

Оценка легочного застоя при сердечной недостаточности: методика обследования, клиническое прогностическое значение ультразвукового исследования легких

Ф.Э.Кабельо, А.Е.Соловьева, А.Ф.Сафарова,
Ж.Д.Кобалава
Российский университет дружбы народов,
Москва

Отек легких – состояние, часто наблюдаемое у пациентов кардиологического отделения и отделения реанимации и интенсивной терапии. Ультразвуковое исследование является высокочувствительным методом выявления внесосудистой жидкости в легких, визуализируемой в виде В-линий и образующейся вследствие кардиогенного или некардиогенного отека легких. В работе уделено внимание методике обследования, дифференциальной диагностике, разработке тактики лечения пациентов с отеком легких и прогностическому значению В-линий.

Ключевые слова: отек легких, ультразвуковое исследование легких, В-линии.

Evaluation of Pulmonary Congestion in Heart Failure: Methodology for Survey, Clinical Prognostic Values of Lung Ultrasound

F.E.Cabello, A.E.Soloveva, A.F.Safarova,
Zh.D.Kobalava
RUDN University, Moscow

Pulmonary edema is a condition often found in patients in cardiology department and intensive care units. Ultrasonography is a highly sensitive method for detecting extravascular fluid in the lungs, visualized as B-lines resulting from cardiogenic or non-cardiogenic pulmonary edema. The paper focuses on the technique of examination, differential diagnostics, and tactics for the treatment of patients with pulmonary edema, as well as on prognostic value of B-lines.

Keywords: pulmonary edema, lung ultrasound, ultrasound B lines.

Несмотря на наблюдаемые в течение последних десятилетий значительные улучшения фармакотерапии и инструментальных методов лечения, число пациентов с сердечной недостаточностью (СН), а также частота обращений с острой декомпенсацией СН постоянно растут [1]. СН является синдромом со сложной патофизиологией, различные клинические проявления которого могут вызывать определенные трудности для диагностики и лечения. Признаки и симптомы СН не имеют ни хорошей чувствительности, ни специфичности для диагностики. Уровень натрийуретических пептидов (мозговой натрийуретический пептид, N-концевой фрагмент прогормона мозгового натрийуретического пептида, прогормон предсердного натрийуретического пептида) коррелирует с напряжением стенки левого желудочка и возрастает с увеличением давления наполнения левого желудочка, и заметное его повышение наблюдается при явной СН. Однако данный показатель используется преимущественно для исключения СН и не может применяться как основной аргумент для постановки диагноза [2]. Это связано с тем, что уровень натрийуретических пептидов может повышаться и при других патологиях сердца, а также при иных заболеваниях, например, при почечной недостаточности. Эхо-КГ с оценкой фракции выброса и диастолической функции левого желудочка является основным методом диагностики СН. Однако систолическая и диастолическая дисфункция левого желудочка часто встречаются у пожилых пациентов без каких-либо симптомов [3], в связи с чем только повышение давления наполнения, протекающее с классическими симптомами, может являться показателем СН. Следовательно, использование всех доступных данных и объединение их для создания единой картины в клиническом контексте имеют основополагающее значение для правильной диагностики как СН с низкой фракцией выброса (СНнФВ), так и СН с сохраненной фракцией выброса (СНсФВ).

Застой является основным фактором ухудшения симптоматики СН и причиной госпитализации пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН). Он может выражаться как венозный (системный) застой, затрагивающий такие органы, как почка, печень и кишечник, так и как легочный застой, являющийся основной причиной одышки у больных СН. Застой в легких при СН является следствием, прежде всего, повышения давления наполнения левого желудочка и часто сочетается с венозным застоем и задержкой жидкости в организме.

