

УДК 616.24-008.811.6-036.12:616-008.64-036.12]616-073.432.19

DOI: 10.36604/1998-5029-2024-91-123-133

## ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

Т.В.Сычёва, Ю.М.Перельман

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания», 675000, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22

**РЕЗЮМЕ. Введение.** Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) и хроническая сердечная недостаточность (ХСН) являются двумя часто сочетающимися в клинической практике заболеваниями. Трудность их дифференциальной диагностики связана с общностью факторов риска, неблагоприятным коморбидным фоном, неспецифичностью симптомов. Сосуществование ХОБЛ и ХСН может существенно влиять на прогноз обоих заболеваний вследствие взаимного отягощения. Оценка структурно-функционального состояния сердца у больных ХОБЛ необходима для выявления сердечно-сосудистых осложнений на ранней стадии развития заболевания, улучшения прогноза и снижения смертности. **Цель:** обзор последних мировых литературных данных о возможностях диагностики сердечной недостаточности при ХОБЛ. **Материалы и методы.** В обзоре обобщены данные литературных источников, опубликованных преимущественно за последние пять лет в PubMed и eLibrary. По необходимости были включены и более ранние публикации. **Результаты.** В литературном обзоре рассмотрены современные методы лабораторной диагностики и медицинской визуализации, используемые для выявления сердечной недостаточности, которые позволяют избежать серьезных осложнений. В первую очередь, это трансторакальная эхокардиография как наиболее доступный и экономически выгодный метод, играющий на сегодняшний день определяющую роль в диагностике и мониторинге сердечной недостаточности. **Заключение.** Сердечная недостаточность – тема большого количества публикаций с подробным описанием лабораторных и инструментальных методик, включая последние достижения магнитно-резонансной и компьютерной томографии. Традиционная трансторакальная эхокардиография сохраняет роль «золотого стандарта» как в диагностической, так и в прогностической оценке изменений, характерных для сердечной недостаточности.

**Ключевые слова:** эхокардиография, сердечная недостаточность, хроническая обструктивная болезнь легких, натрийуретический пептид, диастолическая дисфункция, фракция выброса, легочная гипертензия, сердечная недостаточность с сохранной фракцией выброса.

## DIAGNOSIS OF HEART FAILURE IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

T.V.Sytcheva, J.M.Perelman

Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation

**SUMMARY. Introduction.** Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and chronic heart failure (CHF) frequently co-occur in clinical practice, presenting challenges in differential diagnosis due to shared risk factors, an adverse comorbid landscape, and nonspecific symptoms. The coexistence of COPD and CHF significantly affects the prognosis for both conditions because of their mutual exacerbation. Evaluating the heart's structural and functional status in COPD patients is essential for early identification of cardiovascular complications, thereby improving prognosis and reducing mortality. **Aim.** To review the latest global literature on diagnosing heart failure in COPD patients. **Materials and methods.** This review compiles data from literature sources, primarily from the last five years, sourced from PubMed and eLibrary, in-

### Контактная информация

Татьяна Васильевна Сычёва, врач ультразвуковой диагностики, аспирант, лаборатория функциональных методов исследования дыхательной системы, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания», 675000, Россия, г. Благовещенск, ул. Калинина, 22; e-mail: sycheva007@mail.ru

### Correspondence should be addressed to

Tatyana V. Sycheva, Postgraduate Student, Ultrasonographer, Laboratory of Functional Research of Respiratory System, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation. E-mail: sycheva007@mail.ru

### Для цитирования:

Сычёва Т.В., Перельман Ю.М. Диагностика сердечной недостаточности у больных хронической обструктивной болезнью легких // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2024. Вып.91. С.123–133. DOI: 10.36604/1998-5029-2024-91-123-133

### For citation:

Sytcheva T.V., Perelman J.M. Diagnosis of heart failure in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniâ* = *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration* 2024; (91):123–133 (in Russian). DOI: 10.36604/1998-5029-2024-91-123-133

incorporating older publications as necessary. **Results.** The review discusses current laboratory diagnostics and medical imaging techniques for identifying heart failure, crucial for preventing severe complications. Primarily, transthoracic echocardiography stands out as the most accessible and cost-effective method, playing a pivotal role in diagnosing and monitoring heart failure today. **Conclusion.** Heart failure is a subject of extensive publication with a detailed description of laboratory and instrumental methods, including the latest advances in magnetic resonance and computed tomography. Transthoracic echocardiography continues to be the "gold standard" in both the diagnostic and prognostic assessment of heart failure-related changes.

*Key words: echocardiography, heart failure, chronic obstructive pulmonary disease, natriuretic peptide, diastolic dysfunction, ejection fraction, pulmonary hypertension, heart failure with preserved ejection fraction.*

### Проблема сердечной недостаточности при ХОБЛ

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) и хроническая сердечная недостаточность (ХСН) являются двумя часто встречающимися в клинической практике заболеваниями. ХОБЛ развивается в большинстве случаев после 40 лет, и нередко к этому времени у пациента появляется сопутствующая патология. ХСН при исследованиях ХОБЛ обычно выявляется примерно у 20% пациентов [1], хотя в исследовании Н.А. Кароли и соавт. [2] среди обследованных пациентов с ХОБЛ признаки недостаточности кровообращения отмечены у 36,2%. В свою очередь, данные о распространенности ХОБЛ у пациентов с ХСН варьируют от 10% до 20% [1], и цифры выше у пациентов с сохраненной фракцией выброса левого желудочка (ЛЖ), чем со сниженной фракцией выброса.

Несмотря на то, что ХОБЛ и ХСН могут проявляться схожими симптомами, в первую очередь, одышкой и снижением толерантности к физической нагрузке, следует помнить, что они являются разными заболеваниями, хотя и могут протекать одновременно у одного и того же больного. Тесная связь между ними определяется такими факторами как курение, возраст, гипоксемия, системное воспаление, окислительный стресс, эндотелиальная дисфункция и рядом других. Отмечено, что возраст, пол, наличие диабета и гиперлипидемии были значимыми предикторами сердечной дисфункции у пациентов с ХОБЛ [3]. Накоплено достаточно доказательств того, что ХОБЛ и ХСН связаны с вялотекущим системным воспалением [4, 5]. Воспаление, вызванное сопутствующими заболеваниями, является критическим элементом патофизиологии сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса [6]. Необходимо учитывать, что сердечно-сосудистые осложнения могут возникать и как побочные эффекты лекарств, применяемых при ХОБЛ и, в свою очередь, лекарства, используемые для лечения ХСН, в частности, бета-адреноблокаторы, могут привести к ухудшению симптомов ХОБЛ [7].

Сосуществование ХОБЛ и ХСН может существенно влиять на прогноз обоих заболеваний как вследствие общих факторов риска, так и вследствие усугубления тяжести сопутствующей патологии. Понимание связи между ХОБЛ и ХСН имеет важное значение для выбора терапевтической тактики и учета побочных действий лекарственных препаратов.

