЛЖ ( $\geq 50\%$ ) [48]. У пациентов с глобальной продольной деформацией, превышающей или равной медиане ( $-20\%$ ), отмечалось значительное снижение выживаемости в течение периода отдаленного наблюдения. При этом 1% ухудшения глобальной продольной деформации ассоциировался с повышением риска смерти на 22,8%. Тем не менее эхокардиографическая оценка деформации миокарда является общепринятой из-за более высокой доступности этого диагностического метода у пациентов с ССЗ по сравнению с МРТ.

Существенным недостатком для рутинного определения показателей деформации миокарда является необходимость использования современного ультразвукового оборудования и программного обеспечения для сохранения и последующей обработки полученных изображений. Так, в обзоре M. Amzulescu et al. на основании оценки и сопоставления различных методик определения деформации миокарда было установлено, что показатели могут значительно варьировать у пациентов одинаковых клинических групп в зависимости от методов оценки, условий проведения исследования и версии программного обеспечения [49]. Автор в качестве решения проблемы предложил создание в регионах неко-

его эталонного высококвалифицированного диагностического центра для верификации результатов оценки деформации миокарда при выявлении различных данных у одного и того же пациента.

**Заключение.** Таким образом, сердечно-сосудистая патология была и остается одной из наиболее значимых проблем современной медицины. На фоне постоянного прогресса происходит внедрение инновационных методик оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Фракция выброса левого желудочка является хорошо воспроизводимым, традиционным и наиболее распространенным ультразвуковым параметром, используемым практикующими врачами для оценки функции сердца и верификации сердечной недостаточности. При этом он имеет ряд существенных ограничений, связанных с его объемным характером, субъективной зависимостью при воспроизводимости и неспособностью отразить особенности региональной сократимости левого желудочка. Ориентируясь только на этот показатель, практикующие врачи могут ошибочно отвергнуть наличие сердечной недостаточности у пациента и неправильно оценить его риск. Углубленная оценка механики левого желудочка посредством неинвазивной оценки деформации миокарда имеет более высокую эффективность в отношении выявления ранних проявлений нарушения механики миокарда и субклинических признаков сердечной недостаточности.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. Бантьева М.Н., Прилипко Н.С. Возрастные аспекты заболеваемости взрослого населения по обращаемости в амбулаторно-поликлинические учреждения. Социальные аспекты здоровья населения. 2013; 4: 37–41.
2. Карпов Ю.А. Диагностика и лечение хронической ишемической болезни сердца: клинические рекомендации. М.; 2013. 69.
3. Самородская И.В. Острые формы ишемической болезни сердца: необходимость решения проблемы сопоставимости данных о распространенности и летальности. Болезни сердца и сосудов. 2010; 1: 25–28.
4. Дубинин К.Н., Хлопина И.А., Плакуев А.Н., Суханова Н.С. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний у студентов-медиков. Международный научно-исследовательский журнал. 2015; 8 (39): 94–101.
5. Сайгитов Р.Т., Чулок А.А. Сердечно-сосудистые заболевания в контексте социально-экономических приоритетов долгосрочного развития России. Вестник РАМН. 2015; 70: 286–299.

