

Роль прикроватного ультразвукового исследования легких при различных респираторных заболеваниях

А. Ф. Сафарова (Айтен Фуад-кызы)

¹Медицинский институт ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

²ГБУЗ «Городская клиническая больница имени В. В. Виноградова Департамента здравоохранения Москвы»

РЕЗЮМЕ

Прикроватное ультразвуковое исследование легких, как самостоятельный метод, так и в сочетании с другими ультразвуковыми методами, является полезным диагностическим инструментом у пациентов с различными респираторными заболеваниями. В настоящее время УЗИ легких используется в алгоритме диагностики неотложных состояний, таких как острый респираторный дистресс-синдром, пневмоторакс, остановка сердца, острая дыхательная недостаточность, пневмония. Более того, полуколичественное определение легочного застоя может выполняться для определения тяжести интерстициального синдрома и тяжести поражения легких при коронавирусной пневмонии. В обзоре рассматриваются базовая семиотика УЗИ, а также роль прикроватного УЗИ легких при различных респираторных заболеваниях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: А-линии, В-линии, консолидация, легочный застой, коронавирусная пневмония.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Role of point-of-care lung ultrasound in different respiratory disorders

A. F. Safarova

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²City Clinical Hospital n.a. V. V. Vinogradov, Moscow, Russia

SUMMARY

Point-of-care lung ultrasound either standalone or in a combination with other ultrasound techniques is a useful diagnostic method for patients with different respiratory disorders. Nowadays lung ultrasound helps to identify emergency conditions, such as acute respiratory distress syndrome, pneumothorax, cardiac arrest, acute respiratory failure, pneumonia. Moreover, a semi-quantitative evaluation of pulmonary congestion can be performed to determine the severity of interstitial syndrome and COVID-19 associated pneumonia. In this review the basic semiotics of ultrasound are described, as well as the role of point-of-care lung ultrasound in various respiratory disorders.

KEY WORDS: A-lines, B-lines, consolidation, pulmonary effusions, coronavirus pneumonia.

CONFLICT OF INTEREST. The author declares no conflict of interest.

Актуальность

В последние годы ультразвуковое исследование (УЗИ) легких занимает лидирующее место среди визуализирующих методов исследования, объединяя клиническую и инструментальную прикроватную оценку состояния пациентов [1]. В настоящее время прикроватное ультразвуковое исследование общепризнано как полезное, а в некоторых случаях – как обязательное исследование, например для проведения манипуляций под контролем УЗИ [2]. УЗИ легких помогает провести дифференциальную диагностику и выбрать тактику ведения при гемодинамической нестабильности пациента [3], остром респираторном дистресс-синдроме [4], острой дыхательной недостаточности [5], остановке сердца [6], пневмонии [7, 8], ушибе легких [9], плевральном выпоте и пневмотораксе [4, 10]. Благодаря отсутствию радиационного облучения и быстрой воспроизводимости УЗИ легких представляется привлекательной альтернативой прикроватной рентгенографии грудной клетки при неотложных ситуациях. Возможность прикроватного использования УЗИ легких и его экономическая эффективность были рассмотрены в Международном консенсусе и международных рекомендациях по УЗИ легких [11].

Хотя ультразвуковая картина легких впервые была описана 50 лет назад [6], а основные ультразвуковые

признаки заболеваний легких систематически описывались в 1990-х годах [12–15], этот метод получил распространение в основном в последнее десятилетие. В настоящее время он считается незаменимым прикроватным помощником при определении тактики ведения пациентов [16, 17].

Базовая семиотика УЗИ легких

Для проведения УЗИ легких можно использовать базовые ультразвуковые аппараты; в современных аппаратах необходимо отключать режим сглаживания и алгоритм подавления артефактов (многолучевое сканирование и гармоническая визуализация), а также уменьшить динамический диапазон. На сегодняшний день не существует доказательной базы оптимального выбора УЗ-датчика. Для УЗИ легких может использоваться микроконвексный датчик высокого разрешения с широким частотным диапазоном или комбинация линейного высокочастотного датчика и низкочастотного датчика (конвексные, фазированные). УЗ-датчики с высокой и низкой частотой позволяют адекватно оценить как плевру, так и более глубокие признаки, такие как уплотнение легочной ткани и плевральный выпот (табл. 1).