Сложность дифференциальной диагностики дан-

ных состояний состоит в том, что ХОБЛ даже в отсутствие сосуществующей ХСН различного генеза может сопровождаться развитием правожелудочковой, а со временем и левожелудочковой недостаточности. Современные клинические рекомендации по диагностике и лечению ХОБЛ, несмотря на наличие сведений о важности дифференциальной диагностики заболевания с ХСН, не содержат конкретных указаний по инструментам оценки и скрининга сердечно-сосудистых заболеваний среди этих пациентов [8, 9]. В свою очередь, имеющиеся прогнозные модели сердечно-сосудистого риска не включают в алгоритмы наличие ХОБЛ как фактора риска развития ХСН [10]. Оценка структурно-функционального состояния сердца у больных ХОБЛ необходима для выявления сердечно-сосудистых осложнений на ранней стадии развития заболевания с целью улучшения прогноза и снижения смертности [11].

### Натрийуретические пептиды В-типа

Чувствительным индикатором ХСН у пациентов с ХОБЛ могут служить уровни в плазме крови натрийуретического пептида В-типа (BNP) и N-концевого фрагмента натрийуретического пептида про-В-типа (NT-proBNP) [12, 13]. Оба соединения происходят из proBNP – прогормона, вырабатываемого миоцитами предсердий и желудочков. Натрийуретические пептиды играют решающую роль в поддержании сердечно-сосудистого гомеостаза. Среди их свойств — вазодилатация, натрийурез, диурез и ингибирование ремоделирования сердца. Они высвобождаются миокардом в ответ на повышенное напряжение стенки и повышаются у пациентов с ХСН. По данным недавнего метаанализа, в группах населения с высоким риском скрининг натрийуретического пептида обеспечивает точную диагностику систолической дисфункции левого желудочка [14].

Пороговым значением BNP для верификации ХСН принят уровень свыше 100 пг/мл. У пациентов с ХОБЛ значения BNP в диапазоне от 100 до 500 пг/мл могут быть связаны с легочным сердцем, формирующейся недостаточностью левого желудочка или их сочетанием. Значение BNP свыше 500 пг/мл может свидетельствовать о тяжелой ХСН или развитии острой сердечной недостаточности у пациентов с ХОБЛ [12]. В настоящее время рекомендуется использовать NT-proBNP, поскольку он обладает большей чувствитель-

ностью и более стабилен во времени. Для NT-proBNP пороговыми значениями для исключения ХСН приняты <300 пг/мл, для выявления обострения ХОБЛ, ассоциированного с левожелудочковой недостаточностью >450 пг/мл для пациентов <50 лет и >900 пг/мл для лиц старше 50 лет [12].

Национальный институт здравоохранения и совершенствования медицинской помощи Великобритании (NICE) рекомендует направлять на трансторакальную эхокардиографию и обследование у специалиста, если уровень NT-proBNP превышает 400 пг/мл [13]. Человеку с уровнем BNP > 400 пг/мл или NT-proBNP > 2000 пг/мл рекомендуется пройти эхокардиографию в течение двух недель или в течение шести недель для пациентов, у которых значения BNP находятся между 100 и 400 пг/мл или NT-proBNP от 400 до 2000 пг/мл [13].

### Магнитно-резонансная томография

Диагноз ХСН основан на выявлении нарушения выброса крови желудочками в систолу или их аномального наполнения, несмотря на повышенное давление наполнения. Магнитно-резонансная томография (МРТ) сердца и сосудов является общепринятым эталонным стандартом для измерения объемов ЛЖ и фракции выброса и является мощным инструментом для выявления или исключения ХСН у стабильных пациентов с ХОБЛ легкой и средней степени тяжести [12]. В последнее время ряд исследований сосредоточен на неинвазивной оценке легочной гипертензии (ЛГ) и функции правого желудочка (ПЖ) с помощью МРТ сердца, позволяющей рассчитывать среднее давление в легочной артерии путем определения индекса массы ПЖ и изменения площади легочной артерии [15]. Масса правого желудочка, деленная на его конечно-диастолический объем, выше у пациентов с ХОБЛ и ХСН, чем у пациентов без сопутствующей ХСН.

Развитие четырехмерной магнитно-резонансной томографии сердечно-сосудистой системы (4D Flow CMR) обеспечило в настоящее время уникальную комплексную характеристику сердечно-сосудистого кровотока *in vivo* посредством его измерения во всех трех пространственных направлениях на протяжении сердечного цикла (3D + время = 4D). Недавно предложено раннее выявление диастолической дисфункции ЛЖ с помощью определения взаимодействия жидкости с тканями и завихрений потоков с предпосылкой, что изменения в области желудочкового кровотока будут обнаруживаться раньше, чем ригидность тканей. По данным M. Schäfer et al. [16], диастолическая завихренность, полученная с помощью 4D-Flow CMR, снижается у пациентов с легкой и умеренной ХОБЛ и отсутствием или начальными признаками диастолической дисфункции ЛЖ, что подразумевает возможность выявления ранних нарушений кровотока в ЛЖ, предшествующих более очевидным механическим изменениям (т.е., ригидности и дилатации). Снижение завихренности потока в ЛЖ, по-видимому, обуслов-

лено изменениями в легочной ткани, вызванными ХОБЛ, и параллельной дисфункцией ПЖ.

### Эхокардиография

Эхокардиография является неинвазивным, стандартизированным, информативным методом исследования сердца [17]. Несмотря на то, что эхокардиография является золотым стандартом диагностики ХСН, эффективность ее применения может быть ограничена у пациентов с ХОБЛ при ожирении или при сужении эхокардиографического окна из-за гиперинфляции легких. С помощью метода трансторакальной ЭхоКГ оценивают состояние сердечной мышцы и камер сердца для выявления гипертрофии и дилатации, диагностики патологии миокарда и клапанного аппарата, нарушений гемодинамики. Для характеристики функции ЛЖ и ПЖ используют различные режимы эхокардиографии, включая М-режим, двумерную (2D) эхокардиографию, традиционную доплеровскую визуализацию потока, тканевую доплеровскую визуализацию (TDI) и эхокардиографию с отслеживанием спектров (STE) для оценки глобальной деформации желудочков.

Учитывая раннее вовлечение в патологический процесс при ХОБЛ малого круга кровообращения, следует особое внимание уделить диагностике формирующейся легочной гипертензии, предшествующей развитию правожелудочковой недостаточности.

#### Диагностика легочной гипертензии

Диагностика ЛГ основывается на поэтапной оценке клинической вероятности данного состояния и подтверждается катетеризацией правых отделов сердца и легочной артерии [18]. В соответствии с недавно обновленными рекомендациями ESC/ERS, диагноз прекапиллярной ЛГ устанавливается при среднем давлении в легочной артерии (срДЛА) более 20 мм рт.ст. и повышении легочного сосудистого сопротивления свыше 2 ед. Вуда при условии нормального давления наполнения левых отделов сердца (давление заклинивания легочных капилляров 15 мм рт. ст.), измеренных в покое при катетеризации правых отделов сердца [19,20]. Посткапиллярная легочная гипертензия констатируется при давлении заклинивания свыше 15 мм рт. ст. В отечественных клинических рекомендациях пороговым значением для диагностики ЛГ принято срДЛА  $\geq 25$  мм рт. ст. [21].