Выявление легочного застоя даже в субклинической фазе имеет исключительно важное значение для своевременного предотвращения декомпенсации сердечной деятельности путем оптимизации методов лечения [4]. Тем не менее, клинические симптомы легочного застоя при физическом обследовании, как правило, проявляются на поздних стадиях и не обязательно выявляются у абсолютного числа пациентов с ХСН; кроме того, при наличии заболеваний легких они не являются специфическими [5]. В то время как регулярный физический осмотр амбулаторных больных остается основой для оценки тяжести и лечения пациентов с ХСН, другие средства диагностики (например, рентгенография грудной клетки) могут представлять определенные трудности, связанные с вредным воздействием рентгеновских лучей и сложностью проведения исследования у тяжелых больных, кроме того, они не всегда являются достаточно точными и информативными [6]. Безусловно, рентгенография грудной клетки является традиционным исследованием первой линии

Таблица 1. Полуколичественная оценка В-линий (Pisano E., 2016)

Степень	Количество В-линий	Количество внесосудистой жидкости в легких
0	≤5	Нет
1	6–15	Небольшое
2	16–30	Умеренное
3	>30	Выраженное

Рис. 1. Сканирование четырех зон с обеих сторон для оценки наличия интерстициального синдрома. 1 и 2 – верхне-передняя и нижне-передняя торакальные области; 3 и 4 – верхне-боковая и базально-боковая торакальные области; PSL – парастернальная линия, AAL – передняя подмышечная линия, PAL – задняя подмышечная линия

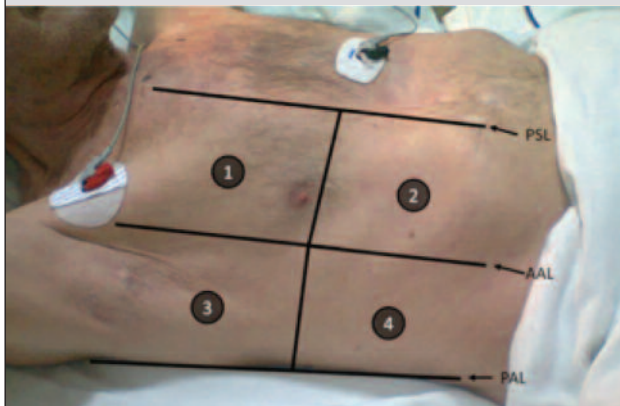


Рис. 2. Ультразвуковое исследование легких. А, В – R-R-гиперэхогенная тонкая плевральная линия; S-S – А-линии, артефакты, находящиеся на одинаковом расстоянии от датчика (объяснение в тексте)

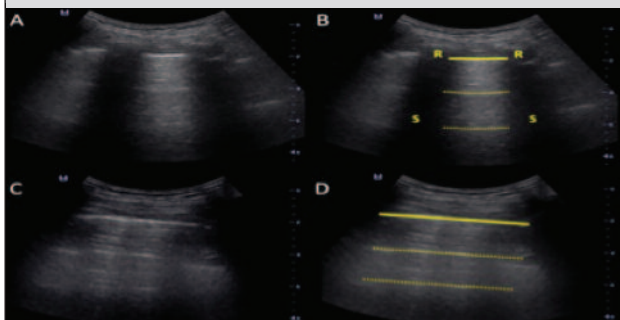
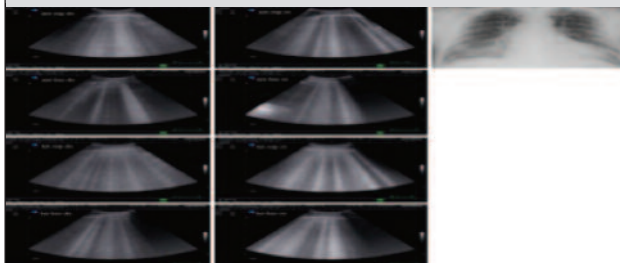


Рис. 3. Диффузный альвеолярно-интерстициальный синдром. Слева В3-линии; справа В7-линии (см. текст)



для оценки застоя легких, но интерпретация рентгенологических признаков, таких как понижение прозрачности легочных полей, нечеткость легочного рисунка и интерстициальный отек, часто сомнительна и субъективна, в то же время выявляется высокая вариабельность данных между экспертами разного уровня [7].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) легких – неинвазивный метод полуколичественной оценки застоя и содержания внесосудистой воды в легких [8]. При легочном застое В-линии (ранее известные как «кометы легких» или «хвосты кометы») могут быть

визуализированы с помощью ультразвука, в то время как, за редкими исключениями, они не обнаруживаются у пациентов без застоя [9]. Рекомендации ESC включают в себя возможность использования трансторакального УЗИ в качестве метода диагностики для выявления плевральной жидкости и застоя в легких (рекомендация класса IIb, уровень доказательности C) [2, 10] и рассматриваются как часть трансторакальной эхокардиографии и могут быть дополнением к оценке давления заполнения.