Традиционно УЗ-датчик размещают перпендикулярно ребрам с ориентацией ультразвукового датчика (маркера)

Таблица 1
УЗ датчики, используемые для УЗИ легких

УЗ датчики	Частота, МГц	Область и цель исследования	Ограничения
Высокочастотные линейные датчики	от 7 до 13	Плевра; скопление легких (с целью выявления пневмоторакса или париеальной патологии плевры)	Небольшая глубина сканирования (не более 6 см)
Конвексные датчики	от 1 до 5	Более глубокие структуры; для выявления плеврального выпота или уплотнения легкого	Большая площадь поверхности датчика затрудняет сканирование между узкими межреберными промежутками
Фазированные датчики	от 2 до 5	Плевра, паренхима легких (преимущество при узких межреберных промежутках). Возможно использование при совместном УЗИ сердца и легких	Небольшая площадь сканирования

Таблица 2
Ультразвуковые сигналы и артефакты при УЗИ легких

Ультразвуковые сигналы / артефакты	Характеристика
Плевральная линия	Яркая гиперэхогенная линия между акустическими тенями от ребер. У взрослых она расположена на 0,5 см ниже линии ребер (признак «летучей мыши») и всегда соответствует париеальной плевре (рис. 1)
Скольжение легкого	Движение плевральной линии, синхронное с дыханием (lung sliding). Наличие скольжения легкого позволяет исключить пневмоторакс [12]
А-линии	Горизонтальные гиперэхогенные артефакты реверберации, параллельные плевральной линии и повторяющиеся через одинаковые расстояния. Наличие А-линий соответствует нормальному легкому, повышенной воздушности легкого или пневмотораксу. Другие ультразвуковые признаки позволяют исключить эти состояния (рис. 1) [18, 19]
В-линии	Гиперэхогенные артефакты в виде хвоста кометы, возникающие из плевральной линии и движущиеся вместе со скольжением легких. Обычно хорошо очерчены, доходят до нижней части УЗ-окна и стирают А-линии. В-линии более трех ассоциируются с утолщенными субплевральными междольковыми перегородками; В-линии более пяти указывают на более тяжелый интерстициальный синдром (рис. 2) [14]
«Штрих-код» из М-режима	Признак отсутствия скольжения легкого с А-линиями (рис. 3) [18]
Точка легкого	Чередование нормального и отсутствующего скольжения легкого с отдельными А-линиями, характерно для пневмоторакса: соответствует точке, где спавшееся легкое соприкасается с париеальной плеврой при каждом вдохе (рис. 4) [20]
Субплевральная консолидация	Ограниченные участки уплотнения тканей, расположенные под плеврой (менее 1 см) (рис. 5 а) [21]
Консолидация	Уплотнение легочной ткани за счет заполнения воздушных в норме альвеол содержимым (экссудатом, транссудатом и т.д.). Плотность легочной ткани повышается вплоть до печеночной («гепатизация») (рис. 5 б)
Аэробронхограмма	Гиперэхогенные сигналы внутри консолидаций, связанные с остаточным воздухом внутри бронхиол (рис. 6)



Рисунок 1. УЗ-изображение нормального легкого. Длинная стрелка указывает на плевральную линию. Короткие стрелки указывают на повторяющиеся вертикальные А-линии.

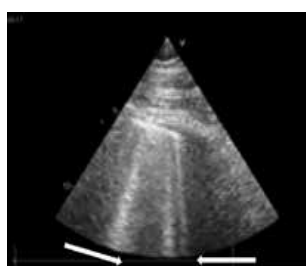


Рисунок 2. УЗ-изображение легкого с В-линиями (стрелки указывают на В-линии).

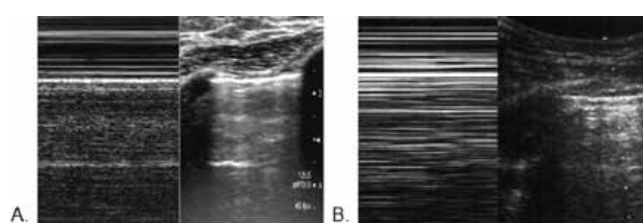


Рисунок 3. А – УЗ-картина нормального легкого в М- и В-режимах. Б – УЗ-картина пневмоторакса в М- и В-режимах («штрих-код»).