Европейское общество кардиологов (ESC) и Европейское респираторное общество (ERS) в рекомендациях по диагностике и лечению ЛГ предлагают рассматривать эхокардиографию (ЭхоКГ) как метод скрининга для верификации данной патологии [19]. Доплеровская ЭхоКГ позволяет оценить среднее давление в легочной артерии (срДЛА) по максимальной скорости трикуспидальной регургитации, времени ускорения скорости потока в выносящем тракте правого желудочка и скорости ранней легочной регургитации, а также предлагает непрямую оценку легочной регургитации с помощью двумерных измерений сосу-

дов и сердца [22]. Ультразвуковое исследование сердца позволяет также решить главную задачу для определения дальнейшей терапевтической тактики: установить, на каком уровне отмечается поражение – либо это артерии малого круга кровообращения и речь идет о прекапиллярной ЛГ, либо это посткапиллярная ЛГ с первичным повышением давления в левых отделах сердца и легочных венах.

ЭхоКГ остается единственным неинвазивным скрининговым методом, позволяющим оценить давление в легочной артерии у пациентов с подозрением на ЛГ [21]. Систолическое давление в легочной артерии (сДЛА) эквивалентно систолическому давлению в ПЖ при отсутствии стеноза легочной артерии. Его оценка основана на измерении в режиме постоянно-волнового доплера пиковой скорости струи трикуспидальной регургитации и градиента давления трикуспидальной регургитации с учетом неинвазивных оценок давления в правом предсердии путем измерения диаметра нижней полой вены и его изменения в зависимости от фаз дыхания. Эхокардиографическим критерием ЛГ считают повышение сДЛА  $\geq 35$  мм рт.ст. [3, 22]. Однако, учитывая неточности оценки давления в правом предсердии и увеличение погрешностей измерения при использовании производных параметров, в настоящее время для определения эхокардиографической вероятности ЛГ рекомендуют в качестве ключевой переменной использовать значение пиковой скорости трикуспидальной регургитации  $> 2,8$  м/с [19, 23].

Для определения вероятности диагноза ЛГ необходимо выявление дополнительных эхокардиографических признаков перегрузки и/или дисфункции ПЖ, характеризующих соотношение размеров ПЖ и ЛЖ, межжелудочковую перегородку, скорость кровотока из ПЖ, диаметр легочной артерии и нижней полой вены, площадь правого предсердия. Промежуточная или даже низкая вероятность ЛГ на основе скорости трикуспидальной регургитации становится более высокой при наличии двух косвенных признаков [19, 24]. К ним относятся: соотношение базального диаметра/площади ПЖ/ЛЖ  $> 1,0$ ; уплощение межжелудочковой перегородки (индекс эксцентриситета левого желудочка  $> 1,1$  в систолу и/или диастолу); соотношение TAPSE/сДЛА  $< 0,55$  мм/мм рт.ст.; время ускорения выносящего тракта правого желудочка  $< 105$  мс и/или зазубренный паттерн потока (notching) при измерении в режиме импульсно-волнового доплера из парастернальной позиции по короткой оси; ранняя диастолическая скорость легочной регургитации  $> 2,2$  м/с; диаметр легочной артерии больше диаметра корня аорты ( $> 25$  мм); диаметр нижней полой вены  $> 21$  мм со сниженным коллабированием на вдохе ( $< 50\%$  при форсированном вдохе через нос или  $< 20\%$  при спокойном вдохе); площадь правого предсердия в конце систолы  $> 18$  см<sup>2</sup> [19].

Среднее давление в легочной артерии (срДЛА) методом доплерографии определяют по спектру кровотока,

измеренного на уровне ее клапанов в режиме импульсно-волнового доплера (PW-доплер). Существуют различные формулы для расчета срДЛА. Наиболее распространен метод Китабатаке, в соответствии с которым рассчитывают АсТ/ЕТ, где АсТ – время ускорения кровотока в легочной артерии (мс); ЕТ – общая длительность кровотока в легочной артерии (мс). Полученное соотношение подставляют в специальную номограмму и рассчитывают срДЛА [25].

*Диагностика правожелудочковой недостаточности*

В рекомендациях по эхокардиографической оценке правых отделов сердца у взрослых Американского общества по эхокардиографии содержится требование исследовать правую часть сердца с использованием нескольких акустических окон, а заключение должно быть основано на качественных и количественных параметрах, которые включают измерение размера ПЖ, правого предсердия, систолической функции ПЖ и сДЛА [22]. Во многих случаях показаны дополнительные измерения, такие как диастолическое давление в легочной артерии. Для определения размера ПЖ вычисляют длину в четырехкамерном сечении из апикального подхода на уровне базальных и средних отделов [26]. Для оценки систолической функции ПЖ обычно используют измерение фракционного изменения его площади, амплитуды систолической экскурсии плоскости кольца трикуспидального клапана (TAPSE) и продольной пиковой систолической скорости движения фиброзного кольца трикуспидального клапана ( $S'$ ) [27]. Количественными критериями систолической дисфункции ПЖ служат уменьшение фракционного изменения его площади  $< 35\%$ , снижение TAPSE  $< 17$  мм и  $S' < 10$  см/с [22].

Для оценки глобальной сократительной функции ПЖ используют индекс работоспособности миокарда (MPI) или индекс Tei [28] – негеометрический индекс, который не зависит от пред- и постнагрузки. Его вычисляют на основании трех временных интервалов: времени изоволюмического сокращения ПЖ (IVCT), времени изоволюмического расслабления ПЖ (IVRT) и времени изгнания из ПЖ (ЕТ) по формуле:  $MPI = (IVRT + IVCT) / ET$ . Он показывает важные периоды деятельности ПЖ (систолическое сокращение, изгнание и диастолическое расслабление), выполним даже у пациентов с плохой визуализацией и точно характеризует функцию ПЖ, несмотря на сложное строение данной камеры сердца. Критерием систолической дисфункции ПЖ служит значение MPI при пульсовой доплерографии  $> 0,40$ , при тканевой доплерографии  $> 0,55$  [22].

Важное значение имеет определение правожелудочково-артериального сопряжения как критерия развития правожелудочковой недостаточности, одним из основных показателей которого является отношение TAPSE к срДЛА. С помощью методики спекл-трекинга оценивают глобальную продольную деформацию (RV-GLS) и деформацию свободной стенки ПЖ (RV-fwLS)

в комбинации со срДЛА [27]. RV-GLS является хорошо зарекомендовавшим себя инструментом для выявления ранней дисфункции ПЖ с пороговым значением  $<20\%$  [3].

