

# Хроническая сердечная недостаточность и легочная гипертензия: трудности оценки прогноза и возможные решения

Мареева В.А.<sup>1\*</sup>, Клименко А.А.<sup>1,2,3</sup>, Шостак Н.А.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>2</sup> Городская клиническая больница № 1 имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>3</sup> Московский городской ревматологический центр, Москва, Россия

Легочная гипертензия и дисфункция правых отделов сердца нередко осложняют течение хронической сердечной недостаточности. В свою очередь, присоединение данных патологических состояний, значительно увеличивает частоту госпитализаций и ухудшает прогнозы выживаемости. Следовательно, оценка риска неблагоприятных исходов в группе таких пациентов чрезвычайно важна. Поиск и детальное изучение наиболее удобного, доступного и малоинвазивного маркера прогноза, является актуальной задачей в настоящее время. В обзорной статье, основанной на анализе литературы за последние 20 лет, посвященной проблеме легочной гипертензии и хронической сердечной недостаточности, в качестве одного из таких маркеров, рассматривается относительно «молодой», полученный с помощью эхокардиографического исследования, параметр – правожелудочково-артериальное сопряжение, отражающее работу и взаимодействие в системе «правый желудочек-легочная артерия». В статье описывается несколько вариантов оценки этой системы, особое внимание уделяя наиболее распространенной и значимой форме подсчета правожелудочково-артериального сопряжения – соотношению амплитуды систолического движения кольца трикуспидального клапана к систолическому давлению в легочной артерии (TAPSE/СДЛА).

**Ключевые слова:** хроническая сердечная недостаточность, легочная гипертензия, правожелудочково-артериальное сопряжение, эхокардиография, легочная артерия, правый желудочек.

**Для цитирования:** Мареева В.А., Клименко А.А., Шостак Н.А. Хроническая сердечная недостаточность и легочная гипертензия: трудности оценки прогноза и возможные решения. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2023;19(1):71-76. DOI:10.20996/1819-6446-2023-01-01.

## Chronic Heart Failure and Pulmonary Hypertension: Difficulties in Assessment of Prognosis and Potential Solutions

Mareyeva V.A.<sup>1\*</sup>, Klimenko A.A.<sup>1,2,3</sup>, Shostak N.A.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Pirogov Russian national medical research university, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Public clinical hospital No. 1 named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

<sup>3</sup> Moscow public rheumatology center, Moscow, Russia

Pulmonary hypertension and right heart dysfunction often complicate the course of chronic heart failure. At the same time, the addition of these pathological conditions significantly increases the frequency of hospitalizations and worsens survival prognosis. That is why the assessment of the unfavorable outcome's risk in the group of such patients is extremely important. This problem draws an interest for a more detailed study, considering the fact that the most convenient, accessible and minimally invasive prognosis marker has still being searched for nowadays. In this review article, which is based on the analysis of literature over the past 20 years dedicated to the problem of pulmonary hypertension and chronic heart failure, right ventricular-arterial coupling, has been considered as a relatively new parameter and as an example of one of these prognostic markers. This parameter can be assessed by echocardiography examination and our article describes several options of calculating it, including one of the most popular and valuable ratio of tricuspidal anular plane systolic excursion to the systolic pulmonary artery pressure (TAPSE/sPAP).

**Key-words:** heart failure, pulmonary hypertension, right ventricular dysfunction, pulmonary artery, echocardiography.

**For citation:** Mareyeva V.A., Klimenko A.A., Shostak N.A. Chronic Heart Failure and Pulmonary Hypertension: Difficulties in Assessment of Prognosis and Potential Solutions. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2023;19(1):71-76. DOI:10.20996/1819-6446-2023-01-01.

\*Corresponding Author (Автор, ответственный за переписку): m.varvara07@yandex.ru

## Введение

Легочная гипертензия (ЛГ) – это распространенное заболевание сердечно-сосудистой системы, охватывающее около 1% населения [1].

В общепризнанной классификации форм ЛГ выделены 5 групп причин, лежащих в основе этого патофизиологического состояния [1], вызывающие повышение среднего давления в легочной артерии

(СрДЛА) и приводящие к нарастающим гемодинамическим нарушениям. К одной из наиболее частых причин возникновения ЛГ, наблюдающихся у 75% таких больных, относится группа заболеваний, связанных с патологией левых отделов сердца. Известно, что признаки ЛГ выявляются у 60% пациентов, страдающих хронической сердечной недостаточностью (ХСН) вследствие систолической дисфункции левого желудочка (ЛЖ). При изолированной диастолической дисфункции ЛЖ, встречаемость ЛГ возрастает до 70% пациентов [2].

