

Арыстан А. Ж.<sup>1</sup>, Хамзина Е. Т.<sup>1</sup>, Бенберин В. В.<sup>1</sup>, Фетцер Д. В.<sup>2</sup>, Беленков Ю. Н.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Больница Медицинского центра УД Президента Республики Казахстан, Нур-Султан, Казахстан

<sup>2</sup> ГБУЗ «ГКБ № 52 Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

## УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕГКИХ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ КАРДИОЛОГА

Обзор литературы посвящен ультразвуковому исследованию (УЗИ) легких, которое является полезным дополнением к трансторакальной эхокардиографии (ЭхоКГ) и по диагностической ценности превосходит рентгенографию органов грудной клетки. Акустическое легочное окно остается всегда открытым и в большинстве случаев позволяет получить изображения высокого качества. Для кардиолога основные точки приложения метода – это определение плеврального выпота и легочного застоя. Метод обладает рядом преимуществ: не занимает много времени, имеет низкую стоимость, портативность и доступность, возможность обследования в режиме реального времени, отсутствие радиации, хорошую воспроизводимость и высокую информативность. Обнаружение «влажных» легких при УЗИ легких свидетельствует об угрожающей острой декомпенсации сердца еще задолго до появления клинических, аускультативных и рентгенологических признаков легочного застоя. Современная ЭхоКГ должна включать обследование сердца и легких в рамках одного интегрированного УЗИ.

**Ключевые слова**                    ультразвуковое исследование легких, кардиология

**Для цитирования**                Arystan A. Zh., Khamzina Y. T., Benberin V. V., Fettser D. V., Belenkov Yu. N. Lung Ultrasound: new Opportunities for a Cardiologist. *Kardiologiya*. [Russian: Арыстан А. Ж., Хамзина Е. Т., Бенберин В. В., Фетцер Д. В., Беленков Ю. Н. Ультразвуковое исследование легких: новые возможности для кардиолога. *Кардиология*.] 2020;60(1):81–92.

**Автор для переписки**            Арыстан Аяна Жалгаскаликызы. E-mail: arystan.ayana@gmail.com

### Введение и исторические предпосылки

На протяжении многих лет ультразвуковое исследование (УЗИ) легких считалось нецелесообразным, и до сих пор в учебной литературе существует стандартное утверждение, что «поскольку ультразвуковая энергия мгновенно рассеивается в воздухе, визуализация паренхимы легких методом ультразвуковой диагностики не представляется возможной» [1]. Однако это не совсем так, и новые исследования показывают, что УЗИ легких позволяет получить удивительные дивиденды в некоторых сложных клинических ситуациях: от отека легких до интерстициального фиброза легких, от острого респираторного дистресс-синдрома до плеврального выпота и легочной тромбоэмболии [2, 3]. При отеке легких наличие жидкости в легких открывает прежде закрытое акустическое легочное окно и позволяет увидеть внутреннюю картину застоя в легких, которая может быть прямо отображена и полуколичественно оценена [4–7].

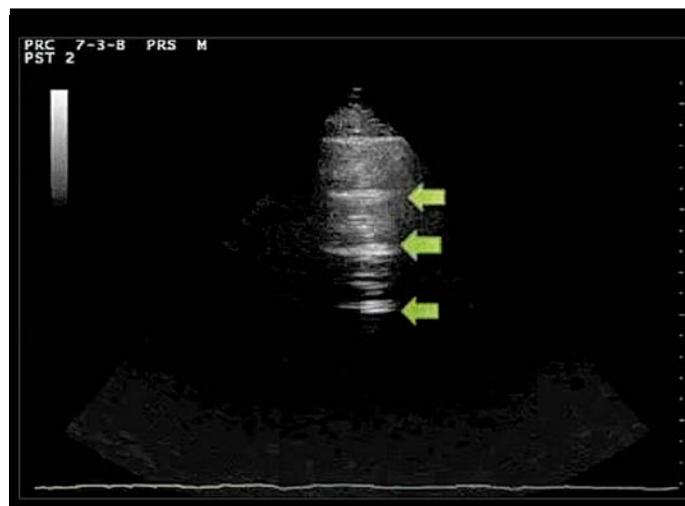
При УЗИ нормального легкого единственной структурой, отображающейся на экране монитора, является плевра, которая визуализируется как гиперэхогенная линия. Линия плевры движется синхронно с актом дыхания, и это динамическое горизонтальное движение называется «скольжением» легкого [3].

Кроме того, имеются некоторые гиперэхогенные горизонтальные линии, возникающие через равные промежутки времени от линии плевры: А-линии. В сочетании

со «скольжением» легкого эти артефакты реверберации представляют собой признак нормального или чрезмерного содержания воздуха в альвеолярных пространствах (рис. 1) [8].

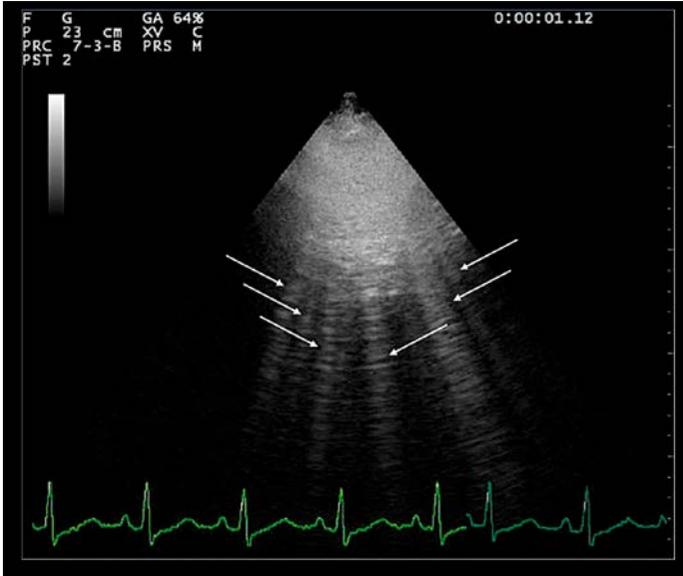
Когда содержание воздуха уменьшается и плотность легких увеличивается из-за наличия в них экссудата, трансудата, коллагена, крови и т. д., акустическое сопротивление

**Рисунок 1.** Сонографическое изображение наполненного воздухом легкого



Стрелки обозначают А-линии. Выше А-линий визуализируется линия плевры с ее горизонтальным движением – «скольжение» легкого.

**Рисунок 2.** Сонографическое изображение множественных В-линий (обозначены белыми стрелками)



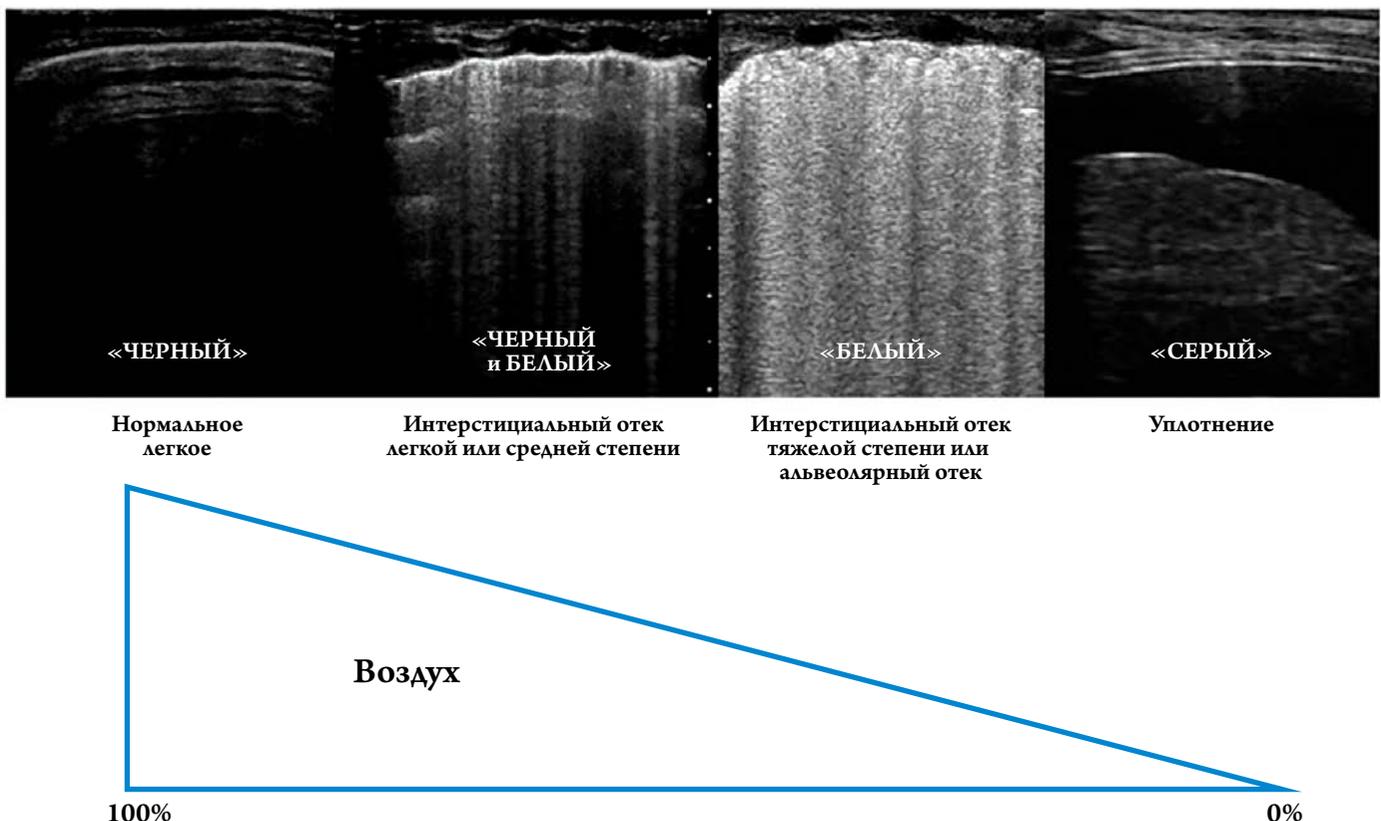
ние между легкими и окружающими тканями уменьшается, и ультразвуковой луч может неоднократно и частично отражаться от более глубоких зон. Этот феномен создает некоторые гиперэхогенные артефакты вертикальной реверберации, известные как В-линии (рис. 2). Последние принадлежат к семейству артефактов по типу хвоста кометы, хорошо известные в УЗИ брюшной полости [9].