6. Дюжева Е.В., Романов К.А. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и инвалидизация лиц, содержащихся в учреждениях уголовно-исполнительной системы России. Молодой ученый. 2015; 15: 276–280.
7. Roger V.L., Lloyd-Jones D.M., Adams R.J., Berry J., Brown T., Carnethon R., Shifan D., Simone G., Ford E., Fox C., Fullerton H., Gillespie C., Greenlund K., Hailpern S., Heit J., Ho P., Howard V., Kissela B., Kittner S., Lackland D., Lichtmann J., Lisabeth L., Makuc D., Marcus G., Marelli A., Matchar D., McDermott M., Meigs J., Moy C., Mozaffarian D., Mussolino M., Nichol G., Paynter N., Rosamond W., Sorlie P., Stafford R., Turan T., Turner M., Wong N., Wylie-Rosett J. Heart disease and stroke statistics – 2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2011; 123: 18–209.
8. Апрощенко Е.С., Апрощенко И.Е. Коронарная болезнь сердца у женщин: клинико-эпидемиологические особенности. Проблемы женского здоровья. 2012; 7 (4): 62–69.
9. Бойцов С.А., Проваторов С.И. Сердечно-сосудистые заболевания в Российской Федерации: основные составляющие смертности и направления профилактики. Вестник Росздравнадзора. 2018; 5: 12–18.
10. Vos T., Flaxman A.D., Naghavi M. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012; 380: 2163–2196.
11. Мареев В.Ю., Фомин И.Б., Агеев Ф.Т. Сердечная недостаточность: хроническая и острая декомпенсированная. Диагностика, профилактика и лечение. Кардиология. 2018; 6: 8–158.
12. Душина А.Г., Лопина Е.А., Либис Р.А. Особенности хронической сердечной недостаточности в зависимости от фракции выброса левого желудочка. Российский кардиологический журнал. 2019; 2: 7–11.
13. Терещенко С.Н., Жиров И.В. Хроническая сердечная недостаточность: новые вызовы и новые перспективы. Терапевтический архив. 2017; 9: 4–9.
14. Целуйко В.И., Киношенко К.Ю., Мищук Н.Е. Оценка деформации миокарда левого желудочка в клинической практике. Фармакотерапия. 2014; 9: 52–58.
15. Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П. Национальные рекомендации ВНОК и ОССН по диагностике и лечению ХСН – 2009 (третий пересмотр). Сердечная недостаточность. 2010; 11: 13–62.
16. Макмюррей Д., Адамопулус С., Анкер С. Рекомендации Европейского общества кардиологов (ЕОК) по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности – 2012. Российский кардиологический журнал. 2012; 4: 1–68.
17. Ponikowski P., Voors A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J., Coats A., Falk V., Gonzalez-Juanatey J., Harjola V., Jankowska E., Jessup M., Linde C., Nihoyannopoulos P., Parissis J., Pieske B., Riley J., Rosano G., Ruschitzka F., Rutter F., Meier P. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2016; 37 (27): 2129–2200.
18. Черняева Е.И. Структурно-функциональные изменения миокарда у больных с сердечной недостаточностью и сохраненной фракцией выброса левого желудочка в зависимости от наличия фибрилляции предсердий или сохранения синусового ритма. *Universum: медицина и фармакология*. 2019; 5 (60): 4–13.
19. Флаксампф Ф.А. Практическая эхокардиография. Руководство по эхокардиографической диагностике. М.; 2013. 872.
20. Серезина Е.К., Обрезан А.Г. Новые визуализирующие методики в диагностике сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса. Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение. 2019; 3: 52–56.
21. Рябиков А.Н., Гусева В.П., Воронина Е.В., Палехина Ю.Ю., Шахматов С.Г., Вережкин Е.Г., Холмс М.В., Бобак М., Малютин С.К. Продольная деформация миокарда левого желудочка по данным эхокардиографии в популяции: связь с артериальной гипертензией в зависимости от контроля артериального давления. *Артериальная гипертензия*. 2020; 25: 653–664.
22. Luscher T.F. Ejection fraction to classify heart failure: are we using the right thing? *Eur. Heart J*. 2020; 41: 219–222.
23. Обрезан А.Г., Баранов Д.З. Деформация миокарда у больных хронической сердечной недостаточностью. Кардиология. 2019; 59: 88–96.
24. Калинкина Т.В., Ларева Н.В., Чистякова М.В. Современные методы диагностики диастолической дисфункции левого желудочка у больных гипертонической болезнью. Забайкальский медицинский вестник. 2016; 2: 115–120.