Received/Поступила: 22.08.2022

Accepted/Принята в печать: 03.10.2022

Проблема ЛГ, ассоциированной с ХСН (ЛГ-ХСН), изучается на протяжении длительного времени и является актуальной в настоящий момент. В исследовании 2018 г., была установлена корреляция между прогрессированием сердечной недостаточности и нарастанием показателей легочной гемодинамики. Показано, что частота госпитализаций у пациентов с ЛГ-ХСН значительно выше, чем у пациентов с прекапиллярной ЛГ, причем, смертность была выше в группе пациентов с ХСН и сниженной фракцией выброса ЛЖ (СНнФВ) [3].

В клинической практике, повышение давления в легочной артерии (ЛА) на начальных этапах чаще всего протекает бессимптомно. Как правило, ЛГ и сопутствующее нарастание дисфункции правых отделов сердца, регистрируются уже на более поздних стадиях, когда наблюдается ярко выраженная клиническая симптоматика, а прогнозы становятся менее благоприятными. Поэтому важно как можно раньше начинать прогностическую оценку таких пациентов.

Цель данной обзорной статьи – проанализировать по данным литературных источников (Табл. П1 Приложения), сравнительно новый, неиспользуемый в рутинной практике прогностический маркер неблагоприятного исхода в группе пациентов с ЛГ-ХСН.

## **Диагностика ЛГ-ХСН**

С целью верификации и определения гемодинамического варианта ЛГ, в качестве «золотого стандарта» диагностики, проводится катетеризация правых отделов сердца (КПОС) [4], с определением таких актуальных и наиболее информативных параметров как СрДЛА, давление заклинивания легочной артерии и легочное сосудистое сопротивление [5]. Помимо этого, КПОС позволяет оценить давление в правом предсердии (ПП), которое в настоящее время, наряду с сердечным индексом и сатурацией кислорода в смешанной венозной крови, обладает наиболее сильной прогностической значимостью у пациентов с ЛГ [1]. И все же, несмотря на высокую информативность, КПОС – исследование дорогостоящее, требует специализированного оборудования и специально обученный медицинский персонал, что обуславливает его труднодоступность.

Одним из наиболее простых, менее затратных методов оценки сердечных параметров при ЛГ-ХСН, является трансторакальная доплеровская эхокардиография, которая по некоторым данным, позволяет оценивать параметры легочной гемодинамики, коррелирующие с данными КПОС [6].

На протяжении длительного времени проводятся работы, посвященные поиску наиболее информативных и перспективных прогностических маркеров структурно-функционального состояния сердца, у пациентов с ХСН.

К одному из таких показателей относится фракция выброса (ФВ) ЛЖ, которая считается важным и независимым предиктором неблагоприятного исхода у пациентов с ХСН. В отношении пациентов с ЛГ-ХСН, была обнаружена прямая корреляция между уровнем ФВ и давлением в ЛА. Исследование пожилых пациентов с ХСН, показало, что у больных с установленной ЛГ, ФВ ниже, чем у пациентов без ЛГ [43,9 (95% [ДИ] доверительный интервал 30-55) против 50% (95% ДИ 43-59)]. Более того, прогнозы в первой группе были менее благоприятными [7]. При оценке больных в терминальной стадии хронической болезни почек, осложненной ХСН, в группе пациентов с СНнФВ отмечалась тяжелая степень ЛГ [8].

Показано, что сниженная ФВ, как правило, ассоциируется с худшими прогнозами по сравнению с пациентами с сохраненной ФВ (СНсФВ). Тем не менее, еще в 2003 г., некоторые авторы подчеркивали, что даже при нормальной систолической функции, показатели смертности остаются высокими [9]. Позже, М.М. Redfield и соавт. продемонстрировали, что разница в показателях смертности между пациентами с СНсФВ и СНнФВ небольшая – 29% против 32% в течение 1 года наблюдения и 65% против 68% за 5 лет [10]. По данным Р.Р. Liu и соавт. эта разница в течение 1 года составила 22% против 26% соответственно [11]. В случаях резистентного или выраженного течения заболевания, параметр ФВ также теряет свою прогностическую ценность [12].

Таким образом, возникает необходимость поиска иных прогностических маркеров для раннего выявления пациентов с ХСН высокого риска. Многие такие изученные в дальнейшем параметры (функциональная оценка коронарных артерий, характеристики деформации миокарда, отношение конечного диастолического давления к объему левого желудочка), не имели достаточных доказательств их прогностической ценности [13].