В-линии определяются как дискретные, похожие на лазер артефакты, возникают из плевральной линии, распространяются до конца экрана без выцветания, стирают А-линии и движутся синхронно со «скольжением» легких [10, 11]. Множественные В-линии считаются сонографическим признаком легочного интерстициального синдрома, и их количество увеличивается одновременно с уменьшением содержания воздуха и увеличением плотности легких [12, 13].

Когда аэрация легких снижается еще больше, например, при наличии уплотнений, акустическое окно становится полностью открытым, что позволяет увидеть изображение легкого как твердую паренхиматозную ткань, аналогично изображению при УЗИ печени или селезенки (рис. 3).

Начиная с 80-х годов XX века появились несколько отдельных сообщений о В-линиях [14, 15]. В 1994 г. R. Targhetta и соавт. впервые описали наличие В-линий при патологии легких [16]. Французский реаниматолог D. Lichtenstein впервые установил 2 основные структурные корреляции В-линий, сравнивая результаты УЗИ легких с компьютерной томографией (КТ) грудной клетки [7]. Данные КТ показали, что В-линии коррелировали с утолщением субплевральных междолевых перегородок при легочном интерстициальном отеке и с фиброзным утолщением при легочном фиброзе. Так зародилась со-

**Рисунок 3.** Физическая основа ультразвукового исследования легких: чем меньше воздуха в легких, тем легче определить патологические изменения методом ультразвукового исследования



временная эра УЗИ легких. На самом деле УЗИ легких уже много лет использовалось для оценки плеврального выпота, но признание информации, предоставленной артефактами, сформировало совершенно новый подход [17].

Кардиологам потребовалось 50 лет практики трансторакальной эхокардиографии (ТТ-ЭхоКГ), прежде чем им удалось сдвинуть датчик на несколько сантиметров от кардиологического акустического окна, чтобы обрести удивительно новый диагностический мир УЗИ легких. В 2004 г. E. Picano и Jambrik в лаборатории эхокардиографии Института клинической физиологии Национального научно-исследовательского совета Италии перенесли УЗИ легких из отделения интенсивной терапии в отделение кардиологии, описав корреляцию между содержанием внесосудистой жидкости в легких, оцененной с помощью рентгенографии грудной клетки, и количеством В-линий, обнаруженных при УЗИ легких [18]. В последующие годы была предоставлена экспериментальная [9, 19], клиническая [20–23] и методологическая [24] валидация В-линий.

В-линии являются одними из самых простых и воспроизводимых признаков, распознаваемых при УЗИ сердечно-сосудистой системы, считаясь уровнем «детского сада» в учебной программе ЭхоКГ, тогда как определение локальных нарушений сократимости стенок является более сложным – «университетским» уровнем [17].

Диагностическая информация, извлекаемая с помощью УЗИ легких, представляет несомненный клинический интерес для кардиолога, которому хорошо известна прогностическая и терапевтическая значимость внесосудистой жидкости в легких. И как оценка количества жидкости в легких в реальном времени может предоставить информацию, дополняющую традиционные методы, основанные на физическом обследовании и рентгенографии грудной клетки для выявления легочного застоя. Несмотря на то что только ограниченная часть легочной паренхимы доступна визуализации, эта небольшая зона критически важна, поскольку наиболее острые и опасные для жизни поражения соприкасаются с плеврой: плевральные выпоты, пневмоторакс и острый интерстициальный синдром в 100% случаев, а уплотнение ткани легкого – в 98,5% [25].

Кроме того, реаниматологи и кардиологи часто работают с одними и теми же пациентами и обычно существует тесная пространственная связь между отделениями реанимации и кардиологическими блоками интенсивной терапии. Этот логистический момент теоретически должен способствовать распространению таких инновационных практик [26].

УЗИ легких (также называется УЗИ грудной клетки или сонография грудной клетки, но эти названия могут включать средостение и сердце) по сравнению с другими видами исследований имеет целый ряд преимуществ: мо-

бильность, отсутствие ионизирующей радиации, мгновенный результат, возможность применения любого вида аппарата и датчика. Перечисленные достоинства метода особенно важны для пациентов, нуждающихся в постоянном и динамическом мониторинге патологии легких и/или уровня жидкости, особенно в палатах интенсивной терапии и реанимации [27].

В настоящее время при комплексном, ограниченном или прицельном обследовании пациента УЗИ легких готово для встраивания в стандартную ТТ-ЭхоКГ от полнофункциональной платформы, выполненной сертифицированными специалистами по ЭхоКГ, до портативного устройства, используемого неспециалистом по ЭхоКГ. В других областях кардиологии очень сложно найти такое большое количество диагностических преимуществ с таким незначительным объемом инвестиций с точки зрения технологии, обучения и времени [17].

### Методология исследования

Для кардиолога УЗИ легких является дополнением к ТТ-ЭхоКГ и должно быть целенаправленным, быстрым, без лишних затрат времени, отдельного протокола и дополнительной стоимости. Среднее время комплексного сканирования сердца при ТТ-ЭхоКГ составляет 40–45 мин, а сканирование легких в целях выявления плеврального выпота или отека легких займет еще 2 мин [25].

Для проведения УЗИ легких может быть использован любой 2D-ультразвуковой аппарат с любым видом датчика (ультразвуковой для конвергентного сканирования, линейный, конвексный, микроконвексный). Допплер, вторая гармоника или контрастное вещество не требуются. Более того, для исследования могут использоваться как полностью оборудованный, так и портативный аппараты. В зависимости от показаний положение пациента во время исследования может быть любым: лежа на спине, полулежа или сидя [28].

### Техника

Акустическое легочное окно всегда открыто для УЗИ, даже когда сердечное акустическое окно закрыто для ТТ-ЭхоКГ [8]. Вся грудная клетка может быть легко просканирована расположением ультразвукового датчика продольно (перпендикулярно ребрам) или поперечно (вдоль межреберных пространств) [13].

Предложено несколько специфических методов УЗИ легких: сканирование передней и боковой поверхностей грудной клетки может быть получено с правого и левого гемиторакса, со второго по четвертое (с правой стороны по пятое) межреберные промежутки и от парастернальной до задней подмышечной линии – всего 28 зон [13, 18]. Задняя поверхность грудной клетки сканируется вдоль паравертебральной, лопаточной и задней подмышечной линий [13, 27].

В экстренных случаях может быть использован метод G. Volpicelli и соавт. [29] с исследованием 8 сканируемых зон гемиторакса – 4 справа и 4 слева: верхние и нижние передние и латеральные (боковые) поверхности грудной клетки [27].