Согласно консенсусному соглашению [11], полное обследование легких включает сканирование четырех зон в каждой половине грудной клетки. В общей сложности проводится сканирование восьми зон (рис. 1).

Обычно при продольном трансторакальном сканировании тени ребер выглядят как круглые гиперэхогенные структуры с акустической тенью сзади. Плевральная линия выявляется за ребрами и между ребрами в виде подвижной гиперэхогенной линии. В норме плевральная линия гиперэхогенная, тонкая и непрерывная, совершает движения назад-вперед, которые соответствуют скольжению висцерального и париетального листков плевры при дыхательных движениях (рис. 2).

Наряду с плевральной линией обычно наблюдается несколько артефактов, получивших название А-линий, которые образуются между ультразвуковым лучом и плевральной линией. Каждая А-линия находится на одинаковом расстоянии от датчика до плевральной линии (рис. 2). Следует отметить, что А-линии могут выявляться как в норме, так и у пациентов с пневмотораксом [12].

Наличие отека легких, выявляемое с помощью УЗИ легких, носит название интерстициально-альвеолярного синдрома. Его признаками является появление В-линий – эхогенных артефактов, по форме напоминающих хвост кометы, которые возникают от плевральной линии и распространяются по ультразвуковому лучу без затухания сигнала (рис. 3). В-линии выявляются у 20% здоровых пациентов в положении лежа в зонах, расположенных выше диафрагмы. Выявление пяти и более В-линий в передних и латеральных зонах всегда указывает на отклонение от нормы. При выявлении отека легких В-линии указывают на избыток внесосудистой жидкости, которая содержится за пределами легочной сосудистой сети. Это артефакты, образующиеся вследствие появления ревербераций при прохождении ультразвукового луча через утолщенные межальвеолярные перегородки, а также через заполненные жидкостью альвеолы. Выделяют два типа В-линий: В3-линии и В7-линии (рис. 3, 4). Было показано, что появление множественных В-линий, расстояние между которыми составляет 7 мм, вызвано утолщением междольковых перегородок, которое наблюдается при интерстициальном отеке (коррелирует с линиями Керли типа В на рентгенограмме). Напротив, В-линии, расположенные на расстоянии 3 мм друг от друга, вызваны затемнениями по типу «матового стекла», которые являются отличительной чертой альвеолярного отека [13]. В наиболее тяжелых случаях на снимках наблюдается «белое легкое». В основе объяснения этого явления лежит анатомическое строение легких: междольковые перегородки расположены на расстоянии 7 мм друг от друга, в то время расстояние между внутридольковыми структурами (включая альвеолы) составляет 3 мм (рис. 4). Очевидно, что при увеличении толщины В-линий и их числа можно ожидать большее количество внесосудистой жидкости и, как следствие, более тяжелый отек.

Показатель	Кардиогенный отек легких	Некардиогенный отек легких
Количество В- линий	Большое	Незначительное
Наибольшее количество В-линий	По правой передней подмышечной линии в третьем межреберье	Вариабельно
Распределение В-линий	Диффузное	Неоднородное
Плевральная линия	Не утолщена	Утолщена, фрагментирована, прерывистая
Субплевральная консолидация	Отсутствует	Наличие
Скольжение легкого	Нормальное	Отсутствует или снижено
Плевральный выпот	Обычно от умеренного до значительного	Вариабельно
Ответ на лечение (диуретики, нитраты, СРАР)	Уменьшение выраженности интерстициального синдрома в течение нескольких часов	Медленное или ухудшение
Эхо-КГ	Снижение ФВ Повышение давления в ЛП Расширение НПВ с уменьшением коллабирования	Нормальная ФВ или гиперкинез Нормальное или сниженное ИОЛП и $TR < 2,8$ м/с Нормальный диаметр НПВ, коллабирование на вдохе $> 50\%$ (искл. ИВЛ)
Уровень NT-proBNP	Повышен	Нормальный или сниженный

Примечание. СРАР (Continuous Positive Airway Pressure) – лечение методом создания постоянного положительного давления в дыхательных путях; Эхо-КГ – эхокардиография, НПВ – нижняя полая вена, ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка, ИОЛП- индекс объема левого предсердия, TR – трикуспидальная регургитация, NT-proBNP – мозговой натрийуретический пептид, ИВЛ – искусственная вентиляция легких.