## **Желудочково-артериальное сопряжение**

Одним из перспективных направлений стало изучение желудочково-артериального сопряжения (ЖАС), рассчитываемого как отношение артериального эластанса ( $E_a$  – arterial elastance) к желудочковому эластансу ( $E_{es}$  – end-systolic elastance), впоследствии показавшим себя как многообещающий диагностический маркер. В статье 2008 г. В.А. Borlaug и соавт. была подробно описана патофизиология желудочково-артериальной регидности [14]. Само же понятие ЖАС подразумевает рассмотреть работу желудочков и отходящих от них крупных сосудов как единую систему. В норме такое взаимодействие обеспечивается за счет податливости и эффективной механической работы желудочка (серд-

це – как «насос»), создающего колебания АД, которые компенсируются эластическими свойствами крупных сосудов (сосуды – как постнагрузка/буферная система) [15]. В некоторых исследованиях, показатели ЖАС у пациентов с ХСН коррелировали с функциональным классом по классификации New York Heart Association (NYHA), увеличением уровня натрийуретического пептида и неблагоприятным клиническим исходом [16].

Изучение ЖАС возможно как у левых отделов сердца – оценка системы «ЛЖ-аорта», так и у правых отделов – «правый желудочек-легочная артерия» (ПЖ-ЛА). Работы с пациентами с ХСН преимущественно были посвящены изучению взаимодействия левых отделов сердца с подсчетом левожелудочково-артериального сопряжения. В исследовании 2017 г., этот параметр показал себя как независимый предиктор постинфарктного неблагоприятного ремоделирования ЛЖ [13]. Другая работа продемонстрировала, что риск развития и тяжесть ЛГ возрастает по мере нарушения левожелудочково-артериального сопряжения у пациентов с ишемической кардиомиопатией и постинфарктным кардиосклерозом с сохраненной ФВ [17].

Однако, в случае формирования ЛГ у пациентов с сердечной недостаточностью, больший интерес вызывает изучение дисфункции ПЖ и взаимодействие его с ЛА. Исследования показывают, что изучение состояния правых отделов сердца при ХСН является значимым. Так, например, стало известно, что повышение систолического давления в ПЖ на 5 мм рт.ст. у пациентов с ЛГ-ХСН, увеличивает риск смертности на 9%. Отмечено также, что прирост летальных исходов ассоциировался с повышением систолического давления в ПЖ, как у пациентов с СНсФВ так и с СНнФВ [18]. По результатам систематического обзора литературы в 2016 г., авторы пришли к выводу, что дисфункция ПЖ присутствовала у 20-25% пациентов с СНсФВ, а ЛГ регистрировалась у двух третей этих пациентов [19]. Tavazzi L. и соавт. продемонстрировали низкий уровень выживаемости в группе пациентов с ХСН со сниженной ФВ ПЖ и высоким СрДЛА. При этом не было выявлено существенной разницы в прогнозе у пациентов с высоким СрДЛА, но сохраненной ФВ ПЖ и у пациентов с нормальным СрДЛА [20].

В пользу выбора оценки состояния правых отделов сердца, в группе пациентов с ЛГ-ХСН, также свидетельствуют множественные сложные механизмы связи между правым и левым желудочками, что обуславливает одновременное и параллельное развитие их дисфункций [21]. Так, например, в одном из экспериментов была показана роль сокращения свободной стенки левого желудочка, а также межжелудочковой перегородки в приросте систолического давления и увеличении объема оттока крови из ПЖ, после его хирургической изоляции [22].

Тем не менее, анатомические особенности ПЖ, могут вызвать некоторые сложности при его визуализации и анализе, а оценка ЖАС в виде соотношения Ees и Ea может быть трудновыполнимой, при использовании неинвазивных методов исследования. Хотя, одна из таких попыток была осуществлена в 2019 г., когда с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) после КПОС, были получены результаты, демонстрирующие связь ПЖАС с параметрами, отражающими дисфункцию ПЖ у пациентов с ЛГ [23].

В настоящий момент, в качестве более простого, удобного и воспроизводимого эхокардиографического (ЭхоКГ) показателя, отражающего работу правых отделов сердца, используется амплитуда систолического движения кольца трикуспидального клапана (TAPSE – Tricuspidal Annular Plane Systolic Excursion), которая показывает продольную экскурсию латерального кольца трехстворчатого клапана к верхушке сердца. Изолированный подсчет TAPSE также использовался в прогнозировании исходов. Продemonстрировано, что чем ниже уровень TAPSE у пациентов с СНсФВ, тем выше показатели сердечно-сосудистой смертности [24].