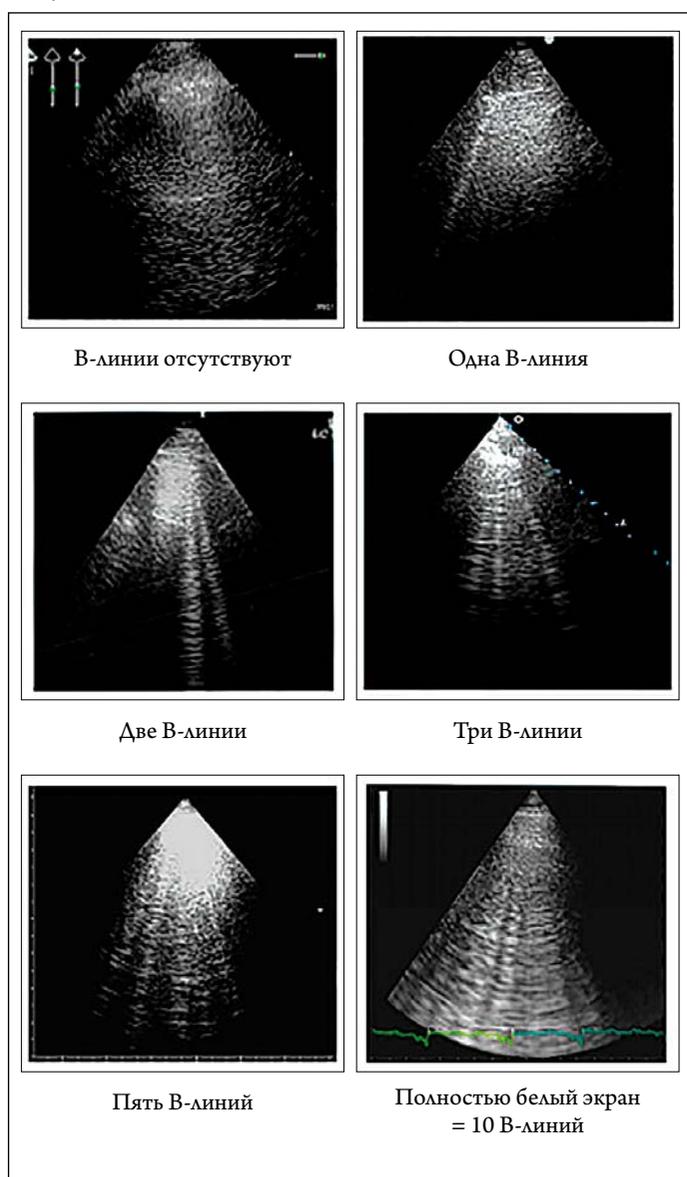
У пациента в критическом состоянии с острой дыхательной недостаточностью более быстрое сканирование двух передних зон грудной клетки будет достаточным для исключения интерстициального синдрома вследствие острого кардиогенного отека легких. Однако такое прицельное переднее сканирование, высокоточное в критической ситуации, может быть недостаточным у пациентов без тяжелой одышки, поскольку определение В-линий на передней поверхности грудной клетки обычно слу-

жит признаком более тяжелой степени легочного застоя при сердечной недостаточности (СН) [30].

При оценке В-линий, наиболее информативного признака УЗИ легких для кардиолога, сумма В-линий, обнаруженных в каждой зоне сканирования, дает балл, обозначающий объем внесосудистой жидкости в легких. В каждой зоне сканирования число В-линий может быть от 0 до 10. Ноль подразумевает полное отсутствие В-линий в исследуемой зоне, в то время как полностью белый экран при сканировании одной зоны кардиологическим датчиком соответствует 10 В-линиям (рис. 4) [4]. В клинических целях количество В-линий можно классифицировать от легкой до тяжелой степени, подобно тому, как это делается для большинства ЭхоКГ-параметров [4] (табл. 1). В-линии имеют очень хорошую вариабельность результатов у разных исследователей и у одного исследователя – около 5 и 7% соответственно [18].

Определение плеврального выпота является наиболее устойчивым применением УЗИ легких [3, 31]. С помощью УЗИ легких можно отличить выпот в плевральной полости от ателектаза, уплотнений, масс или высокого стояния купола диафрагмы, которые иногда трудно различить при рентгенографии грудной клетки [13]. УЗИ легких для диагностики плеврального выпота особенно ценно у пациентов, находящихся в критическом состоянии, демонстрируя более высокие чувствительность и надежность, чем рентгенография грудной клетки у постели больного [32], которая редко выявляет небольшие по объему выпоты и может пропустить скопление жидкости менее 500 мл (рис. 5) [33].

Рисунок 4. В-линии и их подсчет

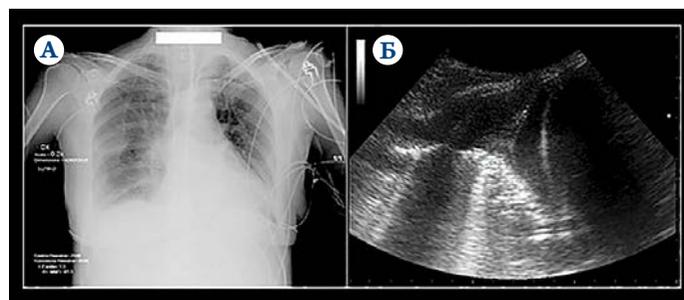


Каждая гиперэхогенная вертикальная дорожка, распространяющаяся от линии плевры до нижнего края экрана, представляет отдельную В-линию. При использовании кардиологического датчика считается, что полностью белый экран соответствует предельному значению В-линий: 10.

Таблица 1. Количественная оценка В-линий

Баллы	Число В-линий	Внесосудистая жидкость в легких
0	≤5	Нет признаков
1	6–15	Легкая степень
2	16–30	Умеренная степень
3	>30	Тяжелая степень

Рисунок 5. Рентгенограмма органов грудной клетки с умеренным количеством выпота в правой плевральной полости (А) и результаты ультразвукового исследования плевральной полости справа этого же пациента с выпотом около 2 см (Б)



С помощью УЗИ легких можно обнаружить выпот, оценить его объем, предоставить информацию о его природе и указать подходящую область для торакоцентеза. Кроме того, УЗИ легких превосходит КТ в диагностике сложного выпота из-за способности различать перегородки и фибрин внутри жидкости [34].

Как уже отмечалось, УЗИ легких можно проводить в положении больного стоя, сидя или лежа без существенных различий в результатах. Однако при обследовании в динамике положение (сидя или лежа) должно отслеживаться, поскольку плевральная и легочная жидкость меняется с изменением положения тела.

При использовании упрощенной схемы сканирование легкого может быть проведено менее чем за 2 мин. УЗИ легких остается воспроизводимым и надежным исследованием при любых гемодинамических и вентиляционных состояниях, в отличие от информации при ТТ-ЭхоКГ. Она может ухудшаться при острых состояниях из-за гипервентиляции и тахикардии, что делает визуализацию и интерпретацию некоторых параметров (например, локальная сократимость стенок, диастолическое наполнение) более сложной [25].

### Цель метода

Для кардиолога УЗИ легких в основном нацелено на изменение уровня жидкости в паренхиме легкого (застой в легких в покое и при нагрузке) или плевральной полости (плевральный выпот).

### Сердечная недостаточность

Последовательность событий, приводящих к острому отеку легких при СН, концептуально может быть сформулирована как каскад жидкости в легких, последовательность которого была раскрыта с изобретением УЗИ легких [35]. Иницирующими событиями каскада являются увеличение конечного диастолического давления левого желудочка (ЛЖ) и давления заклинивания в капиллярах легочной артерии – ЛА (гемодинамический застой), в конечном счете, приводя к дисбалансу равновесия Старлинга в альвеолярно-капиллярном барьере, что является обязательным условием для повышения накопления жидкости в легких. Между гемодинамическим и клиническим легочным застоем существует промежуточное событие – интерстициальный застой в легких, обнаруживаемый при УЗИ легких в виде нескольких В-линий [36], биофизически связанных с повышенным соотношением воды и воздуха на единицу объема легких в субплевральных междолевых перегородках [13].

Согласно последним клиническим рекомендациям Европейского общества кардиологов (ЕОК) по диагностике и лечению острой и хронической СН [37], рентгенография органов грудной клетки является основным мето-

дом для диагностики внесосудистой жидкости в легких, несмотря на ее известные ограничения [38]. Проведение рентгенологического исследования требует наличия радиологического оборудования, подразумевает облучение пациента, а интерпретация результатов в значительной степени зависит от квалификации оператора и, самое важное, – низкая чувствительность метода, т.е. возможность обнаруживать только значимые изменения водного статуса без определения минимального повышения или снижения количества жидкости в интерстициуме [39]. Более того, по данным клинических исследований, отсутствие рентгенологических признаков легочного застоя не исключает повышенное давление наполнения ЛЖ и, соответственно, повышенного давления заклинивания в ЛА (ДЗЛА). Именно измерение ДЗЛА с помощью катетера является «золотым стандартом» в диагностике отека легких, но данный метод относится к инвазивным, что значительно снижает его клиническую ценность [40].