25. *Алехин М.Н.* Ультразвуковые методы оценки деформации миокарда и их клиническое значение. М.; 2012. 88.
26. *Ancona R., Pinto S., Caso P., D'Andrea A., Di Salvo G., Arenga F., Coppola M., Sellitto V., Macrino M., Calabro R.* Left Atrium by Echocardiography in Clinical Practice: From Conventional Methods to New Echocardiographic Techniques. *The Scientific World Journal.* 2014; 42: 1–15.
27. *Олейников В.Э., Галимская В.А., Донченко И.А., Романовская Е.М.* Оценка деформационных характеристик миокарда технологией двухмерного стрейна у больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. *Кардиология.* 2014; 54: 11–16.
28. *Туаева З.Р., Кириченко Т.И.* Клиническое значение показателей деформации миокарда у пациентов ИБС (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий.* 2014; 1: 164.
29. *Zhang K.W., French B., Khan A., Plappert T., Fang J., Sweitzer N., Borlaug B., Chirinos J., Sutton M., Cappola T., Ky B.* Strain Improves Risk Prediction Beyond Ejection Fraction in Chronic Systolic Heart Failure. *Journal of the American Heart Association.* 2014; 3: 1–10.
30. *Chang S., Lai Y., Yen C., Tsai C., Lin J., Bulwer B., Hung T., Hou C., Kuo J., Hung C., Hwang J., Yeh H.* Cardiac Mechanics and Ventricular Twist by Three-Dimensional Strain Analysis in Relation to B-Type Natriuretic Peptide as a Clinical Prognosticator for Heart Failure Patients. *PLoS ONE.* 2014; 12: 260.
31. *Wang J., Khoury D.S., Yue Y., Torre-Amione G., Nagueh S.* Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 1283–1289.
32. *Сохибназарова В.Х.* Особенности деформации и ротационных свойств миокарда левого желудочка у больных хронической сердечной недостаточностью с сохранной и сниженной фракцией выброса левого желудочка: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2019. 23.
33. *Seward J.B., Hebl V.B.* Left atrial anatomy and physiology of Echo/Doppler assessment. *Curr. Opin. Cardiol.* 2014; 29: 403–407.
34. *Prabhu S., McLellan A., Walters T., Sharma M., Voskoboinik A., Kistler P.* Atrial structure and function and its implications for current and emerging treatments for atrial fibrillation. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2015; 58: 152–167.
35. *Quinones M., Greenberg B., Kopelen H., Koilpillai C., Limacher M., Shindler D., Shelton B., Weiner D.* Echocardiographic predictors of clinical outcome in patients with left ventricular dysfunction enrolled in the SOLVD registry and trials: significance of left ventricular hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000; 35: 1237–1244.
36. *Stampehl M., Mann D., Nguyen J., Cota F., Colmenares C., Dokainish H.* Speckle Stain Echocardiography Predicts Outcome in Patients with Heart Failure with both Depressed and Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *Echocardiography.* 2014; 32: 72–78.
37. *Исламова М.Р., Лазарев П.В., Сафарова А.Ф., Кобалава Ж.Д.* Значение дисфункции правого желудочка, правожелудочково-артериального сопряжения при хронической сердечной недостаточности: роль эхокардиографии. *Кардиология.* 2018; 58: 82–90.
38. *Потешкина Н.Г., Демкина А.Е., Крылова Н.С., Ковалевская Е.А., Хашиева Ф.М.* Вклад дисфункции правого желудочка в картину хронической сердечной недостаточности у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией. *Российский кардиологический журнал.* 2016; 8 (136): 53–57.
39. *Павлюкова Е.Н., Кузель Д.А., Матюшин Г.В., Савченко Е.А., Филиппова С.А.* Ротация, скручивание и раскручивание левого желудочка: физиологическая роль и значение в клинической практике. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии.* 2015; 11: 68–78.
40. *Brown J., Jenkins C., Marwick T.H.* Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: a comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *Am. Heart J.* 2009; 157: 101–105.
41. *Baum J., Beeres F., Van Hall S., Boering Y., Kehmeier E., Zeus T., Meyer C., Rassaf T., Kelm M., Bazler J.* Three-dimensional speckle tracking echocardiography for the evaluation of segmental myocardial deformation. *J. Biomed. Graph. Comput.* 2014; 4: 23–32.
42. *Citro R., Baldi C., Lancellotti P., Silverio A., Provenza G., Bellino M., Di Muro M., Mastrogiovanni G., De Rosa R., Galasso G., Bossone E., Giudice P., Piscione F.* Global longitudinal strain predicts outcome after MitraClip implantation for secondary mitral regurgitation. *J. Cardiovasc. Med.* 2017; 18: 669–678.
43. *Hiemstra Y., Tomsic A., van Wijngaarden S., Palmen M., Klautz R., Bax J., Delgado V., Marsan N.* Prognostic Value of Global Longitudinal Strain and Etiology After Surgery for Primary Mitral Regurgitation. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imaging.* 2020; 13: 577–585.

44. *Namazi F., van der Bijl P., Hirasawa K., Kamperidis V., van Wijngaarden S., Mertens B., Leon M., Hahn R., Stone G., Narula J., Marsan N., Delgado V., Bax J.* Prognostic Value of Left Ventricular Global Longitudinal Strain in Patients With Secondary Mitral Regurgitation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020; 75: 750–758.
45. *Wehner G.J., Jing L., Haggerty C.M., Suever J., Leader J., Hartzel D., Kirchner H., Manus J., James N., Ayar Z., Gladding P., Good C., Cleland J., Fornwalt B.* Routinely reported ejection fraction and mortality in clinical practice: where does the nadir of risk lie? *Eur. Heart J.* 2020; 41: 1249–1257.
46. *Стукалова О.В., Меладзе Н.В., Буторова Е.А., Певзнер Д.В., Терновой С.К.* МР-томография сердца у пациента с изолированным инфарктом правого желудочка. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2018; 8: 268–272.
47. *Сохибназарова В.Х., Саидова М.А., Терещенко С.Н.* Оценка деформации и ротационных свойств миокарда у больных ХСН с сохранной и сниженной систолической функцией левого желудочка с использованием новых эхокардиографических технологий недоплеровского изображения миокарда в двумерном и трехмерном режимах. *Кардиологический вестник.* 2017; 4: 59–65.
48. *Romano S., Judd R., Kim R., Heitner J., Shah D., Shenoy C., Evans K., Romer B., Salazar P., Farzaneh-Far A.* Feature-Tracking Global Longitudinal Strain Predicts Mortality in Patients With Preserved Ejection Fraction: A Multicenter Study. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imaging.* 2019; 19: 50–57.
49. *Amzulescu M.S., De Craene M., Langet H., Pasquet A., Vancraeynest D., Pouleur A.C., Vanoverschelde J.L., Gerber B.L.* Myocardial strain imaging: review of general principles, validation, and sources of discrepancies. *Eur. Heart. J. Cardiovasc. Imaging.* 2019; 20: 605–619.