В то же время, ЛГ, напрямую связанная с ПЖ, отражает постнагрузку на него и может быть легко оценена при помощи определения систолического давления в легочной артерии (СДЛА) [25]. Такое отношение TAPSE/СДЛА характеризует взаимодействие в системе «ПЖ-ЛА» и в литературе часто обозначается как правожелудочково-артериальное сопряжение (ПЖАС, в англ. Right Ventricular-Pulmonary Arterial Coupling). Подсчёт ПЖАС, с помощью такой формулы, показывал высокую корреляцию результатов, полученных неинвазивным (ЭхоКГ) и инвазивным (КПОС) методами [26]. Более того, в исследовании K. Tello и соавт., среди различных ЭхоКГ и МРТ параметров, TAPSE/СДЛА был единственным независимым предиктором смертности и частоты госпитализаций, достоверно коррелирующий с показателем Ees/Ea, полученным при КПОС, в группе пациентов с разными формами ЛГ [27].

### **Диагностическая ценность ПЖАС (TAPSE/СДЛА) у пациентов с ЛГ-ХСН**

По различным данным, при исследовании пациентов с СНсФВ, низкие показатели ПЖАС характеризовались худшими прогнозами и клинико-лабораторными результатами [26]. При сравнении групп пациентов страдающих ХСН с разными ФВ, отмечено, что более неблагоприятному прогнозу подвержены пациенты с СНнФВ. Однако при сопоставлении показателей отмечено, что вне зависимости от показателей ФВ, вероятность выживаемости была ниже у тех пациентов, чей уровень ПЖАС был меньше [28]. При сравнении групп СНсФВ и СНнФВ, у впоследствии скончавшихся пациентов, наблюдались более высокие

СДЛА и более низкий TAPSE, причем функция ЛЖ не влияла на показатели TAPSE [29]. В группах пациентов с разными типами ЛГ, низкий уровень ПЖАС, сопровождался значительным ухудшением гемодинамического, функционального и эхокардиографического статуса по сравнению с пациентами со средним и высоким уровнем ПЖАС; при этом пятилетняя общая выживаемость составила 58,1%, 73,0% и 70,0% при низких, средних и высоких значениях TAPSE/СДЛА соответственно [30]. У пациентов со вторичной трикуспидальной регургитацией, ПЖАС был единственным ЭхоКГ параметром, независимо связанным со смертностью от всех причин. Пациенты со сниженным уровнем ПЖАС в этом исследовании, чаще проявляли симптомы сердечной недостаточности, имели большие размеры обоих желудочков и объем левого предсердия; меньшую ФВЛЖ, более тяжелую трикуспидальную регургитацию и чаще имели значительную митральную регургитацию [31]. Оценивая ПЖАС у пациентов с СНФВ, проходящих терапию сердечной ресинхронизации, TAPSE/СДЛА имел клиническое значение: более низкое соотношение TAPSE/СДЛА было связано с меньшей вероятностью ответа на сердечную ресинхронизацию, а также более высокой частотой неблагоприятных сердечно-сосудистых событий [32]. В статьях Т.Н. Magwick и соавт. [33], а также ряде работ, представленных в обзоре Ж.Д. Кобалава и соавт. [34], ПЖАС предстает как убедительный и независимый предиктор плохого прогноза у пациентов с ХСН.

### **Потенциальные сложности**

Несмотря на простоту выполнения и доступность трансторакальной доплеровской ЭхоКГ, полностью заменить ею КПОС не предоставляется возможным, а подсчет ПЖАС, как соотношение TAPSE/СДЛА, хоть и кажется привлекательным, имеет свои ограничения.

Так, трудности и погрешности могут возникнуть на начальном этапе определения TAPSE. В связи с тем, что этот параметр не учитывает движение всего сердца при его сокращении, результаты напрямую зависят от угла расположения ультразвукового датчика к точке движения кольца трикуспидального клапана. Значит отсутствие поправки на данный угол, может привести к неточному определению TAPSE. Также известно, что трикуспидальная регургитация тяжелой степени, нарушает корреляционную связь между TAPSE и систолической функцией ПЖ. Соответственно, снижается и диагностическая ценность определяемого параметра [35]. Кроме того, некоторые исследования показывают, что на значения TAPSE, может оказывать влияние, в том числе, и сниженная систолическая функция ЛЖ, даже при сохраненной работе ПЖ [36].

К сожалению, ультразвуковая оценка СДЛА тоже не всегда может быть удовлетворительной.

J.D. Rich и соавт. в исследовании 2011 г., сравнивая показатели СДЛА, полученных методом доплеровской ЭхоКГ и КПОС, продемонстрировали, что неинвазивное измерение СДЛА было неточным в 50,6% (81 из 160) случаев. Показатели давления в ПП были завышены на 2,5 мм рт.ст. в 64,1% (41 из 64) случаев и занижены на 2,5 мм рт.ст. в 35,9% (23 из 64) случаев [37].