В настоящее время наряду с рентгенографией легких, 2D- и доплер-ЭхоКГ сердца остаются наиболее часто используемыми методами диагностики острой СН (ОСН) и отека легких [41].

Таким образом, поскольку существующие методы диагностики отека легких могут быть недостаточно информативными (рентгенография грудной клетки и аускультация), громоздкими и трудоемкими (ядерная медицина и радиология) или инвазивными (разведение индикатора), существует большой потенциал для технологии, которая может неинвазивно и в реальном времени дать количественную оценку отека легких с помощью нерадиационного и портативного метода. В последние годы УЗИ легких признано новым стандартом для оценки легочного застоя [42].

В-линии были предложены в качестве надежного ультразвукового критерия оценки легочного застоя у пациентов с СН. При ОСН в результате повышения капиллярно-венозного давления на экране ультразвукового аппарата регистрируется повышенное количество В-линий, а также их распространение в верхние и передние отделы легких. Наличие В-линий напрямую отражает тяжесть отека легких. Количество В-линий увеличивается с ухудшением функционального класса СН по классификации NYHA [11, 43]. Сонографические В-линии связаны с рентгенографическими В-линиями Керли и индексом количества жидкости в легких на рентгенограмме грудной клетки [18], с внесосудистой жидкостью в легких, измеренной инвазивным методом термодилуции [12], и выраженностью диастолической дисфункции при любой степени систолической дисфункции [8].

Оценка В-линий полезна для дифференциальной диагностики кардиогенной и некардиогенной одышки. D. Lichtenstein и соавт. впервые указали, что В-линии могут помочь дифференцировать острый кардиоген-

ный отек легких от обострения хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ): В-линии были обнаружены у всех пациентов с кардиогенным отеком, тогда как у 24 из 26 пациентов с обострением ХОБЛ В-линии не определялись (чувствительность 100%, специфичность 92%) [36]. Эти данные были дополнительно подтверждены L. Gargani и соавт., установившими, что В-линии являются надежным предиктором в прогнозировании кардиогенного происхождения одышки с точностью, сравнимой с таковой при исследовании натрийуретических пептидов – НУП [44]. Оценка В-линий может быть адекватной альтернативой при острых ситуациях, когда анализ НУП недоступен, или когда не хватает времени для его проведения, как, например, у пациентов с быстро развивающейся острой дыхательной недостаточностью. Кроме того, оценка В-линий может помочь в случае, если уровни НУП находятся в «серой зоне».

В-линии очень динамичны, о чем свидетельствует их быстрое увеличение после физической нагрузки у пациентов как с дисфункцией ЛЖ, так и без нее [45]. Альвеолярно-капиллярная стресс-ЭхоКГ возможна путем оценки изменений В-линий во время нагрузки. В-линии легко могут быть добавлены к индексу нарушения локальной сократимости миокарда и оценке клапанной патологии при стресс-ЭхоКГ, предоставляя дополнительную информацию о появлении внесосудистой жидкости в легких, что недоступно никакому другому параметру ЭхоКГ. Наличие В-линий на высоте нагрузки может выделить пациентов с индуцированным стрессом высоким давлени-

ем наполнения ЛЖ, но без нарушения альвеолярно-капиллярной мембраны (гемодинамической застой), среди пациентов с вызванным стрессом высоким давлением наполнения ЛЖ и недостаточностью альвеолярно-капиллярной мембраны, что приводит к перераспределению жидкости в легких (легочный застой) (рис. 6) [4, 46, 47].

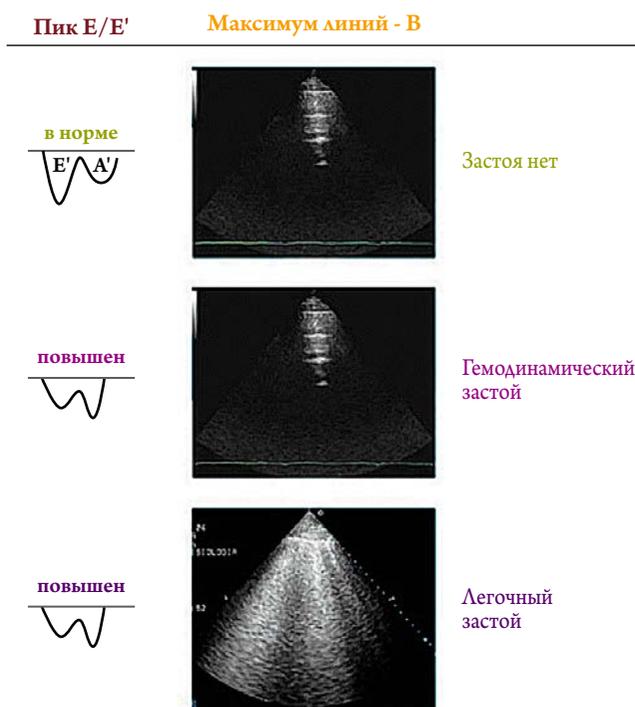
### Дополнительная ценность оценки В-линий при стресс-ЭхоКГ

В-линии благодаря своей способности исчезать после адекватной медикаментозной терапии были предложены в качестве доступного, простого в использовании и альтернативного диагностического инструмента у постели больного для клинического мониторинга легочного застоя у пациентов с СН [22, 23]. Поскольку В-линии могут исчезать в течение нескольких минут на фоне острой диуретической нагрузки, они могут служить полезным прикроватным инструментом для мониторинга ответной реакции на диуретическую терапию в реальном времени [48]. Динамическое поведение В-линий также отмечено их значимым снижением после диализа [49].

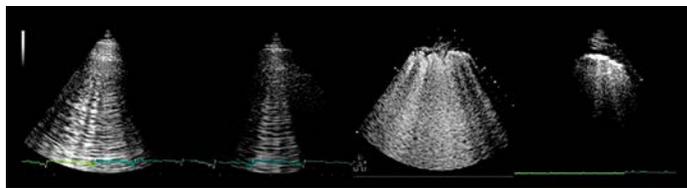
Простота и несложная технология исследования делают его привлекательным также для мониторинга пациентов с СН и в амбулаторных условиях. Фармакологическая терапия может быть адаптирована, как только у пациента в отсутствие симптомов обнаружится значительное увеличение числа В-линий. Данный подход может предотвратить новые госпитализации из-за обострения одышки, поскольку симптомы могут появиться с некоторой задержкой [50]. Возможность оценки В-линий с помощью легких, портативных устройств также может позволить кардиологу оценить тяжесть декомпенсации СН в домашних условиях пациентов [51].

Выявление В-линий имеет прогностическую ценность у стационарных и амбулаторных пациентов с СН. Сохраняющиеся после госпитализации по поводу ОСН В-линии служат прогностическим фактором повторной госпитализации вследствие декомпенсации СН через 3 и 6 мес [51, 52]. Аналогично амбулаторные пациенты с повышенным числом В-линий при поликлиническом наблюдении более часто повторно госпитализируются по поводу декомпенсации СН в течение ближайших месяцев [53, 54]. Данный факт свидетельствует о важности выявления пациентов, находящихся «вне зоны радарного обнаружения» после выписки, т. е. пациентов без клинических признаков легочного застоя, но с повышенным давлением наполнения ЛЖ (что часто отражается высоким уровнем НУП), и у которых может начать накапливаться внесосудистая жидкость в легких [55]. У этих пациентов оценка В-линий может проводиться изолированно или в составе сердечно-легочного обследования, когда пациент с СН направляется на ТТ-ЭхоКГ.

Рисунок 6. Состояние альвеолярно-капиллярной мембраны при стресс-эхокардиографии



**Таблица 2.** Сонографические признаки интерстициального синдрома различной этиологии при ультразвуковом исследовании легких



	Острый кардиогенный отек легких	Хроническая сердечная недостаточность	СОПЛ/ОРДС	Фиброз легких
Клиническая картина	Острая	Хроническая	Острая	Хроническая
Количество В-линий	++++	+ / +++ / +++	++++	+ / +++ / +++
Распределение В-линий	Множественное, диффузное, двустороннее («белое легкое»)	Множественное, диффузное, двустороннее, в застойных зонах нижних долей («черно-белое легкое»)	Негомогенное распределение, наличие локализованных участков здоровой ткани	Чаще сзади у основания легкого
Другие признаки УЗИ легких	Плевральный выпот	Плевральный выпот	Плевральный выпот, изменения плевры, уплотнения паренхимы различных размеров	Утолщение плевры
ЭхоКГ	Патологическая	Патологическая	Вероятно нормальная	Вероятно нормальная

СОПЛ – синдром острого повреждения легких; ОРДС – острый респираторный дистресс-синдром; ЭхоКГ – эхокардиография; УЗИ – ультразвуковое исследование.

