

УДК 616.12-008.46-36.12-06:616.24-005.3-07
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-4-38-46>

Оценка наличия и динамики легочного застоя по данным ультразвукового и дистанционного диэлектрического исследования (ReDS) у пациентов, госпитализированных с декомпенсацией хронической сердечной недостаточности

Кобалава Ж.Д.¹, Сафарова А.Ф.^{1,2}, Толкачева В.В.¹, Зоря О.Т.¹, Кабельо Монтойа Ф.Э.¹, Назаров И.С.¹, Лапшин А.А.^{1,2}, Смирнов И.П.¹, Хуцишвили Н.И.¹, Галочкин С.А.^{1,2}, Вацик-Городецкая М.В.²

¹ Российский университет дружбы народов (РУДН)
Россия, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8

² Городская клиническая больница (ГКБ) им. В.В. Виноградова
Россия, 117292, г. Москва, ул. Вавилова, 61

РЕЗЮМЕ

Цель: провести сравнительную оценку наличия и динамики легочного застоя по данным ультразвукового (УЗИ) и дистанционного диэлектрического (ReDS) исследования у пациентов, госпитализированных с декомпенсацией хронической сердечной недостаточности (ХСН).

Материалы и методы. В пилотное одноцентровое исследование включались пациенты, госпитализированные с декомпенсацией ХСН. В течение 24 ч от момента госпитализации и при выписке одновременно проводились УЗИ легких и исследование с применением технологии ReDS. Ультразвуковое исследование легких выполнялось по протоколу с оценкой восьми зон и подсчетом суммы В-линий. Легочный застой подтверждался при сумме В-линий ≥ 5 . Исследование ReDS выполнялось по протоколу производителя, застой подтверждался при получении значения более 35%. Для определения межоператорской вариабельности ReDS каждому пациенту исследование проводили два заслепленных оператора с интервалом 20–30 мин независимо друг от друга.

Результаты. В исследование были включены 35 пациентов: 40% ($n = 14$) мужчин, средний возраст 71 (65,5; 78,5) год, медиана NT-proBNP составила 1 379 (470; 4 277) пг/л. Гидроторакс при поступлении наблюдался у 31,4% ($n = 11$) пациентов. Частота легочного застоя, по данным УЗИ, составила 57,1% ($n = 20$), из них легкая степень застоя наблюдалась у 31,4% ($n = 11$), средняя – у 22,9% ($n = 8$), тяжелая – у 2,9% ($n = 1$) пациентов. Легочный застой, по данным ReDS, наблюдался у 62,9% ($n = 22$), из них легкий у 37,1% ($n = 13$), средний у 22,9% ($n = 8$), тяжелый у 2,9% ($n = 1$). Выявлена умеренная корреляционная связь между показателями ReDS (%) и УЗИ легких (сумма В-линий) при поступлении ($r = 0,402$; $p = 0,017$). При выписке корреляционной взаимосвязи между двумя методами выявлено не было ($p = 0,613$). Частота согласия по наличию или отсутствию признаков застоя, по данным обоих методов, на момент поступления составила 77,1% ($p = 0,004$) со средним значением коэффициента согласия каппа Коэна ($\kappa = 0,53$). Наблюдалась средняя межоператорская вариабельность для исследования ReDS (коэффициент вариабельности 9,9%).

Заключение. Отмечена умеренная корреляционная связь между показателями ReDS (%) и УЗИ легких (сумма В-линий) в отношении выявления легочного застоя при поступлении ($r = 0,402$; $p = 0,017$). При выписке корреляционной взаимосвязи между двумя методами выявлено не было ($p = 0,613$).

Ключевые слова: сердечная недостаточность, легочный застой, УЗИ легких, дистанционное диэлектрическое исследование (ReDS)

✉ Толкачева Вероника Владимировна, tolkachevav@mail.ru

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

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Соответствие принципам этики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом РУДН.

Для цитирования: Кобалава Ж.Д., Сафарова А.Ф., Толкачева В.В., Зоря О.Т., Кабельо Монтойа Ф.Э., Назаров И.С., Лапшин А.А., Смирнов И.П., Хуцишвили Н.И., Галочкин С.А., Вацик-Городецкая М.В. Оценка наличия и динамики легочного застоя по данным ультразвукового и дистанционного диэлектрического исследования (REDS) у пациентов, госпитализированных с декомпенсацией хронической сердечной недостаточности. *Бюллетень сибирской медицины*. 2024;23(4):38–46. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-4-38-46>.