*Поступила в редакцию 20.04.2020; принята 20.07.2020.*

#### **Авторский коллектив**

**Мухаметгареева Айгуль Вильевна** – исполняющая обязанности заведующего отделением функциональной и ультразвуковой диагностики стационара, врач функциональной диагностики, БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 69/1; аспирант, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: vilevna.80@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7611-7430>.

**Кашталап Василий Васильевич** – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры кардиологии, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: v\_kash@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3729-616X>.

**Молчанов Андрей Николаевич** – кандидат медицинских наук, врач – сердечно-сосудистый хирург кардиохирургического отделения № 1, БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 69/1; доцент кафедры кардиологии, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: amolchanov432@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9419-1167>.

**Воробьев Антон Сергеевич** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры кардиологии, ведущий научный сотрудник научно-образовательного центра Медицинского института, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: a.s.vorobyov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4279-7578>.

**Урванцева Ирина Александровна** – кандидат медицинских наук, главный врач, БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 69/1; заведующая кафедрой кардиологии, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: priem@cardioc.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5545-9826>.

**Ромашкин Валерий Викторович** – заместитель главного врача по медицинской части, врач – сердечно-сосудистый хирург, БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Окружной кардиологический диспансер «Центр диагностики и сердечно-сосудистой хирургии». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 69/1; e-mail: romashkin@cardioc.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1611-1322>.

**Коваленко Людмила Васильевна** – доктор медицинских наук, профессор, директор Медицинского института, заведующая кафедрой патофизиологии и общей патологии, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет». 628412, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1; e-mail: medsurdirector@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5923-0340>.

#### Образец цитирования

Мухаметгареева А.В., Каушалан В.В., Молчанов А.Н., Воробьев А.С., Урванцева И.А., Ромашкин В.В., Коваленко Л.В. Возможности использования ультразвуковой оценки деформации миокарда левого желудочка в кардиологии. Ульяновский медико-биологический журнал. 2020; 3: 28–43. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-28-43.

## APPLICATION OF ULTRASOUND ASSESSMENT OF LEFT VENTRICULAR CARDIAC STRAIN IN CARDIOLOGY

A.V. Mukhametgareeva<sup>1,2</sup>, V.V. Kashtalap<sup>1</sup>, A.N. Molchanov<sup>1,2</sup>,  
A.S. Vorob'ev<sup>1</sup>, I.A. Urvantseva<sup>1,2</sup>, V.V. Romashkin<sup>2</sup>, L.V. Kovalenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Surgut State University, Surgut, Russia;

<sup>2</sup>District Cardiological Dispensary, Center for Diagnostics and Cardiovascular Surgery, Surgut, Russia

*Cardiovascular diseases (CVDs) remain one of the most urgent health problems worldwide. These diseases cover a large population groups and affect all age groups regardless of gender. Heart failure (HF), as a natural complication of most CVDs, is not an exclusive disease of the elderly people. There are numerous and complex pathophysiological mechanisms that operate regardless of age and cause HF. These include traditional cardiovascular risk factors (arterial hypertension, dyslipidemia, overweight), low living standards, and problematic access to health system due to socio-economic inequalities. Special attention is currently paid to the problem of early heart failure diagnosis. So, today the medical community is discussing the possibility of using such a non-invasive technique as ultrasound to study cardiac strain.*

*Currently, ultrasound is an affordable and highly informative technique for early diagnosis of HF manifestations. The authors consider the issue of not only clinical, but also prognostic significance of cardiac strain indicators in patients with CVD and HF. This review highlights the main issues of cardiac strain assessment, ultrasound advantages and limitations. The authors studied publicly available literature and analyzed promising directions for ultrasound application in modern cardiology. For literary analysis, the resources of PubMed, eLibrary, CyberLeninka, MedLine, Google Scholar, and Elsevier were used.*

**Keywords:** heart failure, echocardiography, cardiac strain, cardiovascular risk.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