В доплеровском режиме определяют параметры транстрикуспидального кровотока: пиковую скорость раннего диастолического потока ( $E_t$ ), потока предсердной систолы ( $A_t$ ), их отношение ( $E_t/A_t$ ). При проведении импульсно-волновой тканевой доплерометрии измеряют скорости систолического ( $s't$ ), раннего ( $e't$ ) и позднего ( $a't$ ) диастолического движения стенки ПЖ в районе кольца трикуспидального клапана, а также отношение  $e't/a't$  в указанном сегменте. Наиболее подтвержденными критериями диастолической дисфункции ПЖ считаются отклонение значений отношения  $E_t/A_t < 0,8$  или  $> 2,1$ , увеличение отношения  $E_t/e't \geq 6$ , уменьшение времени замедления раннего диастолического потока  $< 120$  мс [22].

#### *Диагностика левожелудочковой недостаточности*

Субклиническая систолическая дисфункция ЛЖ может возникать у пациентов с ХОБЛ, несмотря на нормальную фракцию выброса. STE — это метод, который предоставляет дополнительную информацию для детальной оценки тонких изменений сократимости миокарда ЛЖ, которые в значительной степени связаны с тяжестью заболевания у пациентов с ХОБЛ. В национальных клинических рекомендациях для диагностики ХСН рекомендуется использовать ультразвуковой метод дисков (модифицированный метод Симпсона) с определением объемов ЛЖ в четырехкамерной и двухкамерной позициях для расчета фракции выброса левого желудочка, а при пограничных значениях фракции выброса или при визуализации  $< 80\%$  эндокарда левого желудочка — использование контрастных веществ и трехмерной эхокардиографии [29].

Субклиническая систолическая дисфункция ЛЖ может возникать у пациентов с ХОБЛ, несмотря на нормальную фракцию выброса [30]. Помимо фракции выброса к показателям систолической функции ЛЖ относятся скорость систолического движения основания левого желудочка, измеренная с помощью тканевого доплеровского исследования, амплитуда смещения атриоventрикулярной плоскости, индекс нарушения локальной сократимости левого желудочка, однако их редко используют в клинической практике [29].

Пациентам с высоким риском развития ХСН, особенно при использовании вмешательств с потенциальным кардиотоксическим действием, рекомендована оценка показателя глобальной продольной деформации ЛЖ (global longitudinal strain, GLS), который отражает относительное укорочение миокарда ЛЖ по длинной оси от конца диастолы до конца систолы. Данный показатель характеризуется большей чувствительностью и воспроизводимостью по сравнению с фракцией выброса для выявления ранних (субклинических) изменений систолической функции ЛЖ [31].

К маркерам доклинического поражения миокарда у пациентов с ХОБЛ следует отнести наличие патологических паттернов на уровне базальных и медиальных отделов левого желудочка, выявленных с помощью спекл-трекинг эхокардиографии с использованием расчетов оценки сократительной активности миокарда на различных уровнях [32]. Спекл-трекинг эхокардиография предоставляет дополнительную информацию для детальной оценки тонких изменений сократимости миокарда ЛЖ, которые в значительной степени связаны с тяжестью заболевания у пациентов с ХОБЛ [30].

Поскольку в большинстве случаев ХСН с сохраненной фракцией выброса имеется нарушение диастолической функции левого желудочка, ее тщательная оценка может быть рекомендована всем пациентам с ХОБЛ. В настоящее время считается, что, помимо влияния общих факторов риска развития ХСН и ХОБЛ, патофизиология диастолической дисфункции ЛЖ при ХОБЛ опосредована главным образом гиперинфляцией легких и взаимозависимостью желудочков из-за увеличения постнагрузки на ПЖ [33]. При диагностике, в первую очередь, следует ориентироваться на соотношение скоростей наполнения левого желудочка в раннюю диастолу и в систолу предсердий ( $E/A$ ), соотношение скорости раннего диастолического наполнения и усредненной скорости подъема основания левого желудочка в раннюю диастолу ( $E/e' > 14$ ), индексированный объем левого предсердия ( $> 34$  мл/м<sup>2</sup>) и максимальную скорость трикуспидальной регургитации ( $> 2,8$  м/с), отражающую степень повышения давления в легочной артерии. Наличие более двух критериев позволяет говорить о наличии диастолической дисфункции. Если имеются только 2 критерия, то результат признается неопределенным. Если устанавливается менее 2 критериев, диастолическая функция признается нормальной.

N. Chan et al. [34] отмечают, что традиционные алгоритмы оценки диастолической функции и оценки давления наполнения ЛЖ, рекомендованные Американским обществом эхокардиографии и Европейской ассоциацией сердечно-сосудистой визуализации [35], не применимы к пациентам с фоновыми кардиомиопатиями, значительными пороками клапанов, нарушениями проводимости, аритмиями, водителями ритма и трансплантатами сердца, которые изменяют соотношение между обычными показателями диастолической функции и давлением наполнения ЛЖ. В таких случаях требуется использование дополнительных доплеровских индексов, таких как время изоволюмического расслабления, время митрального замедления и анализ легочного венозного кровотока.

#### **Прогнозирование ХСН и течения ХОБЛ**

ХСН и ХОБЛ взаимно отягощают друг друга, что определяет высокую клиническую значимость разработки прогностических моделей на основе количественных критериев сердечной недостаточности. Так, показано,

что у пациентов с тяжелой ХОБЛ дисфункция правого желудочка является одним из независимых предикторов выживаемости наряду с нарушением функции внешнего дыхания и снижением парциального давления кислорода в артериальной крови [36]. По данным G. Armentaro et al. [37], даже у пациентов с легкой формой ХОБЛ существует связь между дисфункцией правых отделов сердца и риском развития сердечно-сосудистых событий (нефатальные ишемический инсульт, инфаркт миокарда, коронарная реваскуляризация и сердечно-сосудистая смерть), подтвержденная моделью многомерного анализа. У пациентов с TAPSE  $\geq 20$  мм количество событий составило 4,2 на 100 пациенто-лет, в то время как при TAPSE  $< 20$  мм только 1,9 событий ( $p < 0,0001$ ).

По данным S.A. Nasir et al. [15], индекс работоспособности миокарда ПЖ и базальный стрейн ПЖ в наибольшей степени отличались у больных ХОБЛ по сравнению со здоровыми лицами и могут быть использованы в качестве предикторов клинического ухудшения и легочной гипертензии. В другом исследовании независимыми клиническими предикторами скрытой ХСН с сохраненной фракцией выброса установлены индекс объема правого предсердия, диаметр ПЖ из парастерального доступа и E/A правого желудочка  $> 0,75$  [38].

R.A. Faria et al. [39] нашли, что дилатация ПЖ (увеличение базального диастолического диаметра свыше 35 мм) связана с неблагоприятными прогностическими маркерами при ХОБЛ, такими как ухудшение толерантности к физической нагрузке и учащение обострений,

в связи с чем эхокардиограмма может быть полезным инструментом для выявления пациентов, которым необходимы более интенсивные терапевтические стратегии для контроля развития заболевания.