Assessing pulmonary congestion in patients hospitalized with decompensated chronic heart failure according to lung ultrasound and remote dielectric sensing (ReDS)

Kobalava Zh.D.¹, Safarova A.F.^{1,2}, Tolkacheva V.V.¹, Zorya O.T.¹, Cabello Montoya F.E.¹, Nazarov I.S.¹, Lapshin A.A.^{1,2}, Smirnov I.P.¹, Khutsishvili N.I.¹, Galochkin S.A.^{1,2}, Vatsik-Gorodetskaya M.V.²

¹ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
8, Mikluho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation

² Vinogradov City Clinical Hospital
61, Vavilova Str., Moscow, 117292, Russian Federation

ABSTRACT

Aim. To conduct a comparative assessment of parameters and dynamics of pulmonary congestion according to lung ultrasound and remote dielectric sensing (ReDS) in patients hospitalized with decompensated chronic heart failure (CHF)

Materials and methods. The pilot single-center study included patients hospitalized with decompensated CHF. Lung ultrasound and ReDS were simultaneously performed within 24 hours from the moment of hospitalization and at discharge. Eight-zone lung ultrasound was performed with the calculation of the sum of B-lines. Pulmonary congestion was confirmed with the sum of B-lines ≥ 5 . ReDS was performed according to the manufacturer's protocol. Congestion was confirmed at the value of more than 35%. To determine ReDS interoperator variability, each patient was examined by two operators who were blind to each other's findings with a 20–30-minute interval.

Results. Thirty-five patients were included in the study: 40% ($n = 14$) men, the average age was 71 (65.5; 78.5) years, the median NT-proBNP was 1,379 (470; 4,277) pg / l. Hydrothorax at admission was observed in 31.4% ($n = 11$) of patients. The incidence of pulmonary congestion according to lung ultrasound was 57.1% ($n = 20$): 31.4% ($n = 11$) of patients had mild congestion, 22.9% ($n = 8$) – moderate, and 2.9% ($n = 1$) – severe congestion. ReDS data revealed pulmonary congestion in 62.9% ($n = 22$) of cases, of which 37.1% ($n = 13$) of cases were characterized by mild, 22.9% ($n = 8$) – by moderate, and 2.9% ($n = 1$) – by severe congestion. A moderate correlation was found between ReDS (%) and lung ultrasound (sum of B-lines) findings at admission (Spearman's rank correlation coefficient = 0.402; $p = 0.017$). No correlation between the two methods was found at discharge ($p = 0.613$). The frequency of agreement between lung ultrasound and ReDS on signs of congestion at admission was 77.1% ($p = 0.004$) with an average Cohen's Kappa coefficient ($\kappa = 0.53$). The average interoperator variability in ReDS was 9.9%.

Conclusion. A moderate correlation was revealed between ReDS (%) and lung ultrasound (sum of B-lines) in detecting pulmonary congestion (Spearman's rank correlation coefficient = 0.402; $p = 0.017$). No correlation between the two methods was found at discharge ($p = 0.613$).

Keywords: heart failure, pulmonary congestion, lung ultrasound, remote dielectric sensing (ReDS)

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The authors state that they received no funding for the study.

Conformity with the principles of ethics. All patients signed an informed consent to participate in the study. The study was approved by the Ethics Committee at RUDN University.

For citation: Kobalava Zh.D., Safarova A.F., Tolkacheva V.V., Zorya O.T., Cabello Montoya F.E., Nazarov I.S., Lapshin A.A., Smirnov I.P., Khutsishvili N.I., Galochkin S.A., Vatsik-Gorodetskaya M.V. Assessing pulmonary congestion in patients hospitalized with decompensated chronic heart failure according to lung ultrasound and remote dielectric sensing (ReDS). *Bulletin of Siberian Medicine*. 2024;23(4):38–46. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2024-4-38-46>.

ВВЕДЕНИЕ

Определение статуса гидратации, в том числе количественная оценка тяжести застоя, является одной из актуальных задач в аспекте лечения декомпенсации сердечной недостаточности как в госпитальных, так и в амбулаторных условиях. Гемодинамическая перегрузка, а впоследствии и венозный застой являются звеньями патофизиологических реакций, включенных в формирования данного состояния.

Выписка из стационара до полного разрешения застоя увеличивает риск смерти и повторных госпитализаций [1–3]. Кроме того, у пациентов при выписке может наблюдаться субклинический застой, который выявляется только лабораторно-инструментальными методами, а клинические проявления могут развиваться еще до окончания первой недели наблюдения за пациентом в амбулаторных условиях [2, 3].

Более 90% госпитализаций, связанных с сердечной недостаточностью (СН), происходят из-за наличия легочного застоя (CHAMPION trial) [4]. Ранее выявление легочного застоя является крайне важным, так как позволяет вовремя предотвратить развитие эпизода декомпенсации, вовремя скорректировать лечение и улучшить прогноз.