Общая сумма В-линий составляет число, которое может использоваться для определения количества внесосудистой жидкости легких (табл. 1) [8]. Подсчет числа В-линий может быть осуществлен менее чем за 3 мин, при этом вариабельность результатов у одного и разных исследователей, по данным литературы, составляет, соответственно, 5 и 7% [14].

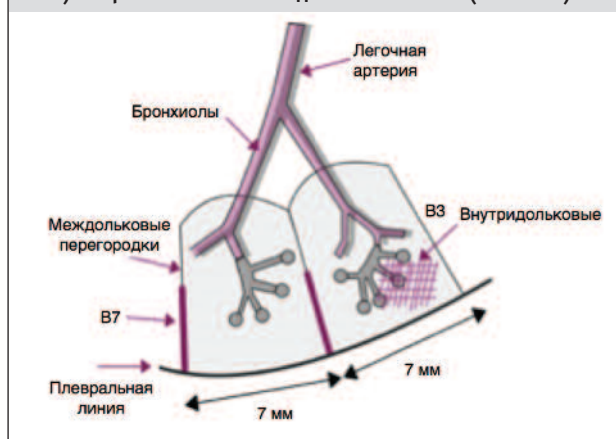
Ложноотрицательный результат выявления внесосудистой жидкости легких с помощью трансторакального УЗИ легких наблюдается при пневмотораксе, который характеризуется отсутствием В-линий, поскольку между листками плевры образуется пространство, заполненное воздухом. Отсутствие В-линий в передних зонах также описано у пациентов с кардиогенным отеком и хронической обструктивной болезнью легких. Это объясняется морфологическими изменениями легочной паренхимы [15], что подчеркивает необходимость обследования латеральных зон грудной клетки даже в случаях, когда передние зоны на УЗИ выглядят нормальными, для исключения отека легких.

Дифференциальная диагностика В-линий

Разработаны критерии трансторакального УЗИ легких для установления различия между кардиогенным и некардиогенным отеком легких, хотя иногда у больных могут наблюдаться отеки обоих типов. Неравномерность, прерывистость плевральной линии, наличие субплевральных уплотнений, неоднородное распределение В-линий и уменьшение движения плевральной поверхности являются признаками отека легких некардиогенного происхождения (табл. 2) [11].

Хотя в большинстве случаев В-линии являются признаками отека легких, они также могут быть выявлены при других патологиях: двухсторонне при интерстициальных заболеваниях легких и односторонне при пневмонии, ушибе легкого (контузии), ателектазе и инфаркте легкого [11]. У пациентов с интерстициальными заболеваниями легких субплевральные междольковые перегородки утолщаются за счет увеличения количества коллагеновых и волокнистых тканей. Выраженный фиброз приводит к появлению В7-линий, в то время как на ранних стадиях интерстициальных болезней легких выявляются В3-линии в связи с изменениями в альвеолярной стенке, возникающими как следствие воспалительного процесса и отека. Другими признаками интерстициальных болезней легких, которые могут быть

Рис. 4. Схематическое изображение артефактов, образующихся вследствие ревербераций при прохождении ультразвукового луча через утолщенные межальвеолярные перегородки (В7-линии) и через заполненные жидкостью альвеолы (В3-линии)



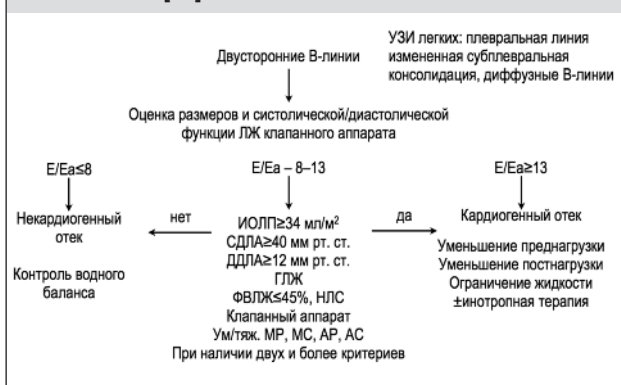
выявлены при УЗИ, являются утолщенная прерывистая плевральная линия и наличие легочной или субплевральной консолидации [16].