Таким образом, В-линии являются визуальным эквивалентом влажных хрипов при аускультации. Для установления точного диагноза также необходимо учитывать наличие других признаков и симптомов, анамнез и клиническую картину в целом [56].

В заключение важно отметить, что наличие В-линий не является признаком, характерным только для легочного застоя и отека легких, так как они могут определяться при других заболеваниях легких, таких как пневмония, острый респираторный дистресс-синдром, предшествующий фиброз легких или диффузное паренхиматозное заболевание легких (табл. 2) [57–60].

### Острый коронарный синдром

При остром коронарном синдроме УЗИ легких следует рассматривать как расширение ЭхоКГ, позволяющее в течение нескольких минут оценить тяжесть застоя в легких, который часто трудно диагностировать с помощью

низкокачественной рентгенографии грудной клетки у постели больного. Оценка В-линий также может обеспечить прогностическую стратификацию [61, 62] и выявить лиц с более высоким риском развития острого отека легких.

### Плевральный выпот

Использование УЗИ легких в диагностике плеврального выпота является наиболее известной и применяемой точкой приложения метода. Основным предиктором плеврального выпота при ТТ-ЭхоКГ является повышенное систолическое давление в ЛА [63]. Повышенное давление в левом предсердии при левожелудочковой СН может вызвать плевральный выпот только после развития отека легких [64]. Повышенное давление в правом предсердии при правожелудочковой СН может увеличить давление в грудном протоке, таким образом ограничивая объем лимфодренажа из плеврального пространства в правое предсердие через верхнюю полую вену [65].

Согласно Международной консенсусной конференции по УЗИ легких от 2012 г., «для выявления плеврального выпота УЗИ легких более информативно, чем рентгенография грудной клетки в положении пациента лежа на спине, и одинаково точно, как и КТ» [3].

Количество плеврального выпота можно оценить как тривиальное (<2 мм), незначительное (от 2 до 15 мм), умеренное (от 15 до 25 мм) или значительное (>25 мм, > 500 мл) [25]. Существует несколько способов расчета объема жидкости в плевральной полости [63].

Эти методы могут быть использованы в экстренных случаях для принятия решения о необходимости дренирования плевральной полости. Размер плеврального выпота определяет вероятность его обнаружения по передней стенке грудной клетки (большой объем выпота) или в зависимых (гравитационных) зонах и боковых отделах (умеренное или незначительное количество жидкости) [34].

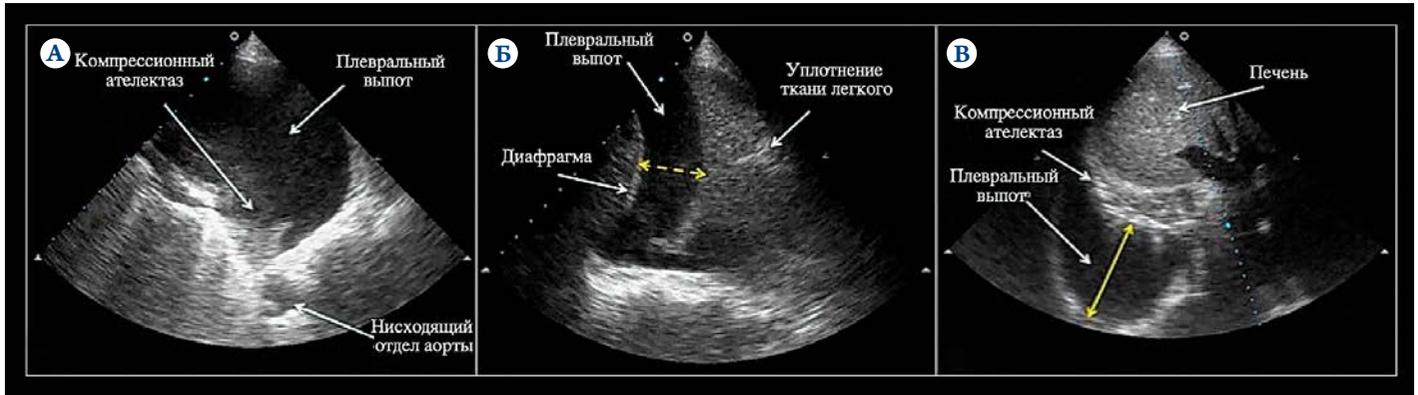
### Радиологические признаки плеврального выпота при УЗИ легких

Плевральный выпот обычно визуализируется как темная эхонегативная зона, расположенная между висцеральной и париетальной плеврой. Накопившаяся жидкость ведет себя как анэхогенное окно, позволяющее отображение типичного сонографического признака, известного как «линия V» – патогномичный знак наличия жидкости в плевральной полости (рис. 7, 8) [66].

С помощью УЗИ легких в некоторой степени возможно дифференцировать трансудат от экссудата (рис. 8) [32].

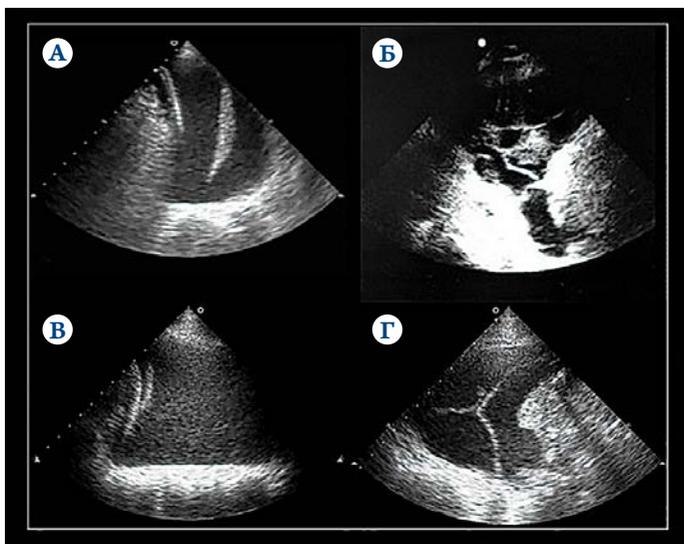
Экссудат обычно выглядит как гипо- или анэхогенное пространство, тогда как трансудат имеет (рис. 8 А) или сложный вид (рис. 8 Б, Г). Сонографически свободные перемещающиеся структуры, известные как «план-

**Рисунок 7.** Плевральный выпот слева (А). Плевральный выпот справа (Б).  
Подпечёночное изображение плеврального выпота справа (В)



Главные анатомические структуры обозначены стрелками.

**Рисунок 8.** Различные виды плеврального выпота при ультразвуковом сканировании



А – экссудат; Б – эмпиема; В – гемоторакс;  
Г – сложный плевральный выпот, разделенный перегородками.

ктон», или «вихревые потоки», были также описаны при сложных выпотах (например, при эмпиеме и злокачественных выпотах).

### Недостатки и ограничения метода

Интерпретация картин, полученных с помощью УЗИ легких, часто не составляет труда. Однако необходимо помнить, что данная техника характеризуется возможным недостатком специфичности при относительно высокой чувствительности. Характерные изображения отсутствия движения плевры или наличие В-линий может быть недостаточным для постановки диагноза, так как такие характеристики могут соответствовать разным патологиям. Уровень специфичности и правильность диагноза в данном случае зависят не только от результатов, полученных посредством УЗИ, но также жалоб пациента, клинической картины и анамнеза заболевания.

Ограничения метода УЗИ легких в основном связаны с пациентами. Например, обследование на фоне выраженного ожирения или отеков осложняется значительным рассеиванием ультразвуковой энергии в поверхностных тканях и, соответственно, низким качеством изображений. Подкожная эмфизема и широкие послеоперационные перевязки также затрудняют или исключают прохождение ультразвуковых волн до периферии легких. Другие состояния, такие как перенесенный плевродез, плевральный кальциноз или наличие грудных дренажей, также ограничивают УЗИ [4, 24, 34].

### Интегрированное сердечно-легочное УЗИ

ЭхоКГ у постели больного по своему определению подразумевает мультиорганный подход. Возможность сканирования легких представляет огромную ценность в понимании происходящих кардиологических проблем и степени компенсации пациента.

Дополнение УЗИ легких даже к простой оценке нижней полой вены значительно повышает точность диагноза ОСН [67].