В настоящее время в качестве инструментальных методов для выявления застойных явлений в легких, согласно действующим европейским рекомендациям, у пациентов с острой СН рекомендованы рентгенография грудной клетки и ультразвуковое исследование (УЗИ) легких [5, 6].

По данным ранее опубликованных работ, включая рандомизированные клинические исследования и крупные зарубежные регистры, УЗИ легких продемонстрировало значительно более высокую чувствительность и специфичность (диагностическую ценность) в выявлении легочного застоя, а также обладало независимой прогностической ценностью [7–9]. Однако ввиду ограничений методов сохраня-

ется актуальность поиска новых способов оценки степени застоя.

Относительно недавно была предложена неинвазивная технология ReDS (Remote Dielectric Sensing), позволяющая количественно оценить суммарный объем жидкости в легких путем определения диэлектрических свойств ткани. В результате измерения оператор быстро и безопасно получает числовое значение, соответствующее проценту жидкости в легочной ткани. По данным метаанализа, включившем работы, опубликованные с 2017 по 2021 г. с анализом выборки из 985 пациентов, ведение пациентов с использованием технологии ReDS снижало частоту повторной госпитализации по поводу сердечной недостаточности [10]. Однако работы по сравнительной оценке метода УЗИ легких и дистанционного диэлектрического (ReDS) исследования у пациентов с СН единичны [11], а с участием российской популяции пациентов отсутствуют.

Таким образом, целью данного исследования была сравнительная оценка наличия легочного застоя по данным УЗИ и дистанционного диэлектрического (ReDS) исследования у пациентов, госпитализированных с декомпенсацией СН.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 35 пациентов, госпитализированных с декомпенсацией хронической сердечной недостаточностью (ХСН), вне зависимости от фракции выброса левого желудочка, в отделение реанимации и интенсивной терапии для кардиобольных ГКБ им. В.В. Виноградова, г. Москва. Острая декомпенсированная сердечная недостаточность была диагностирована на основании действующих клинических рекомендаций [12, 13]. В исследование не включали больных с тяжелыми заболеваниями печени, иммобилизацией, терминальными соматическими и злокачественными заболеваниями, острым коронарным синдромом, отеком

синдромом иной этиологии, наличием электрокардиостимулятора, выраженной деформацией грудной клетки, острыми инфекционными заболеваниями (в том числе пневмонией и COVID-19).

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом РУДН. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской декларации.

Всем пациентам, включенным в исследование, при госпитализации и выписке проводили стандартное физическое, лабораторное и инструментальное обследование, в которое включали УЗИ легких, определение NT-proBNP, исследование с применением технологии ReDS, фиброэластометрию печени, биоимпедансный анализ состава тела, оценку венозного застоя по протоколу VEXUS. Дизайн исследования представлен на рис. 1. Характеристика и основные лабораторно-инструментальные показатели пациентов приведены в таблице.

Одноцентровое проспективное исследование
Включено 35 процентов

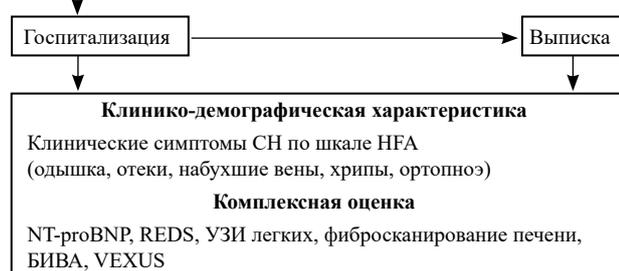


Рис. 1. Дизайн исследования

Таблица

Клинико-демографическая характеристика и лабораторно-инструментальные показатели пациентов, включенных в исследование, $n = 35$

Показатель	Значение
<i>Клинико-демографическая характеристика</i>	
Пол (м/ж), n (%)	14 (40%)/ 21 (60%)
Возраст, годы, Me (IQR)	71 [65,5; 78,5]
ИМТ, кг/м ² , Me (IQR)	34,5 [27,0; 38,6]
Курение, n (%)	8 (22,9%)
ФВ ЛЖ, %, Me (IQR)	52 [40; 55]
Артериальная гипертензия, n (%)	34 (97,2%)
ОНМК в анамнезе, n (%)	5 (14,3%)
Ишемическая болезнь сердца, n (%)	14 (40,0%)
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	6 (17,2%)
Фибрилляция/трепетание предсердий, n (%)	22 (62,9%)
Сахарный диабет 2-го типа, n (%)	9 (25,7%)
Хроническая болезнь почек, n (%)	22 (62,9%)
ХОБЛ/БА, n (%)	5 (14,3%)

Окончание табл.