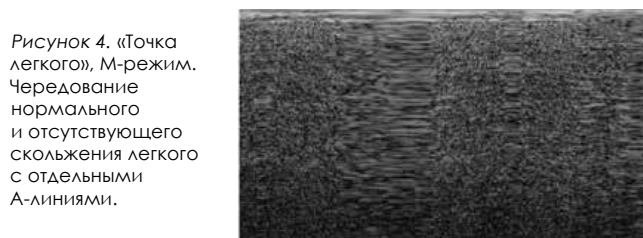


Рисунок 4. «Точка легкого», М-режим. Чередование нормального и отсутствующего скольжения легкого с отдельными А-линиями.

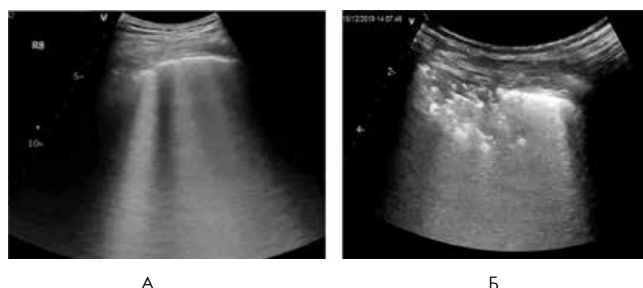


Рисунок 5. А – субплевральная консолидация. Б – консолидация легкого.

к голове пациента. В качестве альтернативы датчик можно расположить параллельно межреберному промежутку, чтобы визуализировать больший сегмент плевры.

УЗИ легких можно выполнять в любом положении пациента. На сегодняшний день описано несколько протоколов исследования и каждый из них адаптирован к конкретному клиническому состоянию пациента.

Ультразвуковые сигналы и артефакты при УЗИ легких

Анализ полученных изображений при УЗИ легких основывается на различных ультразвуковых сигналах и артефактах, которые выявляются при прохождении ультразвукового луча через мягкие ткани грудной клетки, плевру и паренхиму легкого (табл. 2). При практически



Рисунок 6. Большая лобарная консолидация с аэробронхограммой (стрелка указывает на гиперэхогенные сигналы от бронхиол с остаточным воздухом).

всех респираторных заболеваниях поражается плевра, что позволяет выявить периферические изменения при УЗИ легких. УЗ-артефакты исходят из плевры, поэтому плевральная линия должна быть четко определена с целью недопущения диагностических ошибок.

Таким образом, ультразвуковые сигналы, артефакты и их сочетания формируют ультразвуковые профили, соответствующие тому или иному клиническому сценарию.

Дифференциальная диагностика основных УЗ-паттернов при различных клинических состояниях представлена в табл. 3 [21].

Применение УЗИ легких при острой дыхательной недостаточности кардиогенного генеза

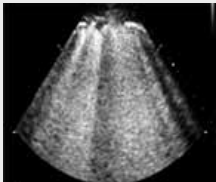
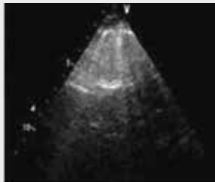
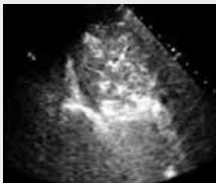
Ультразвуковая картина при острой одышке кардиогенного генеза обычно характеризуется наличием симметричных двухсторонних множественных В-линий на фоне неизменной плевральной линии. Важно подчеркнуть, что наличие только одной области с множественными В-линиями не указывает на кардиогенный отек [22].

Для выявления легочного застоя кардиогенного генеза в настоящее время используют методику сканирования передней и боковой поверхностей грудной клетки в положении больного лежа на спине по четырех- или восьмизональной методике (рис. 7) [23–25].

Повторные исследования следует выполнять в одном и том же положении, так как на число В-линий влияет положение пациента (при положении на спине выявляется большее их число) [26].

Сумма В-линий в обследуемых областях может использоваться для определения количества внесосудистой жидкости в легких (табл. 4) [23, 27].