#### References

1. Bant'eva M.N., Prilipko N.S. Vozrastnye aspekty zaboлеваemosti vzroslogo naseleniya po obrashchae-mosti v ambulatorno-poliklinicheskie uchrezhdeniya [Age aspects of adult morbidity in outpatient clinics]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*. 2013; 4: 37–41 (in Russian).
2. Karpov Yu.A. *Diagnostika i lechenie khronicheskoy ishemicheskoy bolezni serdtsa: klinicheskie rekomendatsii* [Diagnosis and treatment of chronic ischemic heart disease: Clinical guidelines]. Moscow; 2013. 69 (in Russian).
3. Samorodskaya I.V. Ostrye formy ishemicheskoi bolezni serdtsa: neobkhodimost' resheniya problemy sopostavimosti dannykh o rasprostranennosti i letal'nosti [Acute forms of coronary heart disease: Problem of prevalence and mortality data comparability]. *Bolezni serdtsa i sosudov*. 2010; 1: 25–28 (in Russian).
4. Dubinin K.N., Khlopina I.A., Plakuev A.N., Sukhanova N.S. Faktory riska serdechno-sosudistykh zabolevaniy u studentov-medikov [Risk factors for cardiovascular disease in medical students]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2015; 8 (39): 94–101 (in Russian).
5. Saygitov R.T., Chulok A.A. Serdechno-sosudistye zabolevaniya v kontekste sotsial'no-ekonomicheskikh prioritov dolgosrochnogo razvitiya Rossii [Cardiovascular diseases in the context of socio-economic priorities for the long-term development of Russia]. *Vestnik RAMN*. 2015; 70: 286–299 (in Russian).

6. Dyuzheva E.V., Romanov K.A. Epidemiologiya serdechno-sosudistyx zabolovaniy i invalidizatsiya lits, sodержashchikhsya v uchrezhdeniyakh ugolovno-ispolnitel'noy sistemy Rossii [Epidemiology of cardiovascular diseases and disability of persons held in correctional system facilities in Russia]. *Molodoy uchenyy*. 2015; 15: 276–280 (in Russian).
7. Roger V.L., Lloyd-Jones D.M., Adams R.J., Berry J., Brown T., Carnethon R., Shifan D., Simone G., Ford E., Fox C., Fullerton H., Gillespie C., Greenlund K., Hailpern S., Heit J., Ho P., Howard V., Kissela B., Kittner S., Lackland D., Lichtmann J., Lisabeth L., Makuc D., Marcus G., Marelli A., Matchar D., McDermott M., Meigs J., Moy C., Mozaffarian D., Mussolino M., Nichol G., Paynter N., Rosamond W., Sorlie P., Stafford R., Turan T., Turner M., Wong N., Wylie-Rosett J. Heart disease and stroke statistics – 2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2011; 123: 18–209.
8. Atroshchenko E.S., Atroshchenko I.E. Koronarnaya bolezni' serdtsa u zhenshchin: kliniko-epidemiologicheskie osobennosti [Coronary heart disease in women: Clinical and epidemiological features]. *Problemy zhenskogo zdorov'ya*. 2012; 7 (4): 62–69 (in Russian).
9. Boytsov S.A., Provatorov S.I. Serdechno-sosudistye zabolovaniya v Rossiyskoy Federatsii: osnovnye sostavlyayushchie smertnosti i napravleniya profilaktiki [Cardiovascular diseases in the Russian Federation: Main components of mortality and prevention]. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2018; 5: 12–18 (in Russian).
10. Vos T., Flaxman A.D., Naghavi M. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012; 380: 2163–2196.
11. Mareev V.Yu., Fomin I.B., Ageev F.T. Serdechnaya nedostatochnost': khronicheskaya i ostraya dekompensirovannaya. Diagnostika, profilaktika i lechenie [Chronic and acute decompensated heart failure]. *Kardiologiya*. 2018; 6: 8–158 (in Russian).
12. Dushina A.G., Lopina E.A., Libis R.A. Osobennosti khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti v zavisimosti ot fraktsii vybrosa levogo zheludochka [Features of chronic heart failure depending on the left ventricular ejection fraction]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2019; 2: 7–11 (in Russian).
13. Tereshchenko S.N., Zhirov I.V. Khronicheskaya serdechnaya nedostatochnost': novye vyzovy i novye perspektivy [Chronic heart failure: New challenges and new prospects]. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2017; 9: 4–9 (in Russian).
14. Tseluyko V.I., Kinoshenko K.Yu., Mishchuk N.E. Otsenka deformatsii miokarda levogo zheludochka v klinicheskoy praktike [Evaluation of left ventricular cardiac strain in clinical practice]. *Farmakoterapiya*. 2014; 9: 52–58 (in Russian).
15. Mareev V.Yu., Ageev F.T., Arutyunov G.P. Natsional'nye rekomendatsii VNOK I OASN po diagnostike i lecheniyu KhSN – 2009 (tretiy peresmotr) [National recommendations of Russian Society of Cardiology and Society for Heart Failure Specialists for CHF diagnosis and treatment - 2009 (third revision)]. *Serdechnaya nedostatochnost'*. 2010; 11: 13–62 (in Russian).
16. Makmyurrey D., Adamopolus S., Anker S. Rekomendatsii Evropeyskogo obshchestva kardiologov (EOK) po diagnostike i lecheniyu ostroy i khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti – 2012 [Recommendations of the European Society of Cardiology (EOC) for diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure – 2012]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2012; 4: 1–68 (in Russian).
17. Ponikowski P., Voors A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J., Coats A., Falk V., Gonzalez-Juanatey J., Harjola V., Jankowska E., Jessup M., Linde C., Nihoyannopoulos P., Parissis J., Pieske B., Riley J., Rosano G., Ruschitzka F., Rutter F., Meier P. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2016; 37 (27): 2129–2200.
18. Chernyaeva E.I. Strukturno-funktsional'nye izmeneniya miokarda u bol'nykh s serdechnoy nedostatochnost'yu i sokhranennoy fraktsiei vybrosa levogo zheludochka v zavisimosti ot nalichiya fibrillyatsii predserdiy ili sokhraneniya sinusovogo ritma [Structural and functional changes in myocardium in patients with heart failure and preserved left ventricular ejection fraction, depending on atrial fibrillation or sinus rhythm]. *Universum: meditsina i farmakologiya*. 2019; 5 (60): 4–13 (in Russian).
19. Flakskampf F.A. Prakticheskaya ekhokardiografiya. *Rukovodstvo po ekhokardiograficheskoy diagnostike* [Practical echocardiography]. Moscow; 2013. 872 (in Russian).
20. Serezhina E.K., Obrezan A.G. Novye vizualiziruyushchie metodiki v diagnostike serdechnoy nedostatochnosti s sokhrannoy fraktsiei vybrosa. Russkiy meditsinskiy zhurnal [New imaging techniques in the diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction]. *Meditsinskoe obozrenie*. 2019; 3: 52–56 (in Russian).