Показатель	Значение
САД, мм рт. ст., Me (IQR)	133 [120,5; 146]
ДАД, мм рт. ст., Me (IQR)	80 [70; 84,5]
ЧСС, мин, Me (IQR)	85 [74; 120]
<i>Лабораторно-инструментальная характеристика при госпитализации</i>	
Плотность печени, кПа, Me (IQR)	13 [6; 21]
Сумма В-линий при УЗИ легких, Me (IQR)	8 [4; 16]
БИВА, активное сопротивление, Ом/м, $M \pm SD$	394 \pm 99
БИВА, реактивное сопротивление, Ом/м, Me (IQR)	38 [31; 45]
Размер нижней полой вены, мм, $M \pm SD$	22 \pm 5
Степень застоя (GRADE) по VExUS, n (%)	GRADE 0: 14 (40%) GRADE 1: 3 (8,6%) GRADE 2: 6 (17,1%) GRADE 3: 12 (34,3%)
NT-proBNP, пг/мл, Me (IQR)	1379 (470; 4277)
Исследование ReDS, $M \pm SD$	37 \pm 6

Примечание. ИМТ – индекс массы тела, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения, САС – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, БИВА – биоимпедансный векторный анализ.

Ультразвуковое исследование легких для выявления и оценки тяжести застоя выполнялось по протоколу с подсчетом количества В-линий в восьми зонах по передней и боковым поверхностям грудной клетки на аппарате VIVID iq, GE. При сумме В-линий 6–15 застой расценивали как легкий, 16–30 – умеренный, более 30 – тяжелый.

Технология ReDS основана на определении диэлектрического коэффициента ткани. Электромагнитное излучение малой мощности проходит через ткани от излучателя к приемнику. Поскольку вода обладает очень высоким диэлектрическим коэффициентом и диэлектрические коэффициенты тканей определяются преимущественно содержащейся в ней жидкостью, оценка изменения параметров радиоволн обеспечивает возможность точного измерения совокупного объема жидкости в ткани. Таким образом, система ReDS вычисляет объемное соотношение жидкости к воздуху и показывает процентное содержание легочной жидкости [10, 11, 14].

Исследование проводилось по протоколу производителя. Пациенту устанавливали датчик с правой стороны грудной клетки в положении сидя, само измерение длилось 45 с (рис. 2). Рекомендуемый производителем диапазон нормальных значений 20–35%. Если значения показателя составляли >35%, то

считалось, что у больного имеется легочный застой. Тяжесть застоя определялась следующим образом: 36–40% – 1-я степень (повышенное содержание жидкости в легких), 41–50% – 2-я степень (высокое содержание жидкости в легких), более 50% – 3-я степень (экстремально высокое содержание жидкости в легких).



Рис. 2. Дистанционное диэлектрическое исследование (ReDS). Прибор состоит из системы двух датчиков (передний и задний), вычислительного блока и монитора

Исследование ReDS каждому пациенту проводили два разных заслепленных оператора с интервалом 20–30 мин независимо друг от друга для определения межоператорской вариабельности метода.

Для статистической обработки данных использовали программное обеспечение MedCalc Software's VAT Version 19.0 и IBM SPSS Statistics (v. 26.0). Количественные переменные описывали как среднее арифметическое значение (M) и стандартное отклонение среднего значения (SD) (при нормальном распределении) или как медиану межквартильного интервала Me (IQR) (при асимметричном распределении). Характер распределения данных определяли по критерию Колмогорова – Смирнова. При нормальном распределении данных статистическую значимость различий оценивали с помощью t -критерия Стьюдента для связанных и несвязанных выборок. При распределении данных, отличном от нормального, достоверность различий анализировали с помощью критерия Манна – Уитни для несвязанных выборок и критерия Вилкоксона для связанных выборок. Статистически значимыми считались различия при значении $p < 0,05$ (с учетом поправки Бонферрони). Направление и сила корреляционной связи между двумя количественными показателями оценивались с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (при распределении показателей, отличном от нормального).