### Заключение

Сердечная недостаточность является важной вехой в естественном постоянно ухудшающемся течении ХОБЛ. Ее своевременная диагностика во многом определяет успех контроля над заболеванием и требует комплексной оценки сердечно-сосудистой системы. Данные литературы свидетельствуют о необходимости проводить скрининговую эхокардиографию всем пациентам с ХОБЛ, независимо от стадии заболевания. Учитывая определяющую роль ХСН, наряду с дыхательной недостаточностью, в неблагоприятном прогнозе течения ХОБЛ, востребована разработка прогностических моделей на основе определения информативных предикторов право- и левожелудочковой недостаточности.

### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

### Источники финансирования

Исследование проводилось без участия спонсоров

### Funding Sources

This study was not sponsored

## ЛИТЕРАТУРА

1. Pellicori P., Cleland J.G.F., Clark A.L. Chronic obstructive pulmonary disease and heart failure: A breathless conspiracy // *Cardiol. Clin.* 2022. Vol.40, №2. P.171–182. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2021.12.005>.
2. Кароли Н.А., Бородкин А.В., Ребров А.П. Хроническая сердечная недостаточность различного генеза у больных хронической обструктивной болезнью легких // *Пульмонология.* 2016. Т.26, №1. С.38–45. EDN: WAMYR. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2016-26-1-38-45>
3. Mohammed R.A., Mohamed L.A., Abdelsalam E.M., Maghraby H.M., Elkenany N.M., Nabawi O.E., Sultan I. Assessment of cardiac dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): A cross-sectional study // *Cureus.* 2023. Vol.15, №5. Article number: e39629. <https://doi.org/10.7759/cureus.39629>
4. Sharma K., Kass D.A. Heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms, clinical features, and therapies // *Circ. Res.* 2014. Vol. 115, №1. P. 79–96. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.302922>
5. Tasha T., Desai A., Bajgain A., Ali A., Dutta C., Pasha K., Paul S., Abbas M.S., Nassar S.T., Mohammed L. A literature review on the coexisting chronic obstructive pulmonary disease and heart failure // *Cureus.* 2023. Vol.15, №10. Article number: e47895. <https://doi.org/10.7759/cureus.47895>
6. Daou D., Gillette T.G., Hill J.A. Inflammatory mechanisms in heart failure with preserved ejection fraction // *Physiology (Bethesda).* 2023. Vol.38, №5. P.217–230. <https://doi.org/10.1152/physiol.00004.2023>
7. Farland M.Z., Peters C.J., Williams J.D., Bielak K.M., Heide R.E., Ray S.M.  $\beta$ -blocker use and incidence of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations // *Ann. Pharmacother.* 2013. Vol.47, №5. P.651–656. <https://doi.org/10.1345/aph.1R600>
8. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD. 2024 Report. URL: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>
9. Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р., Белевский А.С., Лещенко И.В., Овчаренко С.И., Шмелев Е.И. Хроническая обструктивная болезнь легких: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению // *Пульмонология.* 2022. Т.32, №3. С.356–392. EDN: ANYVUN. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-3-356-392>
10. Khanji M.Y., Bicalho V.V., van Waardhuizen C.N., Ferket B.S., Petersen S.E., Hunink M.G. Cardiovascular risk

assessment: A systematic review of guidelines // *Ann. Intern. Med.* 2016. Vol.165, №10. P.713–722. <https://doi.org/10.7326/M16-1110>

11. Morgan A.D., Zakeri R., Quint J.K. Defining the relationship between COPD and CVD: what are the implications for clinical practice? // *Ther. Adv. Respir. Dis.* 2018. Vol.12. Article number: 1753465817750524. <https://doi.org/10.1177/1753465817750524>

12. Zeng Q., Jiang S. Update in diagnosis and therapy of coexistent chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure // *J. Thorac. Dis.* 2012. Vol.4, №3. P.310–315. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2012.01.09>

13. Taylor C.J., Moore J., O'Flynn N. Diagnosis and management of chronic heart failure: NICE guideline update 2018 // *Br. J. Gen. Pract.* 2019. Vol.69, №682. P. 265–266. <https://doi.org/10.3399/bjgp19X702665>

14. Goyder C.R., Roalfe A.K., Jones N.R., Taylor K.S., Plumtre C.D., James O., Fanshawe T.R., Hobbs F.D.R., Taylor C.J. Diagnostic accuracy of natriuretic peptide screening for left ventricular systolic dysfunction in the community: systematic review and meta-analysis // *ESC Heart Fail.* 2023. Vol.10, №3. P.1643–1655. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14314>

15. Nasir S.A., Singh S., Fotedar M., Chaudhari S.K., Sethi K.K. Echocardiographic evaluation of right ventricular function and its role in the prognosis of chronic obstructive pulmonary disease // *J. Cardiovasc. Echogr.* 2020. Vol.30, №3. P.125–130. [https://doi.org/10.4103/jcecho.jcecho\\_10\\_20](https://doi.org/10.4103/jcecho.jcecho_10_20)

16. Schäfer M., Humphries S., Stenmark K.R., Kheyfets V.O., Buckner J.K., Hunter K.S., Fenster B.E. 4D-flow cardiac magnetic resonance-derived vorticity is sensitive marker of left ventricular diastolic dysfunction in patients with mild-to-moderate chronic obstructive pulmonary disease // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2018. Vol.19, №4. P.415–424. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex069>

17. Алехин М.Н., Бартош-Зеленая С.Ю., Берестень Н.Ф., Бощенко А.А., Врублевский А.В., Глазун Л.О., Кузнецов В.А., Митьков В.В., Митькова М.Д., Нарциссова Г.П., Неласов Н.Ю., Новиков В.И., Павлюкова Е.Н., Пестовская О.Р., Рыбакова М.К., Саидова М.А., Сандриков В.А., Седов В.П., Скидан В.И., Чернов М.Ю. Стандартизация проведения трансторакальной эхокардиографии у взрослых: консенсус экспертов Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ) и Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики (РАСФД) // *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2021. №2. С.63–79. EDN: MUCMFC. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-2-63-79>

18. Frost A., Badesch D., Gibbs J.S.R., Gopalan D., Khanna D., Manes A., Oudiz R., Satoh T., Torres F., Torbicki A. Diagnosis of pulmonary hypertension // *Eur. Respir. J.* 2019. Vol.53, №1. Article number: 1801904. <https://doi.org/10.1183/13993003.01904-2018>

19. Humbert M., Kovacs G., Hoeper M.M., Badagliacca R., Berger R.M.F., Brida M., Carlsen J., Coats A.J.S., Escribano-Subias P., Ferrari P., Ferreira D.S., Ghofrani H.A., Giannakoulas G., Kiely D.G., Mayer E., Meszaros G., Nagavci B., Olsson K.M., Pepke-Zaba J., Quint J.K., Rådegran G., Simonneau G., Sitbon O., Tonia T., Toshner M., Vachieri J.L., Vonk Noordegraaf A., Delcroix M., Rosenkranz S.; ESC/ERS Scientific Document Group. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension // *Eur. Heart J.* 2022. Vol.43, №38. P.3618–3731. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac237>