Таблица 3
Основные УЗ-сигналы и артефакты при различных клинических состояниях

	Коронавирусная пневмония	Кардиогенный отек легких	ОРДС	Бактериальная пневмония	Интерстициальные заболевания легких (идиопатический легочный фиброз)
В-линии	Неоднородное распределение Дискретные или чаще сливающиеся Четко очерченные непораженные зоны	Гомогенное распределение Обычно дискретные или сливающиеся в более тяжелых случаях Нет непораженных зон	Неоднородное распределение Дискретные или чаще сливающиеся Есть непораженные зоны	Видны в случае фокального интерстициального синдрома	Чаще встречается у основания легких Обычно дискретные В-линии или сливающиеся в более тяжелых случаях
Плевральная линия	Часто прерывистая и фрагментированная 	Обычно тонкая и ровная 	Прерывистая и фрагментированная 	Не видна в области консолидации 	Всегда очень прерывистая в умеренных и тяжелых случаях 
Консолидация	Обычно небольшая периферическая консолидация Более крупная консолидация на более поздних стадиях или на фоне суперинфекции бактериальной пневмонией	Обычно отсутствует, кроме случаев компрессионного ателектаза с большим плевральным выпотом	Часто небольшие периферические консолидации и более крупные консолидации	Обычно большие по типу гепатизации ткани	Редко и обычно небольшие в острой фазе (например, при альвеолите)
Плевральный выпот	Большой плевральный выпот редко Обычно локализованный плевральный выпот в более деаэрированных областях 	Часто, размеры переменны Обычно двусторонний (часто больше с правой стороны) 	Обычно небольшой 	Обычно небольшой 	Редко, за исключением очень запущенных случаев или острой фазы Обычно небольшой 

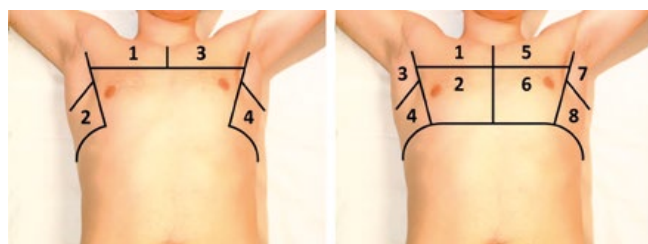


Рисунок 7. Области сканирования легких с использованием четырех- и восьмизональной методики для выявления легочного застоя кардиогенного генеза.

Вариабельность результатов оценки В-линий при УЗИ легких составляет при выполнении исследования одним исследователем 5%, а разными – 7% [28].

Для дифференциальной диагностики причины острой одышки у пациентов в настоящее время используется BLUE-протокол [29].

По данным литературы, УЗИ легких демонстрирует более высокую чувствительность в диагностике легочного застоя в сравнении с рентгенографическим исследованием органов грудной полости. В исследовании W.M. Wooten *et al.*, чувствительность УЗИ легких в выявлении легочного застоя, по сравнению с рентгенологическим исследованием, была значимо выше (96% против 65%; $p < 0,01$) [30].

В крупном метаанализе, включившем 17893 пациента с подозрением на острую сердечную недостаточность, выявление двусторонних диффузных множественных В-линий определяло кардиогенное происхождение одышки с чувствительностью 85% и специфичностью 93% [31].

Недавнее одноцентровое слепое рандомизированное контролируемое исследование показало, что УЗИ легких в сочетании с УЗИ сердца и вен у пациентов с острой дыхательной недостаточностью в отделении неотложной помощи улучшает раннюю точную диагностику и выбор адекватной тактики лечения [32].

Алгоритм применения УЗИ легких позволяет сэкономить время, но данные исследования необходимо сочетать с общей клинической картиной для повышения диагностической точности [33].

Применение УЗИ легких при оценке недостаточности кровообращения и остановки сердца

Согласно мнению ряда авторов [29, 34, 35] и данным проспективного обсервационного исследования [3], ранняя мультиорганная прикроватная ультразвуковая оценка помогает при дифференциальной диагностике артериальной гипотонии у пациентов, находящихся в отделении неотложной помощи. Комбинированное ультразвуковое исследование правого желудочка, нижней полой вены и легких позволяет быстро исключить причины обструктивного шока, такие как значительный выпот в перикард, острое легочное сердце или пневмоторакс. Кардиогенный шок можно обнаружить или исключить в зависимости от наличия или отсутствия диффузных двусторонних множественных В-линий. При гиповолемическом шоке инфузионная терапия приводит

Таблица 4
Полуколичественная оценка количества внесосудистой жидкости в легких

Сумма В-линий	Количество внесосудистой жидкости в легких
До 5	Отсутствует
6–15	Небольшое (легкий застой)
16–30	Умеренное (умеренный застой)
30 и более	Значительное (тяжелый застой)

к улучшению состояния. У пациентов с ОРДС и с септическим шоком выявление множественных В-линий позволяет выявить внесосудистое накопление жидкости в легких, своевременно уменьшить или прекратить инфузионную терапию и тем самым оптимизировать терапию [36, 37].

УЗИ легких также включено в алгоритм дифференциальной диагностики внекардиальных причин остановки сердца для выявления пневмоторакса [35, 38–40].