Межоператорская вариабельность для качественных параметров оценивалась с помощью коэффициента согласия, или каппа (κ) Коэна, и рассчитывалась по формуле: $\kappa = (p_o - p_e) / (1 - p_e)$, где p_o – это относительное наблюдаемое согласие между операторами, p_e – гипотетическая вероятность случайного соглашения (при полном согласии $\kappa = 1$, а при отсутствии согласия $\kappa = 0$), при этом: $\kappa = 0-0,2$ – низкий уровень согласия; $\kappa = 0,21-0,4$ – удовлетворительный уровень; $\kappa = 0,41-0,6$ – средний уровень; $\kappa = 0,61-0,8$ – высокий уровень согласия; $\kappa = 0,81-1$ – практически полное согласие.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Застой в легких при поступлении, по данным ReDS, диагностирован у 62,9% ($n = 22$) пациентов, из них легкий у 37,1% ($n = 13$), умеренный у 22,9% ($n = 8$), тяжелый у 2,9% ($n = 1$), при выписке выявлен у 44% ($n = 15$) пациентов. Застой в легких при поступлении, по данным УЗИ, был выявлен у 57,2% ($n = 20$), из них легкая степень – у 31,4% ($n = 11$), умеренная – у 22,9% ($n = 8$), тяжелая – у 2,9% ($n = 1$), при выписке выявлен у 16% ($n = 5$) (рис. 3). Гидроторакс при поступлении наблюдался у 31,4% ($n = 11$) пациентов.

Выявлена умеренная корреляционная связь между показателями ReDS (%) и УЗИ легких (сумма В-линий) при поступлении ($r = 0,402$; $p = 0,017$). При выписке корреляционной взаимосвязи между двумя методами выявлено не было ($p = 0,613$) (рис. 4).

Частота согласия по наличию или отсутствию признаков застоя по данным обоих методов при поступлении составила 77,1% ($p = 0,004$) с умеренным значением коэффициента согласия каппа Коэна ($\kappa = 0,53$). При выписке частота согласия между методами составила 41,7% ($p = 0,223$), а коэффициент согласия был отрицательным. При учете гидроторакса как признака застоя в дополнение к учету В-линий на УЗИ легких при поступлении согласие между методами составило 71,4% ($p = 0,033$), а коэффициент согласия $\kappa = 0,388$. При выписке учет гидроторакса не вносил изменений в частоту согласия между двумя методами в выявлении застоя.

Была выявлена средняя межоператорская вариабельность для исследования ReDS (коэффициент вариабельности 9,9%). При этом вариабельность между операторами на момент госпитализации пациентов составила 12,7% для ReDS при поступлении, 6,6% при выписке. Для ReDS коэффициент согласия для исследования ReDS между операторами по выявлению застоя составил $\kappa = 0,82$ (0,908 при поступлении и 0,657 при выписке).

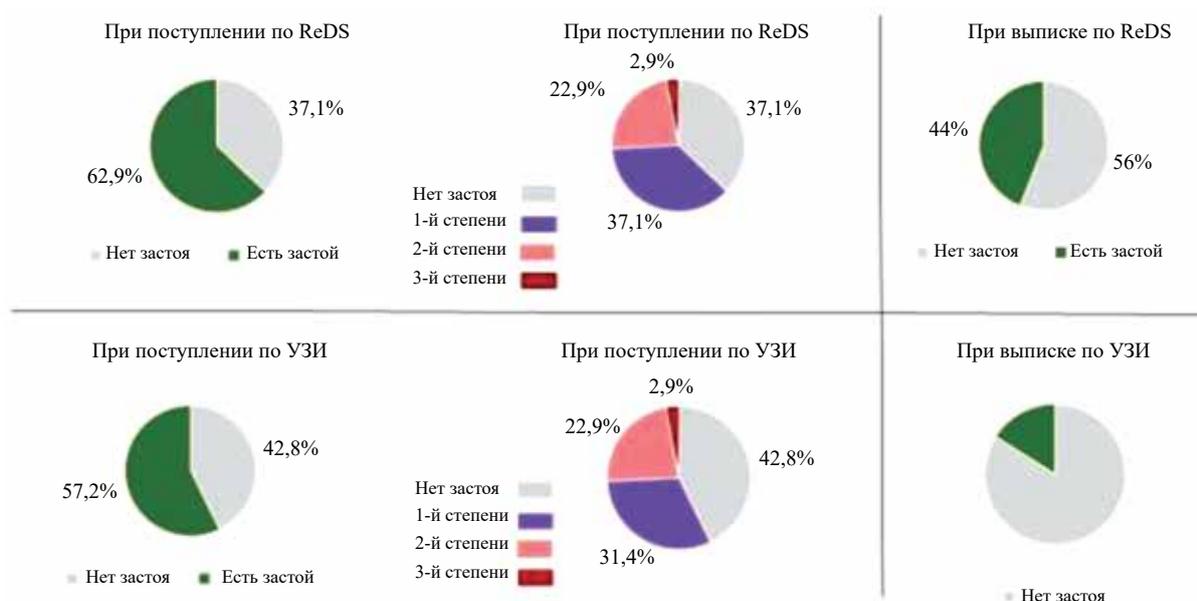


Рис. 3. Частота застоя в легких у пациентов с острой декомпенсированной хронической сердечной недостаточностью при поступлении и выписке по данным исследования ReDS и УЗИ легких ($n = 35$)