В сочетании с изучением анамнеза, клиническими и лабораторными данными (например, содержанием в крови NT-proBNP) [17] УЗИ легких и Эхо-КГ могут быть полезными при определении этиологии В-линий, помочь в разработке плана лечения и наблюдении за состоянием больных (см. табл. 2).

Применение трансторакальной Эхо-КГ и трансторакального ультразвукового исследования легких в дифференциальной диагностике и тактике лечения пациентов с отеком легких

Дифференциальная диагностика кардиогенного и некардиогенного отека легких имеет ключевое значение для лечения пациентов. Лечение кардиогенного отека легких заключается в уменьшении пре- и постнагрузки и инотропной поддержке при необходимости, а некардиогенного – в кислородной терапии с положительным давлением конца выдоха. Несмотря на то, что необходимость ограничения приема жидкости является спорной при лечении некардиогенного отека легких, при увеличении гидростатического давления возрастает выход жидкости из капилляров в интерстиций в связи с исходно высокой проницаемостью сосудистой стенки. Таким образом, не-

Рис. 5. Алгоритм исследования и тактики лечения пациентов с отеком легких [18]



обходима стратегия лечения, направленная на точный контроль водного баланса у таких больных. Алгоритм совместной оценки давления в левом предсердии и результатов УЗИ легких приведен на рис. 5 [18]. Использование УЗИ легких должно давать дополнительную информацию помимо стандартной оценки, которая включает клинические данные и результаты Эхо-КГ, а также измерения уровней натрийуретических пептидов. Важно подчеркнуть, что УЗИ легких никогда не следует использовать в качестве основного критерия диагностики СН.

Прогностическое значение трансторакального ультразвукового исследования легких

Помимо применения в диагностике и тактике лечения пациентов с одышкой, трансторакальное УЗИ легких может иметь и прогностическую ценность [19]. Согласно результатам исследования М.Н. Miglioranza и соавт. [17], у амбулаторных больных с умеренной или тяжелой систолической СН оценка В-линий, полученных при УЗИ легких, позволяет предсказать развитие острой декомпенсации СН в течение последующих 4 мес. Авторы оценили прогностическое значение В-линий у 132 пациентов, проведя полное сравнение результатов ультразвукового сканирования 28 межреберных промежутков с широко используемыми клиническими (клиническая оценка застоя в легких (CCS), функциональный класс СН по NYHA, проба с шестиминутной ходьбой и визуальная аналоговая шкала одышки), биохимическими (уровень NT-proBNP) и визуальными (УЗИ легких, Эхо-КГ и рентгенография грудной клетки) показателями. Оценка числа В-линий производилась путем подсчета общего количества В-линий в сканируемых участках. При числе В-линий более 15 диагностировали выраженный застой в легких, который был выявлен у двух третей пациентов. У того же числа пациентов наблюдалась декомпенсированная СН в соответствии с результатами анализа на уровень NT-proBNP, клинической оценки застоя в легких, рентгенографии грудной клетки и Эхо-КГ. Лечение было скорректировано только на основании клинической оценки, тогда как полученные результаты УЗИ легких не учитывались. Последующие данные были собраны через 4 мес после оценки первичных (развитие отека легких) и вторичных (сердечно-сосудистые события) результатов. Исследователи обнаружили, что степень выраженности легочного застоя, количественно определяемая с помощью УЗИ легких сразу при поступлении пациента, может точно предсказать его последующее обращение в течение 120 дней с СН и всеми связанными с ней событиями (С-индекс 0,82, 95% ДИ 0,74–0,90; $p < 0,001$). Даже в многопараметрических моделях Кокса УЗИ легких с числом В-линий 30 показало высокое прогностическое значение для развития отека легких в течение 120 дней, что делает этот метод более ценным по сравнению с дру-