21. Ryabikov A.N., Guseva V.P., Voronina E.V., Palekhina Yu.Yu., Shakhmatov S.G., Verevkin E.G., Kholms M.V., Bobak M., Malyutina S.K. Prodol'naya deformatsiya miokarda levogo zheludochka po dannym ekhokardiografii v populyatsii: svyaz' s arterial'noy gipertenziey v zavisimosti ot kontrolya arterial'nogo davleniya [Longitudinal deformity of left ventricular myocardium according to population echocardiography: Association with arterial hypertension depending on blood pressure control]. *Arterial'naya gipertenziya*. 2020; 25: 653–664 (in Russian).
22. Luscher T.F. Ejection fraction to classify heart failure: are we using the right thing? *Eur. Heart J.* 2020; 41: 219–222.
23. Obrezan A.G., Baranov D.Z. Deformatsiya miokarda u bol'nykh khronicheskoy serdechnoy nedostatochnost'yu [Cardiac strain in patients with chronic heart failure]. *Kardiologiya*. 2019; 59: 88–96 (in Russian).
24. Kalinkina T.V., Lareva N.V., Chistyakova M.V. Sovremennyye metody diagnostiki diastolicheskoy disfunktsii levogo zheludochka u bol'nykh gipertonicheskoy bolezn'yu [Current methods of left ventricular diastolic dysfunction diagnostics in hypertensive patients]. *Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik*. 2016; 2: 115–120 (in Russian).
25. Alekhin M.N. *Ul'trazvukovyye metody otsenki deformatsii miokarda i ikh klinicheskoe znachenie* [Ultrasound methods for myocardial deformation assessment and their clinical significance]. Moscow; 2012. 88 (in Russian).
26. Ancona R., Pinto S., Caso P., D'Andrea A., Di Salvo G., Arenga F., Coppola M., Sellitto V., Macrino M., Calabro R. Left Atrium by Echocardiography in Clinical Practice: From Conventional Methods to New Echocardiographic Techniques. *The Scientific World Journal*. 2014; 42: 1–15.
27. Oleynikov V.E., Galimskaya V.A., Donchenko I.A., Romanovskaya E.M. Otsenka deformatsionnykh kharakteristik miokarda tekhnologiy dvukhmernogo streyna u bol'nykh ostrym infarktomy miokarda s pod'emom segmenta ST [Assessment of cardiac strain with two-dimensional strain technology in patients with acute myocardial infarction and ST segment elevation]. *Kardiologiya*. 2014; 54: 11–16 (in Russian).
28. Tuaeve Z.R., Kirichenko T.I. Klinicheskoe znachenie pokazateley deformatsii miokarda u patsientov IBS (obzor literatury) [Clinical significance of cardiac strain indicators in patients with coronary artery disease (literature review)]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2014; 1: 164 (in Russian).
29. Zhang K.W., French B., Khan A., Plappert T., Fang J., Sweitzer N., Borlaug B., Chirinos J., Sutton M., Cappola T., Ky B. Strain Improves Risk Prediction Beyond Ejection Fraction in Chronic Systolic Heart Failure. *Journal of the American Heart Association*. 2014; 3: 1–10.
30. Chang S., Lai Y., Yen C., Tsai C., Lin J., Bulwer B., Hung T., Hou C., Kuo J., Hung C., Hwang J., Yeh H. Cardiac Mechanics and Ventricular Twist by Three-Dimensional Strain Analysis in Relation to B-Type Natriuretic Peptide as a Clinical Prognosticator for Heart Failure Patients. *PLoS ONE*. 2014; 12: 260.
31. Wang J., Khoury D.S., Yue Y., Torre-Amione G., Nagueh S. Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure. *Eur. Heart J.* 2008; 29: 1283–1289.
32. Sokhibnazarova V.Kh. *Osobennosti deformatsii i rotatsionnykh svoystv miokarda levogo zheludochka u bol'nykh khronicheskoy serdechnoy nedostatochnost'yu s sokhrannoy i snizhennoy fraktsiey vybroza levogo zheludochka* [Peculiarities of deformation and rotational properties of left ventricular myocardium in patients with chronic heart failure and intact and reduced left ventricular ejection fraction]: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Moscow; 2019. 23 (in Russian).
33. Seward J.B., Hebl V.B. Left atrial anatomy and physiology of Echo/Doppler assessment. *Curr. Opin. Cardiol.* 2014; 29: 403–407.
34. Prabhu S., McLellan A., Walters T., Sharma M., Voskoboinik A., Kistler P. Atrial structure and function and its implications for current and emerging treatments for atrial fibrillation. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2015; 58: 152–167.
35. Quinones M., Greenberg B., Kopelen H., Koilpillai C., Limacher M., Shindler D., Shelton B., Weiner D. Echocardiographic predictors of clinical outcome in patients with left ventricular dysfunction enrolled in the SOLVD registry and trials: significance of left ventricular hypertrophy. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2000; 35: 1237–1244.
36. Stampehl M., Mann D., Nguyen J., Cota F., Colmenares C., Dokainish H. Speckle Stain Echocardiography Predicts Outcome in Patients with Heart Failure with both Depressed and Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *Echocardiography*. 2014; 32: 72–78.