У пациентов с одинаковой степенью систолической и диастолической дисфункции сердца может быть различное количество внесосудистой жидкости в легких, что зависит от сложных взаимоотношений между законами Старлинга, состоянием альвеолярно-капиллярной мембраны и лимфатическим дренажем. Завершение ЭхоКГ сканированием легких может предоставить уникальную информацию о гемодинамических последствиях миокардиальных и клапанных нарушений в рамках одного исследования [68, 69].

В некоторых специфических ситуациях мультиорганный УЗи у постели больного имеет большую ценность в установлении правильного диагноза, иногда позволяя исключить угрожающие состояния. У пациентов с клиническим подозрением на острую легочную эмболию интеграция у постели больного прицельного исследования

сердца (оценка наличия значимой дилатации/дисфункции правого желудочка), легких (обнаружение легочного инфаркта или очагового интерстициального синдрома) и вен нижних конечностей (выявление тромбов) может обеспечить хорошую чувствительность и специфичность УЗИ [70–73].

### УЗИ легких в рекомендациях научных обществ

Применение УЗИ легких при всех плевральных процедурах с плевральной жидкостью настоятельно рекомендовано Британским торакальным обществом с 2010 г., поскольку это способствует снижению заболеваемости и частоты развития таких осложнений, как пневмоторакс и кровотечения [74]. В настоящее время становится все сложнее оправдывать проведение плевральных процедур без применения ультразвукового контроля [75].

В рекомендациях Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации по использованию портативных устройств четко прописано «полуколичественное определение внесосудистой жидкости в легких» посредством В-профиля среди 8 главных показаний [76]. При экстренной ЭхоКГ отсутствие В-профиля исключает кардиогенный отек с отрицательным прогностическим значением около 100% [77].

Руководство по СН ЕОК от 2016 г. рекомендует проведение УЗИ легких среди диагностических тестов (класс IIb, уровень доказательности C) как тест, который можно рассматривать у пациентов с ОСН для подтверждения легочного застоя и плеврального трансудата [37]. В рекомендациях ЕОК от 2015 г. [78] УЗИ легких было рекомендовано как диагностический тест первой линии для оценки легочного застоя при подозрении на ОСН, поскольку «в руках достаточно опытного специалиста УЗИ легких может быть одинаково или более информативно, чем рентген грудной клетки, что также позволяет существенно сэкономить время». Группа экспертов по ОСН ЕОК в 2017 г. пришла к выводу, что «ТТ-ЭхоКГ и УЗИ легких могут помочь в быстрой оценке пациентов с острой одышкой и гипотензией и обладают потенциалом, чтобы изменить методы клинической оценки и ведения критически больных пациентов с ОСН и кардиогенным шоком» [79].

Согласно объединенным рекомендациям Европейской ассоциации визуализации сердечно-сосудистой системы и Американского общества эхокардиографии 2016 г., при стресс-ЭхоКГ с физической нагрузкой внезапное увеличение числа В-линий, обнаруженное при УЗИ лег-

ких, является достоверным способом демонстрации, что симптом «одышки при физической нагрузке» связан с легочным застоем на фоне СН [80].

### Заключение

За последние несколько лет ультразвуковое исследование легких является одной из главных революций в сфере визуализации. Несмотря на экономическую доступность и относительное отсутствие побочных эффектов, ультразвуковое исследование длительное время не использовалось для диагностики заболеваний легких и сердца. Однако в современном мире данная техника набирает все большую популярность и уже вошла в диагностические и клинические протоколы многих стран мира.

В настоящее время в наиболее развитых странах Европы и ведущих клиниках США обследование пациентов методами ультразвукового сканирования объединяет эхокардиографию сердца и ультразвуковое исследование легких в одно исследование с написанием единого заключения. В скором будущем трансторакальная эхокардиография без ультразвуковой оценки состояния легких будет считаться незавершенным исследованием.

Ультразвуковое исследование обладает широким спектром преимуществ: мобильность, универсальность, низкая цена, доступность, возможность применения у постели больного, экономия времени, нетрудоемкость, мгновенность результата и отсутствие радиации. Наряду с высокой чувствительностью и достаточной специфичностью данный метод может стать незаменимым для диагностики большого спектра заболеваний сердца и легких. К тому же для обученного персонала интерпретация полученных изображений не составляет труда.

Таким образом, существует серьезная доказательная база по актуальности и востребованности данного метода в клинической практике, необходимости разработки и внедрения протоколов диагностики целого ряда сердечно-сосудистых и легочных заболеваний методом ультразвукового исследования, поскольку это поможет в диагностике большого количества патологий, особенно в неотложных ситуациях и отдаленных регионах страны, не имеющих или имеющих ограниченный доступ к аппаратам высокой точности, таким как компьютерные и магнитно-резонансные томографы.

*Конфликт интересов авторами не заявлен.*

**Статья поступила 20.06.19**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harrison's principles of internal medicine. Longo DL, Fauci AS, Kasper DL, Jameson JL, Hauser SL, Loscalzo J, editors -New York,

NY: McGraw-Hill Medical;2011. - 4012 p. [Part 11, Section 1, Chapter 253]. ISBN 978-0-07-174889-6