гими, часто используемыми диагностическими параметрами. Кроме того, сочетание числа В-линий ≥ 30 и ≥ 45 , полученного после прохождения стандартизированной анкеты «Опросника Миннесотского Университета для больных с СН» максимизировала прогностическое значение для последующего обращения больного с отеком легких в течение 120 дней. Напротив, пациенты, у которых не было выявлено выраженного легочного застоя (число В-линий < 15), имели высокую выживаемость на протяжении 120 дней без учета иных параметров.

Метаанализ, проведенный E. Platz и др. [9], показал тесную связь между В-линиями и неблагоприятным прогнозом, а именно с госпитализацией с острой декомпенсированной СН и смертью у амбулаторных пациентов с ХСН [20]. Прогностическая информация, которую дает выявление В-линий при СН, вероятнее всего, указывает на тяжесть застоя или на наличие остаточного застоя после лечения [21,22]. Ключевой вывод заключается в том, что снижение тяжести застоя действительно улучшает состояние пациентов и что это снижение может быть установлено с помощью УЗИ легких. Этот подход также должен быть применен в случае ХСН, при которой лечение, направленное на снижение уровня NT-proBNP, не оправдало ожиданий. В работе E. Platz и др. [9] приведен обзор и метаанализ двух аспектов исследований в области применения УЗИ легких при СН. Во-первых, проанализированы временные изменения и, во-вторых, прогностическая ценность В-линий, выявляемых при УЗИ легких, в диагностике СН. Этот метаанализ включает 13 исследований, в половине из которых принимало участие менее 100 человек. У пациентов, поступивших в отделение реанимации и интенсивной терапии и/или госпитализированных по причине СН, динамические изменения выявлялись с помощью УЗИ легких, и уменьшение количества В-линий наблюдалось уже спустя 3 ч после начала лечения. В-линии также были связаны с повышенным риском смерти и/или госпитализации по причине СН среди пациентов как с острой, так и с хронической СН. Необходимость быстрой оценки состояния пациента и принятия неотложных мер в отделении реанимации и интенсивной терапии делает УЗИ легких перспективным диагностическим методом для пациентов с одышкой и подозрением на СН. УЗИ легких может выполняться у постели больного, не является трудоемким методом диагностики, дает достоверные и воспроизводимые результаты и требует сравнительно короткого времени для подготовки и обучения персонала [8]. Эти особенности вместе с результатами, представленными в исследовании E. Platz [9] и других публикациях [23–27], могут послужить толчком для использования УЗИ легких в клинической практике. Однако данный метаанализ также указывает на некоторые предосторожности, которые должны быть взяты во внимание перед широким применением этого метода. Для сравнения результатов, полученных в различных исследованиях, необходимо, чтобы используемое оборудование и методы визуализации были стандартизованы. В частности, установление степени легочного застоя и определение того, является ли результат УЗИ легких положительным или отрицательным, должны выполняться установленным образом. Какое количество зон необходимо исследовать? Каково минимальное число В-линий в каждой зоне и суммарное их количество, необходимое для выявления застоя в легких? Являются ли сопоставимыми значимость и точность результатов, полученных с помощью портативных ультразвуковых сканеров и более совершенных систем ультразвуковой диагности-

ки? Необходимо установить клиническую ценность УЗИ легких при различных состояниях, когда важно подтверждение диагноза СН (СНнФВ, СНсФВ, острая и хроническая СН). В-линии часто неверно интерпретируются как соответствующие повышенным уровням натрийуретических пептидов и/или давлению наполнения [8]. На самом деле, E.Platz и др. ранее показали, что в смешанной выборке с катетеризацией правого сердца не было обнаружено корреляции между количеством В-линий и измеренным заклинивающим давлением [28]. Так как на застой в легких кроме давления наполнения левого желудочка (т.е. гидростатического давления) оказывает влияние целый ряд факторов (воспаление, проницаемость сосудистой стенки, лимфатический отток, онкотическое давление), УЗИ легких может использоваться в дополнение к определению уровней натрийуретических пептидов и Эхо-КГ (т.е. оценке давлений наполнения левого и правого желудочков).