Неточность неинвазивного метода, отмечалась и в более ранней работе M. Fisher и соавт., где ошибки определялись в 48% случаев, в виде завышения и занижения СДЛА с одинаковой частотой (16 против 15 случаев соответственно) [38].

Ошибки могут быть обусловлены, например, неадекватной визуализацией доплеровского сигнала скорости трикуспидальной регургитации (TRV – Tricuspid Regurgitation Velocity). При этом, не у каждого пациента есть трикуспидальная регургитация и, соответственно, измерение градиента давления между ПП и ПЖ может быть не всегда осуществимо.

Помимо этого, эхокардиографическое определение давления в ПП – второго компонента, из которого складывается показатель СДЛА, также может быть неудовлетворительным. С одной стороны, из-за возможной неадекватной визуализации нижней полой вены (НПВ), а с другой – из-за неоднозначной классификации давления в ПП по данным коллабироваия и размерам НПВ. Во-первых, оно дает лишь диапазон возможного давления в ПП, а не точный показатель. Во-вторых, существуют и такие пациенты, чьи полученные параметры не укладываются в эту классическую классификацию и, соответственно, не имеют четких референсных значений давления в ПП: (1) нерасширенная НПВ, но с коллабироваием менее 50% на вдохе и (2) расширенная НПВ, но с нормальным или выраженным коллабироваием на вдохе [39].

Таким образом, определение ПЖАС в виде отношения TAPSE/СДЛА имеет потенциальные сложности. В связи с этим, активно ведутся поиски суррогатных ЭхоКГ «индексов» системы ПЖ-ЛА.

### **«Суррогатные индексы ПЖАС»**

Одним из таких, предложено рассматривать соотношение TAPSE к трикуспидальной регургитации (TAPSE/TRV), показавшее себя не менее значимым и простым в определении, прогностическим маркером. Оно не требует подсчета давления в ПП, что сокращает риск возникновения неточностей. Ретроспективное исследование продемонстрировало, что суррогатный индекс TAPSE/TRV наравне с TAPSE/СДЛА позволил дополнительно стратифицировать пациентов среднего риска на средне-низкий и средне-высокий, что имело отражение на их прогнозы [40].

В исследовании G. Pestelli и соавт. с целью прогностической стратификации пациентов с ХСН сравнили

З альтернативных варианта определения ПЖАС: TAPSE/СДЛА, TAPSE/TRV, а также произведение TAPSE×pACT, где pACT (pulmonary artery Acceleration Time) – время ускорения в ЛА. Показатели TAPSE/СДЛА имели высокую корреляцию со значениями TAPSE×pACT и очень высокую корреляцию с TAPSE/TRV. При этом, TAPSE×pACT имел более высокую прогностическую ценность, чем TAPSE/TRV [41].

В отношении pACT был проведен метаанализ и систематический разбор 21го исследования, который показал, что время ускорения в ЛА обладает высокой чувствительностью и специфичностью при диагностике ЛГ различной этиологии [42]. Более того, не было обнаружено влияния ЧСС на прогностическую способность pACT, что позволяет оценивать этот параметр в условиях аритмий [40, 42]. И несмотря на то, что параметр TAPSE/СДЛА остается наиболее значимым предиктором неблагоприятного исхода, при невозможности или трудностях его оценки, в качестве альтернативных показателей стоит рассмотреть другие суррогатные «индексы» связи ПЖ-ЛА.

## Заклучение

Таким образом, вышеприведенные наблюдения подчеркивают необходимость и важность дальнейшего изучения структурно-функционального состояния правых отделов сердца и ПЖАС у пациентов с ЛГ-ХСН. Результаты исследований могут обеспечить дальнейшее внедрение изучаемого параметра в рутинные алгоритмы диагностики, что позволит как можно раньше стратифицировать риски у пациентов с СНсФВ, а также в случае резистентного течения заболевания. На данный момент, накоплено мало данных о наличии зависимости динамики показателей ПЖАС от физической нагрузки и от приема различных лекарственных препаратов, что позволяет продолжить изучение данного параметра. Вместе с тем, «суррогатные индексы ПЖАС», также требуют дальнейшего и более углубленного исследования, для отбора наиболее точного и легко воспроизводимого параметра для наилучшей стратификации прогноза у пациентов с ЛГ-ХСН