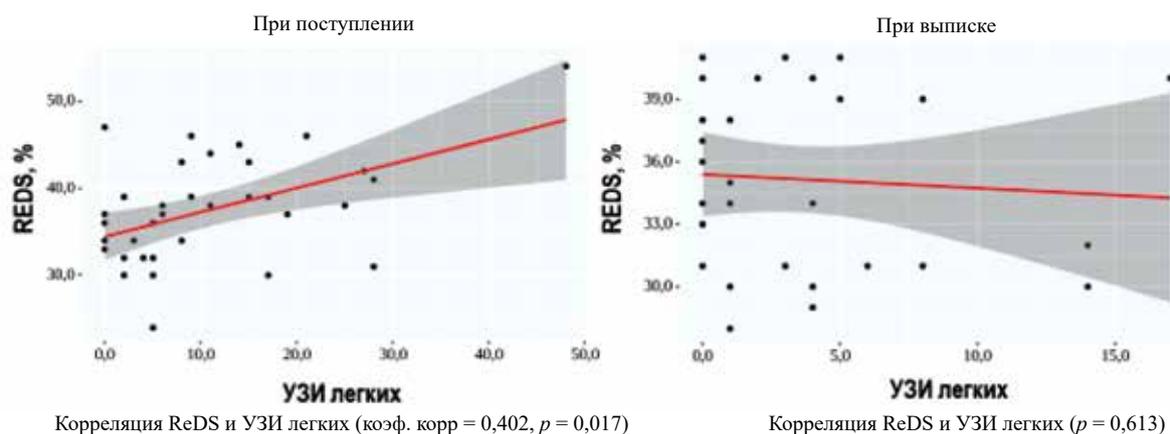


Рис. 4. Корреляционная взаимосвязь между показателями ReDS (%) и УЗИ легких (сумма В-линий)

ОБСУЖДЕНИЕ

Точность диагностики легочного застоя при помощи УЗИ легких высока, чувствительность и специфичность данного метода превышают 95%. Консенсус экспертов рекомендует УЗИ легких для диагностики легочного застоя [15]. Поэтому УЗИ легких в данном исследовании рассматривалось как золотой стандарт для оценки легочного застоя. Однако данное исследование является полуколичественным методом и требует соответствующего оборудования и высококвалифицированных специалистов.

В качестве альтернативного метода для количественной оценки степени застоя в легких и отображения процентного содержания легочной жидкости

за 45 с может быть использована система ReDS. Это независимая технология, не требующая каких-либо экспертных методик.

Была продемонстрирована сильная корреляция между показателями ReDS и клиническими признаками легочного застоя у пациентов с острой декомпенсированной хронической сердечной недостаточностью во время нахождения в стационаре [16]. Показано, что значения ReDS имеют сильную корреляцию с другими методами оценки, включая компьютерную томографию высокого разрешения (0,90 (95%-й доверительный интервал (95% ДИ)) 0,85–0,95) [17] и катетеризацию правых отделов сердца [18]. В исследовании, проведенном в Японии, наблюдалась умеренная корреляция между значениями

ReDS и компьютерной томографией высокого разрешения ($r = 0,65$; $p < 0,001$). Кроме того, было показано, что значение ReDS является независимым предиктором легочного застоя после поправки на значение натрийуретического пептида (NT-proBNP) и массу тела пациента [19].

Золотым стандартом для количественной оценки выраженности легочного застоя является катетеризация правых отделов сердца с измерением давления заклинивания в легочной артерии (ДЗЛА). Однако учитывая ряд ограничений, таких как инвазивный характер процедуры, риск осложнений, в том числе обострение сердечной недостаточности, особенно у пациентов с нестабильной гемодинамикой, а также у тех, кто получает антикоагулянты, катетеризация правых отделов сердца в рутинной клинической практике широко не применяется.

В исследовании, проведенном в Израиле, у 139 пациентов с СН был выявлен положительный коэффициент корреляции между значениями ReDS и давлением в легочной артерии ($r = 0,492$; $p < 0,001$), а также значениями и ReDS и центральным венозным давлением ($r = 0,406$; $p < 0,001$). Показано, что значение ReDS (пороговое значение 34%) обладает высокой чувствительностью (90,7%), специфичностью (77,1%) и отрицательной прогностической ценностью (94,9%) для определения ДЗЛА 18 мм рт. ст. [20]. В другом исследовании выявлена умеренная корреляция между значениями ReDS и ДЗЛА ($r = 0,698$; $p < 0,001$), а значение REDS 28% указывает на погоровое значение для прогнозирования ДЗЛА > 15 мм рт. ст. с достаточно высокой чувствительностью (0,70) и специфичностью (0,75) [17].