20. Lechartier B., Kularatne M., Jaïs X., Humbert M., Montani D. Updated hemodynamic definition and classification of pulmonary hypertension // *Semin. Respir. Crit. Care Med.* 2023. Vol.44, №6. P.721–727. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1770115>

21. Авдеев С.Н., Барбараш О.Л., Баутин А.Е., Волков А.В., Веселова Т.Н., Галявич А.С., Гончарова Н.С., Горбачевский С.В., Данилов Н.М., Еременко А.А., Мартынюк Т.В., Моисеева О.М., Саидова М.А., Сергиенко В.Б., Симакова М.А., Стукалова О.В., Чазова И.Е., Чернявский А.М., Шалаев С.В., Шмальц А.А., Царева Н.А. Легочная гипертензия, в том числе хроническая тромбоэмболическая легочная гипертензия. Клинические рекомендации 2020 // *Российский кардиологический журнал.* 2021. Т.26, №12. С.198–267. EDN: ВХКВТО. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4683>

22. Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K., Solomon S.D., Louie E.K., Schiller N.B. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010. Vol.23, №7. P.685–713; quiz 786–788. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>

23. D'Alto M., Di Maio M., Romeo E., Argiento P., Blasi E., Di Vilio A., Rea G., D'Andrea A., Golino P., Naeije R. Echocardiographic probability of pulmonary hypertension: a validation study // *Eur. Respir. J.* 2022. Vol.60, №2. Article number: 2102548. doi: 10.1183/13993003.02548-2021

24. Николаева Е.А., Мартынюк Т.В. Новые диагностические критерии легочной артериальной гипертензии: за и против // *Системные гипертензии.* 2023. Т.20, №2. С.21–27. EDN: MDEHUS. <https://doi.org/10.38109/2075-082X-2023-2-21-27>

25. Kitabatake A., Inoue M., Asao M., Masuyama T., Tanouchi J., Morita T., Mishima M., Uematsu M., Shimazu T., Hori M., Abe H. Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique // *Circulation.* 1983.

Vol.68, №2. P.302–309. <https://doi.org/10.1161/01.cir.68.2.302>

26. Сумин А.Н., Архипов О.Г. Маркёры диастолической дисфункции правого желудочка у больных с лёгочной гипертензией // Клиническая медицина. 2018. Т.96, №1. С.30–37. EDN: YURDXW. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2018-96-1-30-37>

27. 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. Т.58, №5. С.82–90. EDN: XNJCKD. <https://doi.org/10.18087/cardio.2018.5.10124>

28. Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function // J. Cardiol. 1995. Vol.26, №2. P.135–136.

29. Хроническая сердечная недостаточность: клинические рекомендации. М.: МЗ РФ, 2020. URL: [https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/156\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/156_1)

30. Cengiz Elçioğlu B., Kamat S., Yurdakul S., Şahin Ş.T., Sarper A., Yıldız P., Aytakin S. Assessment of subclinical left ventricular systolic dysfunction and structural changes in patients with chronic obstructive pulmonary disease // Intern. Med. J. 2022. Vol.52, №10. P.1791–1798. <https://doi.org/10.1111/imj.15424>

31. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., Беграбекова Ю.Л., Васюк Ю.А., Гарганеева А.А., Гендлин Г.Е., Глезер М.Г., Готье С.В., Довженко Т.В., Кобалава Ж.Д., Козиолова Н.А., Коротеев А.В., Мареев Ю.В., Овчинников А.Г., Перепеч Н.Б., Тарловская Е.И., Чесникова А.И., Шевченко А.О., Арутюнов Г.П., Беленков Ю.Н., Галявич А.С., Гиляревский С.Р., Драпкина О.М., Дупляков Д.В., Лопатин Ю.М., Ситникова М.Ю., Скибицкий В.В., Шляхто Е.В. Клинические рекомендации РКО. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение // Кардиология. 2018. Т.58, №6S. С.8–158. EDN: XUARED. <https://doi.org/10.18087/cardio.2475>

32. Невзорова В.А., Захарчук Н.В., Шапкина Е.Ю., Кондрашова Е.А., Кондрашов Д.В. ХОБЛ и доклинические признаки поражения сердечно-сосудистой системы // Южно-Российский журнал терапевтической практики. 2021. Т.2, №2. С.70–79. EDN: BIEKCD. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2021-2-2-70-79>

33. Rossi A., Aisanov Z., Avdeev S., Di Maria G., Donner C.F., Izquierdo J.L., Roche N., Similowski T., Watz H., Worth H., Miravittles M. Mechanisms, assessment and therapeutic implications of lung hyperinflation in COPD // Respir. Med. 2015. Vol.109, №7. P.785–802. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2015.03.010>

34. Chan N., Wang T.K.M., Anthony C., Hassan O.A., Chetrit M., Dillenbeck A., Smiseth O.A., Nagueh S.F., Klein A.L. Echocardiographic evaluation of diastolic function in special populations // Am. J. Cardiol. 2023. Vol.202. P.131–143. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2023.05.032>

35. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Popescu B.A., Waggoner A.D. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2016. Vol.29, №4. P.277–314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>

36. Burgess M.I., Mogulkoc N., Bright-Thomas R.J., Bishop P., Egan J.J., Ray S.G. Comparison of echocardiographic markers of right ventricular function in determining prognosis in chronic pulmonary disease // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2002. Vol.15, №6. P.633–649. <https://doi.org/10.1067/mje.2002.118526>

37. Armentaro G., Pelaia C., Cassano V., Miceli S., Maio R., Perticone M., Pastori D., Pignatelli P., Andreozzi F., Violi F., Sesti G., Sciacqua A. Association between right ventricular dysfunction and adverse cardiac events in mild COPD patients // Eur. J. Clin. Invest. 2023. Vol.53, №2. Article number: e13887. <https://doi.org/10.1111/eci.13887>

38. Cherneva Z., Valev D., Youroukova V., Cherneva R. Left ventricular diastolic dysfunction in non-severe chronic obstructive pulmonary disease - a step forward in cardiovascular comorbidity // PLoS One. 2021. Vol.16, №3. Article number: e0247940. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247940>

39. Faria R.A., Goulart C.L., Santos P.B., Marinho R.S., Firmino S.M., Rizzatti F.P.G., Mendes R.G., Borghi-Silva A., Roscani M.G. Association of right ventricle diastolic diameter with pulmonary function, exercise tolerance and exacerbation period in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A prospective study // Heart Lung. 2022. Vol.55. P. 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2022.04.003>

## REFERENCES

1. Pellicori P., Cleland J.G.F., Clark A.L. Chronic obstructive pulmonary disease and heart failure: A breathless conspiracy. *Cardiol. Clin.* 2022; 40(2):171-182. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2021.12.005>

2. Karoli N.A., Borodkin A.V., Rebrov A.P. [Different origins of chronic heart failure in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Pulmonologiya* 2016; 26(1):38-45 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2016-26-1-38-45>

3. Mohammed R.A., Mohamed L.A., Abdelsalam E.M., Maghraby H.M., Elkenany N.M., Nabawi O.E., Sultan I. Assessment of cardiac dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): A cross-sectional study.