**Relationships and Activities.** None.

**Отношения и Деятельность.** Нет.

## References / Литература

1. Avdeev SN, Barbarash OL, Bautin AE, et al. 2020 Clinical practice guidelines for Pulmonary hypertension, including chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Russian Journal of Cardiology. 2021;26(12):4683. (In Russ.) [Авдеев С.Н., Барбараш О.Л., Баутин А.Е., и др. Легочная гипертензия, в том числе хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия. Клинические рекомендации 2020. Российский кардиологический журнал. 2021;26(12):4683]. DOI:10.15829/1560-4071-2021-4683.
2. Chazova IE, Martynuk TV, Valieva ZS, et al. Eurasian clinical guidelines on diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Eurasian Heart Journal. 2020;(1):78-122 (In Russ.) [Чазова И.Е., Мартынюк Т.В., Валиева З.С., и др. Евразийские клинические рекомендации по диагностике и лечению легочной гипертензии. Евразийский Кардиологический Журнал. 2020;(1):78-122]. DOI:10.38109/2225-1685-2020-1-78-122.
3. Vanderpool RR, Saul M, Nouraie M, et al. Association Between Hemodynamic Markers of Pulmonary Hypertension and Outcomes in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. JAMA Cardiol. 2018;3(4):298-306. DOI:10.1001/jamacardio.2018.0128.
4. Volkov A.V. Diagnosis of pulmonary hypertension in scleroderma systematica. Sovremennaya Revmatologiya. 2008;(4):22-6 (In Russ.) [Волков А.В. Диагностика легочной гипертензии при системной склеродермии. Современная Ревматология. 2008;(4):22-6].
5. Galie N, McLaughlin VV, Rubin LJ, et al. An overview of the 6th World Symposium on Pulmonary Hypertension. Eur Respir J. 2018;53(1):180248. DOI:10.1183/13993003.02148-2018.
6. D'Alto M, Romeo E, Argiento P, et al. Accuracy and precision of echocardiography versus right heart catheterization for the assessment of pulmonary hypertension. Int J Cardiol. 2013;168(4):4058-62. DOI:10.1016/j.ijcard.2013.07.005.
7. Ushakova NS, Ershov ES, Shherbakova SD, et al. Pulmonary hypertension in elderly patients with chronic heart failure. Medicinskij Alfavit. Modern Poliklinika. 2020;(2):60 (In Russ.) [Ушакова Н.С., Ершов Е.С., Шербакова С.Д., и др. Легочная гипертензия у пожилых пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Медицинский Альфавит. Современная Поликлиника. 2020;(2):60].
8. Shokirov TM, Muradov AA. Pulmonary hypertension in patients in the terminal stage of chronic kidney disease complicated by heart failure. Vestnik Poslediplomnogo Obrazovaniya v Sfere Zdravoohraneniya. 2019;(3):89-93 (In Russ.) [Шокиров Т.М., Мурадов А.А. Легочная гипертензия у больных в терминальной стадии хронической болезни почек, осложненной сердечной недостаточностью. Вестник Последипломного Образования в Сфере Здравоохранения. 2019;(3):89-93].
9. Gustafsson F, Torp-Pedersen C, Brendorp B. Long-term survival in patients hospitalized with congestive heart failure: relation to preserved and reduced left ventricular systolic function. Eur Heart J. 2003;24(9):863-70. DOI:10.1016/s0195-668x(02)00845-x.
10. Owan TE, Hodge DO, Herges RM, et al. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction. New Engl J Med. 2006;(355):251-9. DOI:10.1056/nejmoa052256.
11. Bhatia RS, Tu JV, Lee DS, et al. Outcome of heart failure with preserved ejection fraction in a population-based study. New Engl J Med. 2006;(355):260-9. DOI:10.1056/nejmoa051530.