Было показано, что технология ReDS сопоставима с УЗИ легких в выявлении субклинического застоя в легких, так значения ReDS более 35% имели чувствительность 66,7%, специфичность 87,5% и отрицательную прогностическую ценность 93,3% по сравнению с В-линиями при ультразвуковом исследовании легких [11].

В нашем исследовании застой в легких при поступлении, по данным ReDS, диагностирован у 62,9%, по данным УЗИ – у 57,2% пациентов. Выявлена умеренная корреляционная связь между показателями ReDS (%) и УЗИ легких (сумма В-линий) при поступлении ($r = 0,402$; $p = 0,017$). Была изучена также межоператорская вариабельность значений REDS. Коэффициент согласия для исследования ReDS между операторами по выявлению застоя составил $\kappa = 0,82$ (0,908 при поступлении и 0,657 при выписке), что свидетельствует о практически полном согласии в значениях между двумя операторами. Это подтверждают и данные литературы. В исследовании в

Японии с участием 10 здоровых добровольцев продемонстрирована также очень высокая надежность измерений ReDS между тремя операторами (0,966; 95% ДИ 0,952–0,976). Это позволяет предположить, что однократное измерение ReDS является надежным [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, технология дистанционного диэлектрического исследования имеет умеренную корреляцию с УЗИ легких в отношении оценки легочного застоя у пациентов, госпитализированных с ХСН. Однако следует сказать, что в настоящее время данные методы могут рассматриваться как взаимодополняющие, а использование технологии ReDS у пациентов с СН требует дальнейшего изучения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chioncel O., Mebazaa A., Harjola V.P., Coats A.J., Piepoli M.F., Crespo-Leiro M.G. et al. On behalf of the ESC heart failure long-term registry investigators. Clinical phenotypes and outcome of patients hospitalized for acute heart failure: the ESC Heart Failure Long-Term Registry. *Eur. J. Heart Fail.* 2017;19:1242e1254. DOI: 10.1002/ejhf.890.
2. Rattarasarn I., Yingchoncharoen T., Assavapokee T. Prediction of rehospitalization in patients with acute heart failure using point-of-care lung ultrasound. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2022;22:330. DOI: 10.1186/s12872-022-02781-9.
3. Rivas-Lasarte M., Maestro A., Fernández-Martínez J., López-López L., Solé-González E., Vives-Borrás M. et al. Prevalence and prognostic impact of subclinical pulmonary congestion at discharge in patients with acute heart failure. *ESC Heart Fail.* 2020;7:2621e2628. DOI: 10.1002/ehf2.12842.
4. Adamson P.B., Abraham W.T., Aaron M., Aranda J.M., Bourge R.C., Smith A. et al. CHAMPION trial rationale and design: the long-term safety and clinical efficacy of a wireless pulmonary artery pressure monitoring system. *J. Card. Fail.* 2011;17:3e10. DOI: 10.1016/j.cardfail.2010.08.002.
5. 2022 AHA/ACC/HFSA guideline for the management of heart failure: a report of the American college of Cardiology/American heart association joint committee on clinical practice guidelines. *Circulation.* 2022;145:e895–e1032. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001063.
6. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur. Heart J.* 2021;42:3599e3726. DOI: 10.1002/ejhf.2333.
7. Platz E., Merz A., Jhund P., Vazir A., Campbell R., McMurray J.J. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. *European Journal of Heart Failure.* 2017;19(9):1154–1163. DOI: 10.1002/ejhf.839.
8. Picano E., Scali M.C., Ciampi Q., Lichtenstein D. Lung ultrasound for the cardiologist. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018;11(11):1692–1705. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.06.023.
9. Pivetta E., Goffi A., Nazerian P., Castagno D., Tozzetti C., Tizzani P. et al. Lung ultrasound integrated with clinical assess-