Применение УЗИ легких при вирусной пневмонии

В отделении неотложной помощи УЗИ легких является хорошей альтернативой для ранней диагностики пневмонии у взрослых [5; 34–38]. УЗИ легких обладает 93%-ной чувствительностью и 98%-ной специфичностью при диагностике внебольничной пневмонии [41].

УЗИ легких рассматривается как информативный и доступный метод диагностики и мониторинга тяжести поражения легких при COVID-19 [42, 43]. Безусловно, компьютерная томография (КТ) органов грудной клетки (ОГК) остается эталонным методом диагностики поражения легких у пациентов, поступивших в больницу с лихорадкой или с респираторными симптомами. Высокая контагиозность SARS-CoV-2 и риск осложнений при транспортировке нестабильных пациентов с гипоксемией и гемодинамической нестабильностью ограничивают возможности применения КТ у пациента с вероятной или верифицированной инфекцией COVID-19.

УЗИ легких для диагностики коронавирусной пневмонии в режиме реального времени у постели больного обладает рядом преимуществ, такими как доступность, мобильность и относительно низкая стоимость. У большинства пациентов преобладают периферические поражения обоих легких, которые могут быть выявлены при УЗИ легких.

Характерными признаками, выявляемыми при УЗИ легких, являются утолщение плевральной линии с субплевральными консолидациями, мультифокальными одиночными и сливающимися В-линиями, а также наличие консолидаций в основном в нижних отделах легких. Предварительные результаты в эпоху COVID-19 предполагают, что существует тесная корреляция результатов УЗИ легких с результатами КТ ОГК [42, 44].

УЗИ легких при подозрении на коронавирусную пневмонию проводится в положении сидя или лежа в зависимости от тяжести состояния пациента. При проведении

УЗИ легких используют, как правило, модифицированный 16-зональный протокол исследования. Принцип разделения на 16 зон и анатомические ориентиры представлен в *таблице 5*. Каждая из зон грудной клетки включает 2–3 межреберных промежутка. Степень поражения легких оценивается полуколичественно по модифицированной шкале [45].

Каждой из 16 исследованных областей присваивается от 0 до 3 баллов. Сумма баллов соответствует степени тяжести поражения легких; от 0 – нормальное легкое, до 48 баллов – тяжелое поражение легких (*табл. 6*).

По данным ряда исследований, выявлена хорошая согласованность при сопоставлении суммы баллов, отражающих тяжесть поражения легких при УЗИ и КТ ОГК [46, 47].

Пандемия COVID-19 вызвала огромный интерес к УЗИ легких. Его использование информативно на протяжении всего течения болезни. Однако на сегодняшний день нет надежных данных о его точности в качестве диагностического теста и его прогностической значимости. Нет четких указаний относительно сроков проведения и мониторинга пациентов. С другой стороны, согласно опыту и отчетам многих исследователей по всему миру, УЗИ легких, даже при довольно эмпирическом подходе, считается чрезвычайно полезным для принятия решений у пациентов с COVID-19. УЗИ легких может

стать идеальным инструментом для быстрой оценки состояния тяжелых пациентов в условиях интенсивной терапии, выявлять начальные проявления поражения легких при COVID-19, что важно при сортировке пациентов в условиях приемного отделения. Однако, несмотря на опыт применения и активное использование УЗИ легких у пациентов с поражением легких при COVID-19, необходимо помнить о потенциальных недостатках этого метода и сопоставлять полученные данные с клинической картиной. Таким образом, дальнейшее применение УЗИ легких у пациентов с коронавирусной инфекцией и анализ полученных результатов необходимы для усовершенствования и стандартизации этого метода.

Ограничения метода

Как и другие ультразвуковые методы, УЗИ легких является оператор-зависимым методом и требует обучения специалистов методике и интерпретации полученных изображений. Проведение УЗИ легких затруднено при наличии подкожной эмфиземы. Кроме того, рекомендуется с осторожностью интерпретировать результаты УЗИ легких при заболеваниях, которые могут не распространяться на периферические поля или иметь минимальное распространение (например, глубокое перибронхиальное образование или абсцесс, гистиоцитоз, туберкулез, аспергиллез, бронхоэктазы).