37. Islamova M.R., Lazarev P.V., Safarova A.F., Kobalava Zh.D. Znachenie disfunktsii pravogo zheludochka, pravozheludochkovo-arterial'nogo sopryazheniya pri khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti: rol' ekhokardiografii [Significance of right ventricular dysfunction, right ventricular-arterial conjugation in chronic heart failure: Ultrasonic cardiography role]. *Kardiologiya*. 2018; 58: 82–90 (in Russian).
38. Poteshkina N.G., Demkina A.E., Krylova N.S., Kovalevskaya E.A., Khashieva F.M. Vklad disfunktsii pravogo zheludochka v kartinu khronicheskoy serdechnoy nedostatochnosti u patsientov s gipertroficheskoy kardiomiopatiey [Impact of the right ventricle dysfunction on chronic heart failure presentation in patients with hypertrophic cardiomyopathy]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2016; 8 (136): 53–57 (in Russian).
39. Pavlyukova E.N., Kuzhel' D.A., Matyushin G.V., Savchenko E.A., Filippova S.A. Rotatsiya, skruzhivanie i raskruzhivanie levogo zheludochka: fiziologicheskaya rol' i znachenie v klinicheskoy praktike [Left Ventricular rotation, twist and untwist: physiological role and clinical relevance]. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii*. 2015; 11: 68–78 (in Russian).
40. Brown J., Jenkins C., Marwick T.H. Use of myocardial strain to assess global left ventricular function: a comparison with cardiac magnetic resonance and 3-dimensional echocardiography. *Am. Heart J.* 2009; 157: 101–105.
41. Baum J., Beeres F., Van Hall S., Boering Y., Kehmeier E., Zeus T., Meyer C., Rassaf T., Kelm M., Bazler J. Three-dimensional speckle tracking echocardiography for the evaluation of segmental myocardial deformation. *J. Biomed. Graph. Comput.* 2014; 4: 23–32.
42. Citro R., Baldi C., Lancellotti P., Silverio A., Provenza G., Bellino M., Di Muro M., Mastrogiovanni G., De Rosa R., Galasso G., Bossone E., Giudice P., Piscione F. Global longitudinal strain predicts outcome after MitraClip implantation for secondary mitral regurgitation. *J. Cardiovasc. Med.* 2017; 18: 669–678.
43. Hiemstra Y., Tomsic A., van Wijngaarden S., Palmén M., Klautz R., Bax J., Delgado V., Marsan N. Prognostic Value of Global Longitudinal Strain and Etiology After Surgery for Primary Mitral Regurgitation. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imaging*. 2020; 13: 577–585.
44. Namazi F., van der Bijl P., Hirasawa K., Kamperidis V., van Wijngaarden S., Mertens B., Leon M., Hahn R., Stone G., Narula J., Marsan N., Delgado V., Bax J. Prognostic Value of Left Ventricular Global Longitudinal Strain in Patients With Secondary Mitral Regurgitation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2020; 75: 750–758.
45. Wehner G.J., Jing L., Haggerty C.M., Suever J., Leader J., Hartzel D., Kirchner H., Manus J., James N., Ayar Z., Gladding P., Good C., Cleland J., Fornwalt B. Routinely reported ejection fraction and mortality in clinical practice: where does the nadir of risk lie? *Eur. Heart J.* 2020; 41: 1249–1257.
46. Stukalova O.V., Meladze N.V., Butorova E.A., Pevzner D.V., Ternovoy S.K. MR-tomografiya serdtsa u patsienta s izolirovannym infarktomyokarda pravogo zheludochka [Cardiac MRI in patient with isolated myocardial infarction of the right ventricle]. *Rossiyskiy elektronnyy zhurnal luchevoy diagnostiki*. 2018; 8: 268–272 (in Russian).
47. Sokhibnazarova V.Kh., Saidova M.A., Tereshchenko S.N. Otsenka deformatsii i rotatsionnykh svoystv miokarda u bol'nykh KhSN s sokhrannoy i snizhennoy sistolicheskoy funktsiey levogo zheludochka s ispol'zovaniem novykh ekhokardiograficheskikh tekhnologiy nedoplerovskogo izobrazheniya miokarda v dvumernom i trekhmernom rezhimakh [Evaluation of myocardium deformation and rotational properties in patients with CHF and intact and reduced systolic function of the left ventricle using new echocardiographic technologies of non-Doppler myocardial imaging in two-dimensional and three-dimensional modes]. *Kardiologicheskiy vestnik*. 2017; 4: 59–65 (in Russian).
48. Romano S., Judd R., Kim R., Heitner J., Shah D., Shenoy C., Evans K., Romer B., Salazar P., Farzaneh-Far A. Feature-Tracking Global Longitudinal Strain Predicts Mortality in Patients With Preserved Ejection Fraction: A Multicenter Study. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imaging*. 2019; 19: 50–57.
49. Amzulescu M.S., De Craene M., Langet H., Pasquet A., Vancraeynest D., Pouleur A.C., Vanoverschelde J.L., Gerber B.L. Myocardial strain imaging: review of general principles, validation, and sources of discrepancies. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2019; 20: 605–619.