12. Islamova MR, Lazarev PV, Safarova AF, et al. Echocardiographic capabilities for the assessment of right ventricular function and right ventricular-pulmonary artery coupling in patients with chronic heart failure. Cardiology: News, Opinions, Training. 2018;6(3):51-8. (In Russ.) [Исламова М.Р., Лазарев П.В., Сафарова А.Ф., и др. Эхокардиографические возможности оценки функции правого желудочка и правожелудочково-артериального сопряжения при хронической сердечной недостаточности. Кардиология: Новости, Мнения, Обучение. 2018;6(3):51-8]. DOI:10.24411/2309-1908-2018-13004.
13. Zharkova ES, Villevalde SV, Kobalava ZhD. Left ventricular-arterial coupling as an early marker of unfavorable remodeling of the heart in patients who have suffered from myocardial infarction. Clinical Pharmacology and Therapy. 2017;26(3):26-30 (In Russ.) [Жарикова Е.С., Виллевалде С.В., Кобалава Ж.Д. Левожелудочково-артериальное сопряжение как ранний маркер неблагоприятного ремоделирования сердца у пациентов, перенесших инфаркт миокарда. Клиническая Фармакология и Терапия. 2017;26(3):26-30].
14. Borlaug BA, Kass DA. Ventricular-vascular interaction in heart failure. Heart Fail Clin. 2008;4(1):23-36. DOI:10.1016/j.hfc.2007.10.001.
15. Dikur ON, Poltavskaya IYU, Giverts AA, et al. Ventricular-arterial coupling in case of chronic heart failure with preserved and reduced left ventricular ejection fraction. Cardiology and Cardiovascular Surgery. 2014;7(4):59-68 (In Russ.) [Дикур О.Н., Полтавская М.Г., Гивертц И.Ю., и др. Желудочково-артериальное сопряжение при хронической сердечной недостаточности с сохраненной и сниженной фракцией выброса левого желудочка. Кардиология и Сердечно-сосудистая Хирургия. 2014;7(4):59-68].
16. Nikolayeva OA, Jirov IV, Uskach TM, et al. Cardiovascular pairing: modern methods of estimation, prognostic significance and possible clinical use in acute decompensation of chronic heart failure. Medical News of North Caucasus. 2015;10(4):443-51 (In Russ.) [Николаева О.А., Жиров И.В., Ускач Т.М., и др. Сердечно-сосудистое сопряжение: современные методы оценки, прогностическая значимость и возможности клинического применения при острой декомпенсации хронической сердечной недостаточности. Медицинский Вестник Северного Кавказа. 2015;10(4):443-51].
17. Polunina OS, Myasoedova EI, Sevostyanova IV, et al. Pulmonary hypertension in patients with different forms of coronary heart disease: characteristics of left ventricular-arterial interactions. Kubanskiy Nauchnyy Medicinskij Vestnik. 2017;162(1):115-9 (In Russ.) [Полунина О.С., Мясоедова Е.И., Севостьянова И.В., и др. Легочная гипертензия у пациентов с различными формами ишемической болезни сердца: связь с особенностями левожелудочково-артериального взаимодействия. Кубанский Научный Медицинский Вестник. 2017;162(1):115-119].
18. Kjaergaard J, Akkan D, Iversen KK, et al. Prognostic Importance of Pulmonary Hypertension in Patients With Heart Failure. Am J Cardiol. 2007;99(8):1146-50. DOI:10.1016/j.amjcard.2006.11.052.
19. Gorter TM, Hoendermes ES, J van Veldhuisen D, et al. Right ventricular dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. Eur J Heart Fail. 2016;18(12):1472-87. DOI:10.1002/ehfj.630.