Таблица 5
Анатомические ориентиры и зоны при использовании 16-ти зонального протокола УЗИ легких

Поверхность грудной клетки	Вертикальные линии	Горизонтальные линии	Зоны	
			Левое легкое (L)	Правое легкое (R)
Передняя	От парастернальной до передней подмышечной линии	От надключичной области до 4-го ребра	Верхняя зона	
			L1	R1
Передне-боковая	От передней подмышечной до средней подмышечной линии	От 4-го ребра до диафрагмального синуса	Нижняя зона	
			L2	R2
Передне-боковая	От передней подмышечной до средней подмышечной линии	От подмышечной ямки до 4-го ребра	Верхняя зона	
			L3	R3
Задне-боковая	От средней подмышечной линии до задней подмышечной линии	От 4-го ребра до диафрагмального синуса	Нижняя зона	
			L4	R4
Задне-боковая	От средней подмышечной линии до задней подмышечной линии	От подмышечной ямки до 4-го ребра	Верхняя зона	
			L5	R5
Задняя	От задней подмышечной до паравerteбральной линии	От 4-го ребра до диафрагмального синуса	Нижняя зона	
			L6	R6
Задняя	От задней подмышечной до паравerteбральной линии	От нижнего угла лопатки до диафрагмального синуса	Нижняя зона	
			L7	R7
Задняя	От задней подмышечной до паравerteбральной линии	От нижнего угла лопатки до диафрагмального синуса	Нижняя зона	
			L8	R8

Таблица 6
УЗ шкала оценки тяжести поражения легких при COVID-19

Баллы	Степень потери воздушности легких	УЗИ паттерн
0	Норма	Горизонтальные А-линии или В-линии: менее 3 в зоне сканирования
1	Умеренная	Множественные В-линии (В-линии ≥ 3 или сливные В-линии $\leq 50\%$ в зоне сканирования) без субплевральных поражений
1п	Умеренная	Множественные В-линии (сливные В-линии $\leq 50\%$ в зоне сканирования) с субплевральными поражениями
2	Тяжелая	Множественные В-линии (сливные В-линии $> 50\%$ в зоне сканирования) без субплевральных поражений
2п	Тяжелая	Множественные В-линии (сливные В-линии $> 50\%$ в зоне сканирования) с субплевральными поражениями
3	Полная потеря воздушности	Консолидация (аэробронхограмма, +/-)

Закключение

УЗИ легких – это простой прикроватный метод с множеством потенциальных применений для диагностики основных респираторных заболеваний у тяжелых больных. Он способствует, таким образом, выбору тактики терапии в отделении неотложной помощи и интенсивной терапии.

Однако, несмотря на опыт применения и активное использование УЗИ легких у пациентов при различных респираторных заболеваниях, необходимо помнить о потенциальных недостатках этого метода и сопоставлять полученные данные с клинической картиной. Таким образом, дальнейшее применение УЗИ легких и анализ полученных результатов необходимы для усовершенствования и стандартизации этого метода.