Received 20 April 2020; accepted 20 July 2020.

**Information about the authors**

**Mukhametgareeva Aygul' Vil'evna**, Vice Head of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics, Functional Diagnostics Doctor, District Cardiological Dispensary, Center for Diagnostics and Cardiovascular Surgery, Postgraduate Student, Chair of Cardiology, Medical Institute. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 69/1; Postgraduate Student, Surgut State University. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 1; e-mail: vilevna.80@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7611-7430>.

**Kashtalap Vasilij Vasil'evich**, Doctor of Sciences (Medicine), Associate Professor, Professor of the Chair of Cardiology, Medical Institute, Surgut State University. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 1; e-mail: v\_kash@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3729-616X>.

**Molchanov Andrey Nikolaevich**, Candidate of Sciences (Medicine), Cardiovascular Surgeon, Cardiac Surgery Department No. 1, Regional Cardiological Dispensary, Center for Diagnostics and Cardiovascular Surgery, the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 69/1; Associate Professor, Chair of Cardiology, Surgut State University. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 1; e-mail: amolchanov432@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9419-1167>.

**Vorob'ev Anton Sergeevich**, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Cardiology, Leading Researcher, Scientific and Educational Center, Medical Institute, Surgut State University. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 1; e-mail: a.s.vorobyov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4279-7578>.

**Urvantseva Irina Aleksandrovna**, Candidate of Sciences (Medicine), Chief Physician, Regional Cardiological Dispensary, Center for Diagnostics and Cardiovascular Surgery, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 69/1; Head of the Chair of Cardiology, Surgut State University. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 1; e-mail: priem@cardioc.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5545-9826>.

**Romashkin Valeriy Viktorovich**, Deputy Chief Physician for Medical Affairs, Cardiovascular Surgeon, Regional Cardiological Dispensary, Center for Diagnostics and Cardiovascular Surgery, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 69/1; e-mail: romashkin@cardioc.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1611-1322>.

**Kovalenko Lyudmila Vasil'evna**, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Director of the Medical Institute, Head of the Chair of Pathophysiology and General Pathology, Surgut State University. 628412, Russia, Surgut, Lenin Ave., 1; e-mail: medsurdirector@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5923-0340>.

**For citation**

Mukhametgareeva A.V., Kashtalap V.V., Molchanov A.N., Vorob'ev A.S., Urvantseva I.A., Romashkin V.V., Kovalenko L.V. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya ul'trazvukovoy otsenki deformatsii miokarda levogo zheludochka v kardiologii* [Application of ultrasound assessment of left ventricular cardiac strain in cardiology]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal*. 2020; 3: 28–43. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-3-28-43 (in Russian).