20. Ghio S, Gavazz A, Campana C, et al. Independent and Additive Prognostic Value of Right Ventricular Systolic Function and Pulmonary Artery Pressure in Patients With Chronic Heart Failure. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):183-8. DOI:10.1016/s0735-1097(00)01102-5.
21. Pinsky MR. The right ventricle: interaction with the pulmonary circulation. *Crit Care.* 2016;20(1):266. DOI:10.1186/s13054-016-1440-0.
22. Damiano RJ, P la Follette, Cox JL, et al. Significant left ventricular contribution to right ventricular systolic function. *Am J Physiol.* 1991;261(5 Pt 2):H1514-24. DOI:10.1152/ajpheart.1991.261.5.H1514.
23. Tello K, Dalmer A, Axmann J, et al. Reserve of Right Ventricular-Arterial Coupling in the Setting of Chronic Overload. *Circ Heart Fail.* 2019;12(1):e005512. DOI:10.1161/CIRCHEARTFAILURE.118.005512.
24. Mohammed SF, Hussain I, Abou Ezzeddine OF, et al. Right Ventricular Function in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Circulation.* 2014;130(25):2310-20. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.008461.
25. Zakeri R, Mohammed SF. Epidemiology of Right Ventricular Dysfunction in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Current Heart Failure Reports.* 2015;5(12):295-301. DOI:10.1007/s11897-015-0267-3.
26. Guazzi M, Dixon D, Labate V, et al. RV Contractile Function and its Coupling to Pulmonary Circulation in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction Stratification of Clinical Phenotypes and Outcomes. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2017;10(10):1211-21. DOI:10.1016/j.jcmg.2016.12.024.
27. Tello K, Wan J, Dalmer A, et al. Validation of the Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion/Systolic Pulmonary Artery Pressure Ratio for the Assessment of Right Ventricular-Arterial Coupling in Severe Pulmonary Hypertension. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2019;12(9):e009047. DOI:10.1161/CIRCIMAGING.119.009047.
28. Ghio S, Guazzi M, Scardovi AB, et al. Different correlates but similar prognostic implications for right ventricular dysfunction in heart failure patients with reduced or preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail.* 2016;19(7):873-9. DOI:10.1002/ehf.664.
29. Guazzi M, Bandera F, Pelissero G, et al. Tricuspid annular plane systolic excursion and pulmonary arterial systolic pressure relationship in heart failure: an index of right ventricular contractile function and prognosis. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2013;305(9):1373-81. DOI:10.1152/ajpheart.00157.2013.
30. Tello K, Axmann J, Ghofrani HA, et al. Relevance of the TAPSE/PASP ratio in pulmonary arterial hypertension. *Int J Cardiol.* 2018;266:229-35. DOI:10.1016/j.ijcard.2018.01.053.
31. Fortuni F, Butcher SC, Dietz MF, et al. Right Ventricular–Pulmonary Arterial Coupling in Secondary Tricuspid Regurgitation. *Valvular Heart Disease/RVPA Coupling in Secondary TR.* 2021;148:138-45. DOI:10.1016/j.amjcard.2021.02.037.
32. Deaconu S, Deaconu A, Scarlatescu A, et al. Right ventricular-arterial coupling – A new perspective for right ventricle evaluation in heart failure patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *Echocardiography.* 2021;38(7):1157-64. DOI:10.1111/echo.15096.
33. Wright LM, Dwyer N, Celermajer D, et al. Follow-Up of Pulmonary Hypertension With Echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2016;9(6):733-46. DOI:10.1016/j.jcmg.2016.02.022.
34. Islamova MR, Lazarev PV, Safarova AF, et al. The Value of Right Ventricular Dysfunction and Right Ventricular-Pulmonary Artery Coupling in Chronic Heart Failure: The Role of Echocardiography. *Kardiologia.* 2018;58(5):82–90 (In Russ.) [Исламова М.Р., Лазарев П.В., Сафарова А.Ф., и др. Значение дисфункции правого желудочка, правожелудочково-артериального сопряжения при хронической сердечной недостаточности: роль эхокардиографии. *Кардиология.* 2018;58(5):82-90]. DOI:10.18087/cardio.2018.5.10124.
35. Hsiao SH, Lin SK, Wang WC, et al. Severe tricuspid regurgitation shows significant impact in the relationship among peak systolic tricuspid annular velocity, tricuspid annular plane systolic excursion, and right ventricular ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006;19(7):902-10. DOI:10.1016/j.echo.2006.01.014.
36. Lopez-Candales A, Rajagopalan N, Saxena N, et al. Right ventricular systolic function is not the sole determinant of tricuspid annular motion. *Am J Cardiol.* 2006;98(7):973-7. DOI:10.1016/j.amjcard.2006.04.041.
37. Rich JD, Shah SJ, Swamy RS, et al. Inaccuracy of Doppler echocardiographic estimates of pulmonary artery pressures in patients with pulmonary hypertension: implications for clinical practice. *Chest.* 2011;139(5):988-93. DOI:10.1378/chest.10-1269.
38. Fisher MR, Forfia PR, Chamera E, et al. Accuracy of Doppler echocardiography in the hemodynamic assessment of pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med.* 2009;179(7):615-21. DOI:10.1164/rccm.200811-1691OC.
39. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20(7):857-61. DOI:10.1016/j.echo.2007.01.005.
40. Vicenzi M, Caravita S, Rota I, et al. The added value of right ventricular function normalized for afterload to improve risk stratification of patients with pulmonary arterial hypertension. *PLOS ONE.* 2022;17(5):e0265059. DOI:10.1371/journal.pone.0265059.
41. Pestelli G, Fiorencis A, Trevisan F, et al. New measures of right ventricle-pulmonary artery coupling in heart failure: An all-cause mortality echocardiographic study. *Int J Cardiol.* 2021;329:234-41. DOI:10.1016/j.ijcard.2020.12.057.
42. Wang YC, Huang CH, Tu YK. Pulmonary hypertension and pulmonary artery acceleration time: a systematic review and meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2018;31(2):201-10. DOI:10.1016/j.echo.2017.10.016.

*Сведения об Авторах/About the Authors:*

**Мареева Варвара Андреевна** [Varvara A. Mareyeva]  
eLibrary SPIN1 145-1636, ORCID 0000-0001-8302-6916  
**Клименко Алеся Александровна** [Alesya A. Klimenko]  
eLibrary SPIN8396-9251, ORCID 0000-0002-7410-9784

**Шостаk Надежда Александровна** [Nadezhda A. Shostak]  
eLibrary SPIN1950-6838, ORCID 0000-0003-4669-1006