Список литературы / References

1. Point-of-care ultrasound in intensive care units: assessment of 1073 procedures in a multicentric, prospective, observational study. L. Zielinskiwicz [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2015. V. 41. No. 9. P. 1638–1647.
2. International evidence-based recommendations on ultrasound-guided vascular access. M. Lamperti [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2012. V. 38. No. 7. P. 1105–1117.
3. Point-of-care multiorgan ultrasonography for the evaluation of undifferentiated hypotension in the emergency department. G. Volpicelli [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2013. V. 39. No. 7. P. 1290–1298.
4. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. C. Arbelot [et al.]. *Current Opinion in Critical Care*. 2008. V. 14. No. 1. P. 70–74.
5. Lichtenstein D.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure*: the BLUE protocol. D.A. Lichtenstein, G.A. Meziere. *Chest*. 2008. V. 134. No. 1. P. 117–125.
6. Ross A.M. Ultrasonic examination of the lung. A.M. Ross, E. Genton, J.H. Holmes. *The Journal of laboratory and clinical medicine*. 1968. V. 72. No. 4. P. 556–64.
7. Ultrasound assessment of antibiotic-induced pulmonary reabsorption in ventilator-associated pneumonia*. B. Bouhemad [et al.]. *Critical Care Medicine*. 2010. V. 38. No. 1. P. 84–92.
8. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. B. Bouhemad [et al.]. *Critical Care*. 2007. V. 11. No. 1. P. 205.
9. Early lung ultrasonography predicts the occurrence of acute respiratory distress syndrome in blunt trauma patients. D. Leblanc [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2014. V. 40. No. 10. P. 1468–1474.
10. Pleural Ultrasound Compared with Chest Radiographic Detection of Pneumothorax Resolution After Drainage. A. Galbois [et al.]. *Chest*. 2010. V. 138. No. 3. P. 648–655.
11. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. G. Volpicelli [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2012. V. 38. No. 4. P. 577–591.
12. Lichtenstein D.A. A Bedside Ultrasound Sign Ruling Out Pneumothorax in the Critically Ill. D.A. Lichtenstein, Y. Menu. *Chest*. 1995. V. 108. No. 5. P. 1345–1348.
13. Lichtenstein D. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. D. Lichtenstein, G. Meziere. *Intensive Care Medicine*. 1998. V. 24. No. 12. P. 1331–1334.
14. The Comet-tail Artifact. D. Lichtenstein [et al.]. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 1997. V. 156. No. 5. P. 1640–1646.
15. The comet-tail artifact: an ultrasound sign ruling out pneumothorax. D. Lichtenstein [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 1999. V. 25. No. 4. P. 383–388.
16. Impact of lung ultrasound on clinical decision making in critically ill patients. N. Xirouchaki [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2014. V. 40. No. 1. P. 57–65.
17. Could the use of bedside lung ultrasound reduce the number of chest x-rays in the intensive care unit? E. Brogi [et al.]. *Cardiovascular Ultrasound*. 2017. V. 15. No. 1. P. 23.
18. A-Lines and B-Lines. D.A. Lichtenstein [et al.]. *Chest*. 2009. V. 136. No. 4. P. 1014–1020.
19. Assessment of Lung Aeration and Recruitment by CT-Scan and Ultrasound in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients*. D. Chiumello [et al.]. *Critical Care Medicine*. 2018. V. 46. No. 11. P. 1761–1768.
20. The 'lung point': an ultrasound sign specific to pneumothorax. D. Lichtenstein [et al.]. *Intensive Care Medicine*. 2000. V. 26. No. 10. P. 1434–1440.