Таким образом, необходимы дальнейшие исследования с целью определения, может ли УЗИ легких применяться как дополнение к физическому обследованию для оптимизации лечения больных СН с целью снижения заболеваемости и смертности и повлиять на прогноз в этой группе пациентов.

Литература

- Lichtenstein D.A. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann Intensive Care* 2014; 4: 1.
- Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G., Coats A.J., Falk V., González-Juanatey J.R., Harjola V.P., Jankowska E.A., Jessup M., Linde C., Nihoy-annopoulos P., Parissis J.T., Pieske B., Riley J.P., Rosano G.M., Rutloffe L.M., Ruschitzka F., Rutten F.H., van der Meer P. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail* 2016; 18: 891–975.
- van Riet E.E., Hoes A.W., Wagenaar K.P., Limburg A., Landman M.A., Rutten F.H. Epidemiology of heart failure: the prevalence of heart failure and ventricular dysfunction in older adults over time. A systematic review. *Eur J Heart Fail* 2016; 18: 242–252.
- Gargani L., Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound* 2014; 12: 25.
- Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M., et al: International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38: 577–591.
- Bouhemad B., Zhang M., Lu Q. et al. Clinical review: Bed-side lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care* 2007; 11: 205.
- Luciano Cardinale, Adriano Massimiliano Priola, Federica Moretti, Giovanni Volpicelli Effectiveness of chest radiography, lung ultrasound and thoracic computed tomography in the diagnosis of congestive heart failure. *World J Radiol.* Jun 28, 2014; 6 (6): 230–237.
- Picano E., Pellikka P.A. Ultrasound of extravascular lung water: a new standard for pulmonary congestion. *Eur Heart J* 2016; 37: 2097–2104.
- Platz E., Merz A.A., Jhund P.S., 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. *Eur J Heart Fail* 2017. doi:10.1002/ejhf.839
- Mebazaa A., Yilmaz M.B., Levy P., Ponikowski P., Peacock W.F., Laribi S., Ristic A.D., Lambrinou E., Masip J., Riley J.P., McDonagh T., Mueller C., deFilippi C., Harjola V.P., Thiele H., Piepoli M.F., Metra M., Maggioni A., McMurray J., Dickstein K., Damman K., Seferovic P.M., Ruschitzka F., Leite-Moreira A.F., Bellou A., Anker S.D., Filipatos G. Recommendations on pre-hospital and early hospital management of acute heart failure: a consensus paper from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, the European Society of Emergency Medicine and the Society of Academic Emergency Medicine. *Eur J Heart Fail* 2015; 17: 544–558.
- Damy T., Kallvikbacka-Bennett A., Zhang J., Goode K., Buga L., Hobkirk J., Yassin A., Dubois-Rande J.L., Hittinger L., Cleland J.G., Clark A.L. Does the physical examination still have a role in patients with suspected heart failure? *Eur. J. Heart Fail.* 2011; 13: 1340–1348.
- Heidenreich P.A., Albert N.M., Allen L.A., et al., Forecasting the impact of heart failure in the United States. *Circ. Heart Fail.* 2013; 6 (3): 606–19.
- Lange N.R., Schuster D.P., The measurement of lung water. *Crit. Care.* 1999; 3: R19–R24.
- Agricola E., Bove T., Oppizzi M., Marino G., Zangrillo A., Margonato A., Picano E., «Ultrasound comet-tail images»: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest* 2005; 127 (5): 1690–1695.
- Agricola E., Picano E., Oppizzi M., Pisani M., Meris A., Fragasso G., Margonato A., Assessment of stress-induced pulmonary interstitial edema by chest ultrasound during exercise echocardiography and its correlation with left ventricular function. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2006; 19 (4): 457–463.