2. Skorodumova E.G., Kostenko V.A., Skorodumova E.A., Siverina A.V. Assessment of interstitial edema in patients with intermediate function of the left ventricle after resolving of acute decompensation of heart failure. *Translational Medicine*. 2018;5(3):23–7. [Russian: Скородумова Е.Г., Костенко В.А., Скородумова Е.А., Сиверина А.В. Оценка интерстициального отека у пациентов с промежуточной функцией левого желудочка после купирования острой декомпенсации сердечной недостаточности. *Трансляционная медицина*. 2018;5(3):23-7]. DOI: 10.18705/2311-4495-2018-5-3-23-27
3. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Medicine*. 2012;38(4):577–91. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4
4. Picano E, Frassi F, Agricola E, Gligorova S, Gargani L, Mottola G. Ultrasound Lung Comets: A Clinically Useful Sign of Extravascular Lung Water. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2006;19(3):356–63. DOI: 10.1016/j.echo.2005.05.019
5. Gargani L. Lung ultrasound: a new tool for the cardiologist. *Cardiovascular Ultrasound*. 2011;9(1):6. DOI: 10.1186/1476-7120-9-6
6. Alekhin M.N. Lung ultrasonography in the diagnosis of extravascular lung water. *Creative Cardiology*. 2015;1:27–37. [Russian: Алехин М.Н. Ультразвуковое исследование легких для диагностики внесосудистой жидкости. *Креативная кардиология*. 2015;1:27-37]
7. Lichtenstein DA. Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care*. 2014;4(1):1. DOI: 10.1186/2110-5820-4-1
8. Frassi F, Gargani L, Gligorova S, Ciampi Q, Mottola G, Picano E. Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *European Journal of Echocardiography*. 2007;8(6):474–9. DOI: 10.1016/j.euje.2006.09.004
9. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A et al. “Ultrasound Comet-Tail Images”: A Marker Of Pulmonary Edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest*. 2005;127(5):1690–5. DOI: 10.1378/chest.127.5.1690
10. Volpicelli G, Melniker LA, Cardinale L, Lamorte A, Frascisco MF. Lung ultrasound in diagnosing and monitoring pulmonary interstitial fluid. *La radiologia medica*. 2013;118(2):196–205. DOI: 10.1007/s11547-012-0852-4
11. Cortellaro F, Ceriani E, Spinelli M, Campanella C, Bossi I, Coen D et al. Lung ultrasound for monitoring cardiogenic pulmonary edema. *Internal and Emergency Medicine*. 2017;12(7):1011–7. DOI: 10.1007/s11739-016-1510-y
12. Baldi G, Gargani L, Abramo A, D’Errico L, Caramella D, Picano E et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study. *Intensive Care Medicine*. 2013;39(1):74–84. DOI: 10.1007/s00134-012-2694-x
13. Gargani L, Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovascular Ultrasound*. 2014;12(1):25. DOI: 10.1186/1476-7120-12-25
14. Ziskin MC, Thickman DI, Goldenberg NJ, Lapayowker MS, Becker JM. The comet tail artifact. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 1982;1(1):1–7. DOI: 10.7863/jum.1982.1.1.1
15. Thickman DI, Ziskin MC, Goldenberg NJ, Linder BE. Clinical manifestations of the comet tail artifact. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 1983;2(5):225–30. DOI: 10.7863/jum.1983.2.5.225
16. Targhetta R, Chavagneux R, Balmes P, Lemerre C, Mauboussin JM, Bourgeois JM et al. Sonographic lung surface evaluation in pulmonary sarcoidosis: preliminary results. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 1994;13(5):381–8. DOI: 10.7863/jum.1994.13.5.381
17. Picano E, Pellikka PA. Ultrasound of extravascular lung water: a new standard for pulmonary congestion. *European Heart Journal*. 2016;37(27):2097–104. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw164
18. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *The American Journal of Cardiology*. 2004;93(10):1265–70. DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.02.012
19. Gargani L, Lionetti V, Di Cristofano C, Bevilacqua G, Recchia FA, Picano E. Early detection of acute lung injury uncoupled to hypoxemia in pigs using ultrasound lung comets. *Critical Care Medicine*. 2007;35(12):2769–74. DOI: 10.1097/01.CCM.0000287525.03140.3F
20. Kobalava Zh.D., Safarova A.F., Soloveva A.E., Cabello F.E., Meray I.A., Shavarova E.K. et al. Pulmonary congestion by lung ultrasound in decompensated heart failure. *Kardiologia*. 2019;59(8):5–14. [Russian: Кобалава Ж.Д., Сафарова А.Ф., Соловьева А.Е., Кабелью Ф.Е., Мерай И.А., Шаварова Е.К. и др. Легочный застой по данным ультразвукового исследования у пациентов с декомпенсацией сердечной недостаточности. *Кардиология*. 2019;59(8):5-14]. DOI: 10.18087/cardio.2019.8.n534
21. Gargani L, Frassi F, Soldati G, Tesorio P, Gheorghide M, Picano E. Ultrasound lung comets for the differential diagnosis of acute cardiogenic dyspnoea: A comparison with natriuretic peptides. *European Journal of Heart Failure*. 2008;10(1):70–7. DOI: 10.1016/j.ejheart.2007.10.009
22. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, Mussa A, Bar F, Frascisco MF. Bedside ultrasound of the lung for the monitoring of acute decompensated heart failure. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2008;26(5):585–91. DOI: 10.1016/j.ajem.2007.09.014
23. Grishin A.M., Alekhin M.N., Sidorenko B.A. Experience in using ultrasonography to detect pulmonary extravascular fluid in patients with heart failure. *Therapeutic Archive*. 2010;82(4):35–9. [Russian: Гришин А.М., Алехин М.Н., Сидоренко Б.А. Опыт использования ультразвукового исследования для выявления внесосудистой жидкости в легких у больных с сердечной недостаточностью. *Терапевтический Архив*. 2010;82(4):35-9]
24. Miglioranza MH, Sousa ACS, Araujo C de SC, Almeida-Santos MA, Gargani L. Lung Ultrasound: The Cardiologists’ New Friend. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. 2017;109(6):606–8. DOI: 10.5935/abc.20170169
25. Picano E, Scali MC, Ciampi Q, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for the Cardiologist. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2018;11(11):1692–705. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.06.023
26. Volpicelli G. Lung Ultrasound in Pneumothorax: The Continuing Need for Appropriate Use and Correct Interpretation. *The Journal of Emergency Medicine*. 2017;53(2):e25–6. DOI: 10.1016/j.jemermed.2017.03.048
27. Gargani L. Ultrasound of the Lungs More than a Room with a View. *Heart Failure Clinics*. 2019;15(2):297–303. DOI: 10.1016/j.hfc.2018.12.010
28. Bianco F, Bucciarelli V, Ricci F, De Caterina R, Gallina S. Lung ultrasonography: a practical guide for cardiologists. *Journal of Cardiovascular Medicine*. 2017;18(7):501–9. DOI: 10.2459/JCM.0000000000000515
29. Volpicelli G, Mussa A, Garofalo G, Cardinale L, Casoli G, Perotto F et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2006;24(6):689–96. DOI: 10.1016/j.ajem.2006.02.013
30. Volpicelli G, Noble VE, Liteplo A, Cardinale L. Decreased sensitivity of lung ultrasound limited to the anterior chest in emergency department diagnosis of cardiogenic pulmonary edema: a retrospective analysis. *Critical Ultrasound Journal*. 2010;2(2):47–52. DOI: 10.1007/s13089-010-0037-0
31. Maskell NA. BTS guidelines for the investigation of a unilateral pleural effusion in adults. *Thorax*. 2003;58(Suppl 2):8ii–17. DOI: 10.1136/thorax.58.suppl\_2.ii8
32. Brogi E, Bignami E, Sidoti A, Shawar M, Gargani L, Vetrugno L et al. Could the use of bedside lung ultrasound reduce the number of chest x-rays in the intensive care unit? *Cardiovascular Ultrasound*. 2017;15(1):23. DOI: 10.1186/s12947-017-0113-8
33. Neskovic AN, Skinner H, Price S, Via G, De Hert S, Stankovic I et al. Focus cardiac ultrasound core curriculum and core syllabus of the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2018;19(5):475–81. DOI: 10.1093/ehj-ci/jey006
34. Diaz-Gomez JL, Ripoll JG, Ratzlaff RA, Tavazzi G. Perioperative Lung Ultrasound for the Cardiothoracic Anesthesiologist: Emerging Importance and Clinical Applications. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2017;31(2):610–25. DOI: 10.1053/j.jvca.2016.11.031
35. Picano E, Scali MC. The lung water cascade in heart failure. *Echocardiography*. 2017;34(10):1503–7. DOI: 10.1111/echo.13657