*Cureus* 2023; 15(5): e39629. <https://doi.org/10.7759/cureus.39629>

4. Sharma K., Kass D.A. Heart failure with preserved ejection fraction: mechanisms, clinical features, and therapies. *Circ. Res.* 2014; 115(1):79-96. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.115.302922>

5. Tasha T., Desai A., Bajgain A., Ali A., Dutta C., Pasha K., Paul S., Abbas M.S., Nassar S.T., Mohammed L. A literature review on the coexisting chronic obstructive pulmonary disease and heart failure. *Cureus* 2023; 15(10): e47895. <https://doi.org/10.7759/cureus.47895>

6. Daou D., Gillette T.G., Hill J.A. Inflammatory mechanisms in heart failure with preserved ejection fraction. *Physiology (Bethesda)* 2023; 38(5): 217-230. <https://doi.org/10.1152/physiol.00004.2023>

7. Farland M.Z., Peters C.J., Williams J.D., Bielak K.M., Heide R.E., Ray S.M.  $\beta$ -blocker use and incidence of chronic obstructive pulmonary disease exacerbations. *Ann. Pharmacother.* 2013; 47(5): 651-656. <https://doi.org/10.1345/aph.1R600>

8. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2024 Report. Available at: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>

9. Chuchalin A.G., Avdeev S.N., Aisanov Z.R., Belevskiy A.S., Leshchenko I.V., Ovcharenko S.I., Shmelev E.I. [Federal guidelines on diagnosis and treatment of chronic obstructive pulmonary disease]. *Pulmonologiya* 2022; 32(3):356-392 (in Russian). <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2022-32-3-356-392>

10. Khanji M.Y., Bicalho V.V., van Waardhuizen C.N., Ferket B.S., Petersen S.E., Hunink M.G. Cardiovascular risk assessment: A systematic review of guidelines. *Ann. Intern. Med.* 2016; 165(10):713-722. <https://doi.org/10.7326/M16-1110>

11. Morgan A.D., Zakeri R., Quint J.K. Defining the relationship between COPD and CVD: what are the implications for clinical practice? *Ther. Adv. Respir. Dis.* 2018; 12: 1753465817750524. <https://doi.org/10.1177/1753465817750524>

12. Zeng Q., Jiang S. Update in diagnosis and therapy of coexistent chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure. *J. Thorac. Dis.* 2012; 4(3):310-315. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2072-1439.2012.01.09>

13. Taylor C.J., Moore J., O'Flynn N. Diagnosis and management of chronic heart failure: NICE guideline update 2018. *Br. J. Gen. Pract.* 2019; 69(682):265-266. <https://doi.org/10.3399/bjgp19X702665>

14. Goyder C.R., Roalfe A.K., Jones N.R., Taylor K.S., Plumtre C.D., James O., Fanshawe T.R., Hobbs F.D.R., Taylor C.J. Diagnostic accuracy of natriuretic peptide screening for left ventricular systolic dysfunction in the community: systematic review and meta-analysis. *ESC Heart Fail.* 2023; 10(3):1643-1655. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14314>

15. Nasir S.A., Singh S., Fotedar M., Chaudhari S.K., Sethi K.K. Echocardiographic evaluation of right ventricular function and its role in the prognosis of chronic obstructive pulmonary disease. *J. Cardiovasc. Echogr.* 2020; 30(3):125-130. [https://doi.org/10.4103/jcecho.jcecho\\_10\\_20](https://doi.org/10.4103/jcecho.jcecho_10_20)

16. Schäfer M., Humphries S., Stenmark K.R., Kheyfets V.O., Buckner J.K., Hunter K.S., Fenster B.E. 4D-flow cardiac magnetic resonance-derived vorticity is sensitive marker of left ventricular diastolic dysfunction in patients with mild-to-moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging* 2018; 19(4):415-424. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jex069>

17. Alekhin M.N., Bartosh-Zelenaya S.Yu., Beresten N.F., Boshchenko A.A., Vrublevskiy A.V., Glazun L.O., Kuznetsov V.A., Mitkov V.V., Mitkova M.D., Nartsissova G.P., Nelasov N.Yu., Novikov V.I., Pavlyukova E.N., Pestovskaya O.R., Rybakova M.K., Saidova M.A., Sandrikov V.A., Sedov V.P., Skidan V.I., Chernov M.Yu. [Standardization of transthoracic echocardiography in adults: an expert consensus statement from the Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine (RASUDM) and the Russian Association of Specialists in Functional Diagnostics (RASFD)]. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika = Ultrasound and Functional Diagnostics* 2021; (2):63-79 (in Russian). <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-2-63-79>

18. Frost A., Badesch D., Gibbs J.S.R., Gopalan D., Khanna D., Manes A., Oudiz R., Satoh T., Torres F., Torbicki A. Diagnosis of pulmonary hypertension. *Eur. Respir. J.* 2019; 53(1): 1801904. <https://doi.org/10.1183/13993003.01904-2018>

19. Humbert M., Kovacs G., Hoeper M.M., Badagliacca R., Berger R.M.F., Brida M., Carlsen J., Coats A.J.S., Escribano-Subias P., Ferrari P., Ferreira D.S., Ghofrani H.A., Giannakoulas G., Kiely D.G., Mayer E., Meszaros G., Nagavci B., Olsson K.M., Pepke-Zaba J., Quint J.K., Rådegran G., Simonneau G., Sitbon O., Tonia T., Toshner M., Vachieri J.L., Vonk Noordegraaf A., Delcroix M., Rosenkranz S.; ESC/ERS Scientific Document Group. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur. Heart J.* 2022; 43(38):3618-3731. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac237>

20. Lechartier B., Kularatne M., Jaïs X., Humbert M., Montani D. Updated hemodynamic definition and classification of pulmonary hypertension. *Semin. Respir. Crit Care Med.* 2023; 44(6):721-727. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1770115>

21. Avdeev S.N., Barbarash O.L., Bautin A.E., Volkov A.V., Veselova T.N., Galyavich A.S., Goncharova N.S., Gorbachevsky S.V., Danilov N.M., Eremenko A.A., Martynyuk T.V., Moiseeva O.M., Saidova M.A., Sergienko V.B., Simakova M.A., Stukalova O.V., Chazova I.E., Chernyavsky A.M., Shalaev S.V., Shmalts A.A., Tsareva N.A. [2020 Clinical practice guidelines for Pulmonary hypertension, including chronic thromboembolic pulmonary hypertension]. *Russian Journal of Cardiology* 2021; 26(12):4683 (in Russian). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4683>