- Platz E., Lewis E.F., Uno H., Peck J., Pivetta E., Merz A.A., Hempel D., Wilson C., Frasure S.E., Jhund P.S., Cheng S., Solomon S.D. Detection and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory heart failure patients. *Eur. Heart J.* 2016; 37: 1244–1251.
- Miglioranza M.H., Picano E., Badano L.P., Sant'Anna R., Rover M., Zaffaroni F., Sicari R., Kalil R.K., Leiria T.L., Gargani L. Pulmonary congestion evaluated by lung ultrasound predicts decompensation in heart failure outpatients. *Int. J. Cardiol.* 2017; 240: 271–278.
- Blanco P.A., Tomas F. Cianciulli, M.D., Pulmonary Edema Assessed by Ultrasound: Impact in Cardiology and Intensive Care Practice. *Echocardiography.* 2016 May; 33 (5): 778–87.
- Hasan A.A., Makhlof H.A. B-lines: Transthoracic chest ultrasound signs useful in assessment of interstitial lung diseases. *Ann Thorac Med* 2014; 9: 99–103.
- Sperandeo M., De Cata A., Molinaro F., et al: Ultrasound signs of pulmonary fibrosis in systemic sclerosis as timely indicators for chest computed tomography. *Scand J Rheumatol* 2015; 44: 389–398.
- Coiro S., Rossignol P., Ambrosio G., Carluccio E., Alunni G., Murrone A., Tritto I., Zannad F., Gierd N. Prognostic value of residual pulmonary congestion at discharge assessed by lung ultrasound imaging in heart failure. *Eur J Heart Fail* 2015; 17: 1172–1181.
- Melenovsky V., Andersen M.J., Andress K., Reddy Y.N., Borlaug B.A. Lung congestion in chronic heart failure: haemodynamic, clinical, and prognostic implications. *Eur J Heart Fail* 2015; 17: 1161–1171.
- Pivetta E., Goffi A., Lupia E., Tizzani M., Porrino G., Ferreri E., Volpicelli G., Balzarotti P., Banderali A., Iacobucci A., Locatelli S., Casoli G., Stone M.B., Maule M.M., Baldi I., Merletti F., Cibinel G.A. Lung ultrasound-implemented diagnosis of acute decompensated heart failure in the ED: a SIMEU multicenter study. *Chest* 2015; 148: 202–210.
- Martindale J.L., Wakai A., Collins S.P., Levy P.D., Diercks D., Hiestand B.C., Ferrmann G.J., deSouza I., Sinert R. Diagnosing acute heart failure in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *Acad Emerg Med* 2016; 23: 223–242.
- Coiro S., Rossignol P., Ambrosio G., Carluccio E., Alunni G., Murrone A., Tritto I., Zannad F., Gierd N. Prognostic value of residual pulmonary congestion at discharge assessed by lung ultrasound imaging in heart failure. *Eur J Heart Fail* 2015; 17: 1172–1181.
- Алексин М.Н. Ультразвуковое исследование легких для диагностики внесосудистой жидкости. *Креативная кардиология.* 2015; 1: 27–37. / Alekhin M.N. Ul'trazvukovoe issledovanie legkikh dlja diagnostiki vnesosudistoy zhidkosti. *Kreativnaya kardiologiya.* 2015; 1: 27–37. [in Russian]
- Гришин А.М. Ультразвуковое исследование для выявления внесосудистой жидкости в легких у больных с сердечной недостаточностью: Автореф. диссертации канд. мед. наук. М.: 2011. / Grishin A.M. Ul'trazvukovoe issledovanie dlja vyavleniya vnesosudistoy zhidkosti v legkikh u bol'nykh s serdechnoy nedostatochnost'yu. Avtoref. disertacii kand. med. nauk. M.: 2011. [in Russian]
- Platz E., Lattanzi A.M., Agbo C., Takeuchi M., Resnic F.S., Solomon S.D., Desai A.S. Utility of lung ultrasound in predicting pulmonary and cardiac pressures. *Eur J Heart Fail* 2012; 14: 1276–1284.

Сведения об авторах:

Кабельо Ф.Э. – аспирант кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики РУДН, Москва

Соловьева А.Е. – ассистент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики РУДН, Москва

Сафарова А.Ф. – д.м.н., профессор кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики РУДН, Москва

Кобалава Ж.Д. – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики РУДН, Москва