36. Lichtenstein D, van Hooland S, Elbers P, Malbrain MLNG. Ten good reasons to practice ultrasound in critical care. *Anaesthesiology Intensive Therapy*. 2014;46(5):323–35. DOI: 10.5603/AIT.2014.0056
37. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS et al. 2016 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. *European Heart Journal*. 2016;37(27):2129–200. DOI: 10.1093/eurheartj/ehw128
38. McMurray JJV, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Bohm M, Dickstein K et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*. 2012;33(14):1787–847. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs104
39. Cardinale L. Effectiveness of chest radiography, lung ultrasound and thoracic computed tomography in the diagnosis of congestive heart failure. *World Journal of Radiology*. 2014;6(6):230–7. DOI: 10.4329/wjr.v6.i6.230
40. Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, Feldman AM, Francis GS, Ganiats TG et al. 2009 Focused Update Incorporated Into the ACC/AHA 2005 Guidelines for the Diagnosis and Management of Heart Failure in Adults A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Developed in Collaboration With the International Society for Heart and Lung Transplantation. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;53(15):e1–90. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.11.013
41. Volpicelli G. Lung Sonography. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2013;32(1):165–71. DOI: 10.7863/jum.2013.32.1.165
42. Gargani L, Picano E. The risk of cumulative radiation exposure in chest imaging and the advantage of bedside ultrasound. *Critical Ultrasound Journal*. 2015;7(1):4. DOI: 10.1186/s13089-015-0020-x
43. Picano E, Gargani L. Ultrasound lung comets: the shape of lung water. *European Journal of Heart Failure*. 2012;14(11):1194–6. DOI: 10.1093/eurjhf/hfs157
44. Volpicelli G, Cardinale L, Garofalo G, Veltri A. Usefulness of lung ultrasound in the bedside distinction between pulmonary edema and exacerbation of COPD. *Emergency Radiology*. 2008;15(3):145–51. DOI: 10.1007/s10140-008-0701-x
45. Dietrich CF, Mathis G, Blaivas M, Volpicelli G, Seibel A, Atkinson NS et al. Lung artefacts and their use. *Medical Ultrasonography*. 2016;18(4):488–99. DOI: 10.11152/mu-878
46. Picano E, Ciampi Q, Citro R, D'Andrea A, Scali MC, Cortigiani L et al. Stress echo 2020: the international stress echo study in ischemic and non-ischemic heart disease. *Cardiovascular Ultrasound*. 2017;15(1):3. DOI: 10.1186/s12947-016-0092-1
47. Scali MC, Ciampi Q, Picano E, Bossone E, Ferrara F, Citro R et al. Quality control of B-lines analysis in stress Echo 2020. *Cardiovascular Ultrasound*. 2018;16(1):20. DOI: 10.1186/s12947-018-0138-7
48. Picano E, Gargani L, Gheorghide M. Why, when, and how to assess pulmonary congestion in heart failure: pathophysiological, clinical, and methodological implications. *Heart Failure Reviews*. 2010;15(1):63–72. DOI: 10.1007/s10741-009-9148-8
49. Torino C, Gargani L, Sicari R, Letachowicz K, Ekart R, Fliser D et al. The Agreement between Auscultation and Lung Ultrasound in Hemodialysis Patients: The LUST Study. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2016;11(11):2005–11. DOI: 10.2215/CJN.03890416
50. Mojoli F, Bouhemad B, Mongodi S, Lichtenstein D. Lung Ultrasound for Critically Ill Patients. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2019;199(6):701–14. DOI: 10.1164/rccm.201802-0236CI
51. Bedetti G, Gargani L, Corbisiero A, Frassi F, Poggianti E, Mottola G. Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. *Cardiovascular Ultrasound*. 2006;4(1):34. DOI: 10.1186/1476-7120-4-34
52. Gargani L, Pang PS, Frassi F, Miglioranza MH, Dini FL, Landi P et al. Persistent pulmonary congestion before discharge predicts rehospitalization in heart failure: a lung ultrasound study. *Cardiovascular Ultrasound*. 2015;13(1):40. DOI: 10.1186/s12947-015-0033-4
53. Coiro S, Rossignol P, Ambrosio G, Carluccio E, Alunni G, Murrone A et al. Prognostic value of residual pulmonary congestion at discharge assessed by lung ultrasound imaging in heart failure: Prognostic value of B-lines after discharge from HF hospitalisation. *European Journal of Heart Failure*. 2015;17(11):1172–81. DOI: 10.1002/ejhf.344
54. Gargani L. Prognosis in heart failure: look at the lungs. *European Journal of Heart Failure*. 2015;17(11):1086–8. DOI: 10.1002/ejhf.423
55. Cogliati C, Casazza G, Ceriani E, Torzillo D, Furlotti S, Bossi I et al. Lung ultrasound and short-term prognosis in heart failure patients. *International Journal of Cardiology*. 2016;218:104–8. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.05.010
56. Miglioranza MH, Picano E, Badano LP, Sant'Anna R, Rover M, Zaffaroni F et al. Pulmonary congestion evaluated by lung ultrasound predicts decompensation in heart failure outpatients. *International Journal of Cardiology*. 2017;240:271–8. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.02.150
57. Platz E, Lewis EF, Uno H, Peck J, Pivetta E, Merz AA et al. Detection and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in ambulatory heart failure patients. *European Heart Journal*. 2016;37(15):1244–51. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv745
58. Ricci F, Aquilani R, Radico F, Bianco F, Dipace GG, Miniero E et al. Role and importance of ultrasound lung comets in acute cardiac care. *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care*. 2015;4(2):103–12. DOI: 10.1177/2048872614553166
59. Shyamsundar M, Attwood B, Keating L, Walden AP. Clinical review: The role of ultrasound in estimating extra-vascular lung water. *Critical Care*. 2013;17(5):237. DOI: 10.1186/cc12710
60. Anile A, Russo J, Castiglione G, Volpicelli G. A simplified lung ultrasound approach to detect increased extravascular lung water in critically ill patients. *Critical Ultrasound Journal*. 2017;9(1):13. DOI: 10.1186/s13089-017-0068-x
61. Bedetti G, Gargani L, Sicari R, Gianfaldoni ML, Molinaro S, Picano E. Comparison of Prognostic Value of Echocardiographic Risk Score With the Thrombolysis In Myocardial Infarction (TIMI) and Global Registry In Acute Coronary Events (GRACE) Risk Scores in Acute Coronary Syndrome. *The American Journal of Cardiology*. 2010;106(12):1709–16. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.08.024
62. Miglioranza MH, Gargani L, Sant'Anna RT, Rover MM, Martins VM, Mantovani A et al. Lung Ultrasound for the Evaluation of Pulmonary Congestion in Outpatients: a comparison with clinical assessment, natriuretic peptides, and echocardiography. *JACC: Cardiovascular Imaging*. 2013;6(11):1141–51. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.08.004
63. Brogi E, Gargani L, Bignami E, Barbarioli F, Marra A, Forfori F et al. Thoracic ultrasound for pleural effusion in the intensive care unit: a narrative review from diagnosis to treatment. *Critical Care*. 2017;21(1):325. DOI: 10.1186/s13054-017-1897-5
64. Lichtenstein D. Novel approaches to ultrasonography of the lung and pleural space: where are we now? *Breathe*. 2017;13(2):100–11. DOI: 10.1183/20734735.004717
65. Morales-Rull JL, Bielsa S, Conde-Martel A, Aramburu-Bodas O, Llàcer P, Quesada MA et al. Pleural effusions in acute decompensated heart failure: Prevalence and prognostic implications. *European Journal of Internal Medicine*. 2018;52:49–53. DOI: 10.1016/j.ejim.2018.02.004
66. Atkinson P, Milne J, Loubani O, Verheul G. The V-line: a sonographic aid for the confirmation of pleural fluid. *Critical Ultrasound Journal*. 2012;4(1):19. PMID: 22920298
67. Goffi A, Krusselbrink R, Volpicelli G. The sound of air: point-of-care lung ultrasound in perioperative medicine. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien D'anesthésie*. 2018;65(4):399–416. DOI: 10.1007/s12630-018-1062-x
68. Tavazzi G, Neskovic AN, Hussain A, Volpicelli G, Via G. A plea for an early ultrasound-clinical integrated approach in patients with acute heart failure. A proactive comment on the ESC Guidelines on Heart Failure 2016. *International Journal of Cardiology*. 2017;245:207–10. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.07.013

69. Stolz L, O'Brien K, Miller M, Winters-Brown N, Blaivas M, Adhikari S. A Review of Lawsuits Related to Point-of-Care Emergency Ultrasound Applications. *Western Journal of Emergency Medicine*. 2015;16(1):1–4. DOI: 10.5811/westjem.2014.11.23592
70. Nazerian P, Volpicelli G, Gigli C, Lamorte A, Grifoni S, Vanni S. Diagnostic accuracy of focused cardiac and venous ultrasound examinations in patients with shock and suspected pulmonary embolism. *Internal and Emergency Medicine*. 2018;13(4):567–74. DOI: 10.1007/s11739-017-1681-1
71. Volpicelli G, Vanni S, Becattini C, Sferrazza Papa GF, Gigli C, Grifoni S et al. Prediction Rule for Diagnosis of Pulmonary Embolism Enhanced by Lung and Venous Ultrasound: Making Confusion or Increasing Efficiency? *Academic Emergency Medicine*. 2017;24(4):498–9. DOI: 10.1111/acem.13153
72. Nazerian P, Vanni S, Volpicelli G, Gigli C, Zanobetti M, Bartolucci M et al. Accuracy of Point-of-Care Multiorgan Ultrasonography for the Diagnosis of Pulmonary Embolism. *Chest*. 2014;145(5):950–7. DOI: 10.1378/chest.13-1087
73. Malbrain MLNG, De Tavernier B, Haverals S, Slama M, Vieillard-Baron A, Wong A et al. Executive summary on the use of ultrasound in the critically ill: consensus report from the 3rd Course on Acute Care Ultrasound (CACU). *Anesthesiology Intensive Therapy*. 2017;49(5):393–411. DOI: 10.5603/AIT.a2017.0072
74. Havelock T, Teoh R, Laws D, Gleeson F, BTS Pleural Disease Guideline Group. Pleural procedures and thoracic ultrasound: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax*. 2010;65(Suppl 2):ii61-76. DOI: 10.1136/thx.2010.137026
75. Dancel R, Schnobrich D, Puri N, Franco-Sadud R, Cho J, Grikis L et al. Recommendations on the Use of Ultrasound Guidance for Adult Thoracentesis: A Position Statement of the Society of Hospital Medicine. *Journal of Hospital Medicine*. 2018;13(2):126–35. DOI: 10.12788/jhm.2940
76. Sicari R, Galderisi M, Voigt J-U, Habib G, Zamorano JL, Lancellotti P et al. The use of pocket-size imaging devices: a position statement of the European Association of Echocardiography. *European Journal of Echocardiography*. 2011;12(2):85–7. DOI: 10.1093/ejehocard/jeq184
77. Neskovic AN, Hagedorff A, Lancellotti P, Guarracino F, Varga A, Cossyns B et al. Emergency echocardiography: the European Association of Cardiovascular Imaging recommendations. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2013;14(1):1–11. DOI: 10.1093/ehjci/jes193
78. Mebazaa A, Yilmaz MB, Levy P, Ponikowski P, Peacock WF, Laribi S et al. 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 – short version. *European Heart Journal*. 2015;36(30):1958–66. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv066
79. Price S, Platz E, Cullen L, Tavazzi G, Christ M, Cowie MR et al. Echocardiography and lung ultrasonography for the assessment and management of acute heart failure. *Nature Reviews Cardiology*. 2017;14(7):427–40. DOI: 10.1038/nrcardio.2017.56
80. Lancellotti P, Pellikka PA, Budts W, Chaudhry FA, Donal E, Dulgheru R et al. The clinical use of stress echocardiography in non-ischaemic heart disease: recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2016;17(11):1191–229. DOI: 10.1093/ehjci/jew190