22. Rudski L.G., Lai W.W., Afilalo J., Hua L., Handschumacher M.D., Chandrasekaran K., Solomon S.D., Louie E.K., Schiller N.B. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2010; 23(7):685-713; quiz 786-788. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2010.05.010>
23. D'Alto M., Di Maio M., Romeo E., Argiento P., Blasi E., Di Vilio A., Rea G., D'Andrea A., Golino P., Naeije R. Echocardiographic probability of pulmonary hypertension: a validation study. *Eur. Respir. J.* 2022; 60(2): 2102548. doi: 10.1183/13993003.02548-2021
24. Nikolaeva E.A., Martynyuk T.V. [New criteria for diagnosis of pulmonary arterial hypertension: pros and cons]. *Systemic Hypertension* 2023;20(2):21-27 (in Russian). <https://doi.org/10.38109/2075-082X-2023-2-21-27>
25. Kitabatake A., Inoue M., Asao M., Masuyama T., Tanouchi J., Morita T., Mishima M., Uematsu M., Shimazu T., Hori M., Abe H. Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. *Circulation* 1983; 68(2):302-309. <https://doi.org/10.1161/01.cir.68.2.302>
26. Sumin A.N., Arkhipov O.G. [Markers of right ventricular diastolic dysfunction in patients with pulmonary hypertension]. *Klinicheskaja medicina = Clinical Medicine* 2018; 96(1):30-37 (in Russian). <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2018-96-30-37>
27. Islamova M.R., Lazarev P.V., Safarova A.F., Kobalava Zh.D. [The value of right ventricular dysfunction and right ventricular - pulmonary artery coupling in chronic heart failure: The role of echocardiography]. *Kardiologija* 2018; 58(5):82-90 (in Russian). <https://doi.org/10.18087/cardio.2018.5.10124>
28. Tei C. New non-invasive index for combined systolic and diastolic ventricular function. *J. Cardiol.* 1995; 26(2):135-136.
29. [Chronic heart failure: clinical guidelines]. Moscow: Ministry of Healthcare RF, 2020 (in Russian). Available at: [https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/156\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/156_1)
30. Cengiz Elçioglu B., Kamat S., Yurdakul S., Şahin Ş.T., Sarper A., Yıldız P., Aytakin S. Assessment of subclinical left ventricular systolic dysfunction and structural changes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intern. Med. J.* 2022; 52(10):1791-1798. <https://doi.org/10.1111/imj.15424>
31. Mareev V.Yu., Fomin I.V., Ageev F.T., Begrambekova Yu.L., Vasyuk Yu.A., Garganeeva A.A., Gendlin G.E., Glezer M.G., Gautier S.V., Dovzhenko T.V., Kobalava Zh.D., Koziolova N.A., Koroteev A.V., Mareev Yu.V., Ovchinnikov A.G., Perepech N.B., Tarlovskaya E.I., Chesnikova A.I., Shevchenko A.O., Arutyunov G.P., Belenkov Yu.N., Galyavich A.S., Gilyarevsky S.R., Drapkina O.M., Duplyakov D.V., Lopatin Yu.M., Sitnikova M.Yu., Skibitsky V.V., Shlyakhto E.V. Russian Heart Failure Society, Russian Society of Cardiology. Russian Scientific Medical Society of Internal Medicine. [Guidelines for Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). Diagnosis, prevention and treatment]. *Kardiologija* 2018; 58(6S):8-158 (in Russian). <https://doi.org/10.18087/cardio.2475>
32. Nevzorova V.A., Zakharchuk N.V., Shapkina E.U., Kondrashova E.A., Kondrashov D.V. [COPD and preclinical cardiovascular disease]. *South Russian Journal of Therapeutic Practice* 2021; 2(2):70-79 (in Russian). <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2021-2-2-70-79>
33. Rossi A., Aisanov Z., Avdeev S., Di Maria G., Donner C.F., Izquierdo J.L., Roche N., Similowski T., Watz H., Worth H., Miravittles M. Mechanisms, assessment and therapeutic implications of lung hyperinflation in COPD. *Respir. Med.* 2015; 109(7):785-802. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2015.03.010>
34. Chan N., Wang T.K.M., Anthony C., Hassan O.A., Chetrit M., Dillenbeck A., Smiseth O.A., Nagueh S.F., Klein A.L. Echocardiographic evaluation of diastolic function in special populations. *Am. J. Cardiol.* 2023; 202:131-143. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2023.05.032>
35. Nagueh S.F., Smiseth O.A., Appleton C.P., Byrd B.F. 3rd, Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf F.A., Gillebert T.C., Klein A.L., Lancellotti P., Marino P., Oh J.K., Popescu B.A., Waggoner A.D. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2016; 29(4):277-314. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2016.01.011>
36. Burgess M.I., Mogulkoc N., Bright-Thomas R.J., Bishop P., Egan J.J., Ray S.G. Comparison of echocardiographic markers of right ventricular function in determining prognosis in chronic pulmonary disease. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2002; 15(6):633-649. <https://doi.org/10.1067/mje.2002.118526>
37. Armentaro G., Pelaia C., Cassano V., Miceli S., Maio R., Perticone M., Pastori D., Pignatelli P., Andreozzi F., Violi F., Sesti G., Sciacqua A. Association between right ventricular dysfunction and adverse cardiac events in mild COPD patients. *Eur. J. Clin. Invest.* 2023; 53(2): e13887. <https://doi.org/10.1111/eci.13887>
38. Cherneva Z., Valev D., Youroukova V., Cherneva R. Left ventricular diastolic dysfunction in non-severe chronic obstructive pulmonary disease – a step forward in cardiovascular comorbidity. *PLoS One* 2021; 16(3): e0247940. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247940>
39. Faria R.A., Goulart C.L., Santos P.B., Marinho R.S., Firmino S.M., Rizzatti F.P.G., Mendes R.G., Borghi-Silva A.,

Roscani M.G. Association of right ventricle diastolic diameter with pulmonary function, exercise tolerance and exacerbation period in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A prospective study. *Heart Lung* 2022; 55:11-15. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2022.04.003>

---

**Информация об авторах:**

**Татьяна Васильевна Сычёва**, врач ультразвуковой диагностики, аспирант, лаборатория функциональных методов исследования дыхательной системы, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: sycheva007@mail.ru

**Юлий Михайлович Перельман**, член-корреспондент РАН, д-р мед. наук, профессор, зам. директора по научной работе, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»; e-mail: jperelman@mail.ru

**Author information:**

**Tatyana V. Sycheva**, Ultrasonographer, Postgraduate Student, Laboratory of Functional Research of Respiratory System, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration, 22 Kalinina Str., Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation. E-mail: sycheva007@mail.ru

**Juliy M. Perelman**, MD, PhD, DSc (Med.), Professor, Corresponding Member of RAS, Deputy Director on Scientific Work, Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration; e-mail: jperelman@mail.ru

---

*Поступила 26.01.2024  
Принята к печати 27.02.2024*

*Received January 26, 2024  
Accepted February 27, 2024*