- ment for the diagnosis of acute decompensated heart failure in the emergency department: a randomized controlled trial. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21:754–766. DOI: 10.1002/ejhf.1379.
10. Sattar Y., Zghouzi M., Suleiman A., Sheikh A., Kupferman J., Sarfraz A. et al. Efficacy of remote dielectric sensing (ReDS) in the prevention of heart failure rehospitalizations: a metaanalysis. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives*. 2021;11(5):646–652. DOI: 10.1080/20009666.2021.1955451.
 11. Izumida T., Imamura T., Kinugawa K. Remote dielectric sensing and lung ultrasound to assess pulmonary congestion. *Heart and Vessels*. 2023;38:517–522. DOI: 10.1007/s00380-022-02190-0.
 12. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2021;42(36):3599–3726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368.
 13. Gheorghiu M., Follath F., Ponikowski P. et al. European Society of Cardiology; European Society of Intensive Care Medicine. Assessing and grading congestion in acute heart failure: a scientific statement from the acute heart failure committee of the heart failure association of the European Society of Cardiology and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine. *Eur. J. Heart Fail.* 2010;12(5):423–433. DOI: 10.1093/eurjhf/hfq045.
 14. Yuriditsky E., Horowitz J.M., Panebianco N.L., Sauthoff H., Saric M. Lung ultrasound imaging: a primer for echocardiographers. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2021;34(12):1231–1241. DOI: 10.1016/j.echo.2021.08.009.
 15. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M., Lichtenstein D.A., Mathis G., Kirkpatrick A.W. et al. International liaison committee on lung ultrasound (ILC-LUS) for international consensus conference on lung ultrasound (ICC-LUS) international evidence based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012;38(4):577–591. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4.
 16. Uriel N., Sayer G., Imamura T., Rodgers D., Kim G., Raikhelkar J. et al. Relationship between noninvasive assessment of lung fluid volume and invasively measured cardiac hemodynamics. *J. Am. Heart Assoc.* 2018;7:e009175. DOI: 10.1161/jaha.118.009175.
 17. Imamura T., Hori M., Ueno Y., Narang N., Onoda H., Tanaka S. et al. Association between lung fluid levels estimated by remote dielectric sensing values and invasive hemodynamic measurements. *J. Clin. Med.* 2022;11(5):1208. DOI: 10.3390/jcm11051208.
 18. Amir O., Rappaport D., Zafrir B., Abraham W.T. A novel approach to monitoring pulmonary congestion in heart failure: initial animal and clinical experiences using remote dielectric sensing technology. *Congest. Heart Fail.* 2013;19(3):149–155. DOI: 10.1111/chf.12021.
 19. Amir O., Azzam Z.S., Gaspar T., Faranesh-Abboud S., Andria N., Burkhoff D. et al. Validation of remote dielectric sensing (ReDS™) technology for quantification of lung fluid status: comparison to high resolution chest computed tomography in patients with and without acute heart failure. *Int. J. Cardiol.* 2016;221:841–846. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.06.323.
 20. Imamura T., Gonoï W., Hori M., Ueno Y., Narang N., Onoda H. et al. Validation of noninvasive remote dielectric sensing system to quantify lung fluid levels. *J. Clin. Med.* 2021;11(1):164. DOI: 10.3390/jcm11010164.
 21. Hori M., Imamura T., Fukuo A., Fukui T., Koi T., Ueno Y. et al. Validation of inter-rater and intra-rater reliability of remote dielectric sensing measurement. *Int. Heart J.* 2022;63:73e76. DOI: 10.1536/ihj.21-663.

Вклад авторов

Кобалава Ж.Д., Сафарова А.Ф., Вацик-Городецкая М.В. – концепция и дизайн исследования. Толкачева В.В., Зоря О.Т., Кабельо Монтойа Ф.Э. – анализ полученных данных, написание текста статьи. Назаров И.С., Лапшин А.А., Смирнов И.П., Хуцишвили Н.И., Галочкин С.А – сбор и обработка материалов.

Информация об авторах

Кобалава Жанна Давидовна – д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, зав. кафедрой внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, zkobalava@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5873-1768>

Сафарова Айтен Фуад Кызы – д-р мед. наук, профессор кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, ayensaf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2412-5986>

Толкачева Вероника Владимировна – д-р мед. наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, tolkachevav@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6847-8797>

Зоря Ольга Таировна – канд. мед. наук, ассистент, кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, olyazorya2020@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0002-8855-0079>

Кабельо Монтойа Флора Элиса – канд. мед. наук, ассистент, кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, flora.cabello@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2334-6675>

Назаров Иван Сергеевич – аспирант, кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева РУДН, г. Москва, nazarovradomla@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0950-7487>

Лапшин Артем Алексеевич – канд. мед. наук, ассистент, кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, lapshin_aa@pfur.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4308-4764>

Смирнов Илья Павлович – ординатор, кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, zzevor@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-0285-1752>

Хуцишвили Нуцико Ивановна – аспирант, кафедра внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, nutsiko.khutsishvili@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-2669-8092>

Галочкин Святослав Александрович – канд. мед. наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева, РУДН, г. Москва, galochkin-sa@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7370-8606>

Вазик-Городецкая Мария Васильевна – канд. мед. наук, зам. главного врача по анестезиологии и реанимации ГКБ им. В.В. Виноградова, г. Москва, m.vatsyk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6874-8213>

(✉) Толкачева Вероника Владимировна, tolkachevav@mail.ru

Поступила в редакцию 20.02.2024;
одобрена после рецензирования 15.04.2024;
принята к публикации 13.06.2024