21. Why, when, and how to use lung ultrasound during the COVID-19 pandemic: enthusiasm and caution. L. Gargani [et al.]. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging*. 2020. V. 21. No. 9. P. 941–948.
22. Integrated Use of Bedside Lung Ultrasound and Echocardiography in Acute Respiratory Failure. B. Bataille [et al.]. *Chest*. 2014. V. 146. No. 6. P. 1586–1593.
23. Picano E. Ultrasound of extravascular lung water: a new standard for pulmonary congestion. E. Picano, P.A. Pellikka. *European Heart Journal*. 2016. V. 37. No. 27. P. 2097–2104.
24. Dynamic changes and prognostic value of pulmonary congestion by lung ultrasound in acute and chronic heart failure: a systematic review. E. Platz [et al.]. *European Journal of Heart Failure*. 2017. V. 19. No. 9. P. 1154–1163.
25. Lung Ultrasound in Acute Heart Failure. E. Platz [et al.]. *JACC: Heart Failure*. 2019. V. 7. No. 10. P. 849–858.
26. Hand-Held Thoracic Sonography for Detecting Post-Traumatic Pneumothoraces: The Extended Focused Assessment With Sonography For Trauma (EFAST). A.W. Kirkpatrick [et al.]. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2004. V. 57. No. 2. P. 288–295.
27. Lung ultrasound in optimizing management of patients with heart failure: current status and future prospects. Z.D. Kobalava [et al.]. *Russian Journal of Cardiology*. 2020. V. 25. No. 1. P. 97–104.
28. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. Z. Jambrik [et al.]. *The American Journal of Cardiology*. 2004. V. 93. No. 12. P. 1265–1270.
29. Lichtenstein D.A. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol. D.A. Lichtenstein. *Chest*. 2015. V. 147. No. 6. P. 1659–1670.
30. Wooten W.M. Bedside Ultrasound Versus Chest Radiography for Detection of Pulmonary Edema: A Prospective Cohort Study. W.M. Wooten, L.E.T. Shaffer, L.A. Hamilton. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2019. V. 38. No. 4. P. 96–973.
31. Diagnosing Acute Heart Failure in the Emergency Department: A Systematic Review and Meta-analysis. J.L. Martindale [et al.]. *Academic Emergency Medicine*. 2016. V. 23. No. 3. P. 223–242.
32. Point-of-care ultrasonography in patients admitted with respiratory symptoms: a single-blind, randomised controlled trial. C.B. Laursen [et al.]. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2014. V. 2. No. 8. P. 638–646.
33. Point-of-Care Ultrasonography for Evaluation of Acute Dyspnea in the ED. M. Zanobetti [et al.]. *Chest*. 2017. V. 151. No. 6. P. 1295–1301.
34. The RUSH Exam: Rapid Ultrasound in Shock in the Evaluation of the Critically Ill. P. Perera [et al.]. *Emergency Medicine Clinics of North America*. 2010. V. 28. No. 1. P. 29–56.
35. Copetti R. Clinical Integrated Ultrasound of the Thorax Including Causes of Shock in Nontraumatic Critically Ill Patients. A Practical Approach. R. Copetti, P. Copetti, A. Reissig. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2012. V. 38. No. 3. P. 349–359.
36. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: a lung ultrasound observational study. F.P. Callabelloni [et al.]. *Critical Care*. 2014. V. 18. No. 3. P. R91.
37. Towards a less invasive approach to the early goal-directed treatment of septic shock in the ED. D. Coen [et al.]. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2014. V. 32. No. 6. P. 563–568.
38. The proposal of an integrated ultrasonographic approach into the ALS algorithm for cardiac arrest: the PEA protocol. A. Testa [et al.]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2010. V. 14. No. 2. P. 77–88.
39. Volpicelli G. Usefulness of emergency ultrasound in nontraumatic cardiac arrest. G. Volpicelli. *The American journal of emergency medicine*. 2011. V. 29. No. 2. P. 216–223.
40. Lichtenstein D.A. How can the use of lung ultrasound in cardiac arrest make ultrasound a holistic discipline? The example of the SESAME-protocol. D.A. Lichtenstein. *Medical ultrasonography*. 2014. V. 16. No. 3. P. 252–255.
41. Ultrasound imaging of pneumonia. O. Gehmacher [et al.]. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 1995. V. 21. No. 9. P. 1119–1122.
42. Volpicelli G. Sonographic signs and patterns of COVID-19 pneumonia. G. Volpicelli, L. Gargani. *The Ultrasound Journal*. 2020. V. 12. No. 1. P. 22.
43. Volpicelli G. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. G. Volpicelli, A. Lamorte, T. Villén. *Intensive Care Medicine*. 2020. V. 46. No. 7. P. 1445–1448.
44. Sultan L.R. A Review of Early Experience in Lung Ultrasound in the Diagnosis and Management of COVID-19. L.R. Sultan, C.M. Sehgal. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2020. V. 46. No. 9. P. 2530–2545.
45. Ultrasound for 'Lung Monitoring' of Ventilated Patients. B. Bouhemad [et al.]. *Anesthesiology*. 2015. V. 122. No. 2. P. 437–447.
46. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. T. Ai [et al.]. *Radiology*. 2020. V. 296. No. 2. P. E32–E40.
47. A single-center comparative study of lung ultrasound versus chest computed tomography during the COVID-19 era. Z.D. Kobalava [et al.]. *Multi-disciplinary Respiratory Medicine*. 2021. V. 16.

Статья поступила / Received 07.11.21

Получена после рецензирования / Revised 18.11.21

Принята к публикации / Accepted 20.11.21

Сведения об авторе

Сафарова Айтен Фуад-кызы, д.м.н., проф., кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики имени академика В.С. Моисеева¹, отделение ультразвуковых и функциональных методов диагностики². ORCID: 0000-0003-2412-5986

¹Медицинский институт ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

²ГБУЗ «Городская клиническая больница имени В.В. Виноградова Департамента здравоохранения Москвы»

Для переписки: Сафарова Айтен Фуад-кызы. E-mail: aytensaf@mail.ru

Для цитирования: Сафарова А.Ф. (Айтен Фуад-кызы) Роль прикроватного ультразвукового исследования легких при различных респираторных заболеваниях. Медицинский алфавит. 2021; (42): 42–47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-42-42-47>.

About author

Safarova Ayten Fuad, DM Sci (hab.), professor at Dept of Internal Medicine with a course of cardiology and functional diagnostics n.a. academician V.S. Moiseev¹, Dept of Ultrasound and Functional Diagnostic Methods². ORCID: 0000-0003-2412-5986

¹Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

²City Clinical Hospital n.a. V.V. Vinogradov, Moscow, Russia

For correspondence: Safarova Ayten Fuad. E-mail: aytensaf@mail.ru

For citation: Safarova A.F. Role of point-of-care lung ultrasound in different respiratory disorders. *Medical alphabet*. 2021; (42): 42–47. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-42-42-47>.