

Ультразвуковое исследование легких: возможности диагностики повреждения легких, ассоциированного с новой коронавирусной инфекцией COVID-19

Г.В.Неклюдова^{1,2}, ✉, С.Н.Авдеев^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства: 115682, Россия, Москва, Ореховый бульвар, 28

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет): 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Резюме

Данная публикация посвящена ультразвуковому методу исследования легких, который приобрел особую актуальность в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Рассмотрены общие положения ультразвукового исследования легких, ультразвуковые признаки поражения легких, особенности ультразвуковой семиотики при вирусном поражении легких в отличие от бактериального поражения легочной ткани, представлены аспекты применения ультразвукового исследования легких при пандемии коронавирусной инфекции COVID-19. Публикация основана на опыте отечественных и зарубежных исследователей, а также на собственном опыте авторов, продемонстрирована ценность данного метода как в условиях отделения интенсивной терапии, так и в терапевтической клинике.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование легких, ультразвуковые артефакты, консолидация, поражение легких, коронавирусная инфекция.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Неклюдова Г.В., Авдеев С.Н. Ультразвуковое исследование легких: возможности диагностики повреждения легких, ассоциированного с новой коронавирусной инфекцией COVID-19. *Пульмонология*. 2020; 30 (5): 577–586. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-577-586

Lung ultrasound: the possibilities of diagnosing of lung damage associated with the new coronavirus infection COVID-19

Galina V. Nekludova^{1,2}, ✉, Sergey N. Avdeev^{1,2}

¹ Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia: Orekhovyy bul'var 28, Moscow, 115682, Russia

² I.M.Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University): ul. Trubetskaya 8, build. 2, Moscow, 119991, Russia

Abstract

This publication is devoted to the ultrasound method of lung examination, which has gained particular relevance during the pandemic of the new coronavirus infection 2019. The lecture discusses the general provisions of lung ultrasound, ultrasonic signs of lung damage, features of ultrasound semiotics in the viral nature of lung lesions, differences from the bacterial nature of lung damage, presents aspects of the use of lung ultrasound during the pandemic of the coronavirus infection 2019. The lecture is based on the experience of domestic and foreign researchers, as well as on the authors' own experience, which demonstrates the value of this method both in intensive care units and in a therapeutic clinic.

Key words: lung ultrasound, ultrasonic artifacts, consolidation, lung damage, coronavirus infection.

Conflict of interests. The authors declare the absence of conflict of interests.

For citation: Nekludova G.V., Avdeev S.N. Lung ultrasound: the possibilities of diagnosing of lung damage associated with the new coronavirus infection COVID-19. *Pul'monologiya*. 2020; 30 (5): 577–586 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-577-586

Ультразвуковое исследование (УЗИ) легких приобрело популярность прежде всего в отделениях интенсивной терапии и неотложной помощи и стало признанным в качестве полезного прикроватного метода диагностики ряда патологических состояний органов грудной клетки [1–3]. В настоящее время не только в экстренных условиях, но и в терапевтической клинике врачи все чаще используют УЗИ легких как возможный дополнительный инструмент

для диагностики заболеваний легких, это актуально и для пневмоний [4, 5]. По меткому замечанию R. Copetti, ультразвук (УЗ) следует считать лучшим стетоскопом в наших руках [6] и внедрять его в клиническую практику необходимо так же широко, как и стетофонендоскоп, который является символом врачебного искусства и мастерства. Сейчас накоплен достаточный объем знаний и опыта, свидетельствующий о его высокой диагностической инфор-

мативности и безопасности, при этом данный метод характеризуется быстротой получения информации и удобством его выполнения. Для проведения исследования могут быть использованы как стационарные, так и портативные УЗ-системы различного технического уровня. Исследование может быть осуществлено как конвексным, микроконвексным и секторным датчиками с частотой излучения 1–6 МГц, так и линейным датчиком с пропускной способностью 6–12 МГц, предназначенным для исследования поверхностно расположенных структур, плевры [7, 8]. Исследование может быть выполнено как в положении больного сидя, так и в положении лежа с возможным поворотом тела пациента в сторону, противоположную исследуемой.

В зависимости от цели исследования, временных ограничений УЗ-сканирование легких может быть проведено в каждом межреберном промежутке с исследованием 72 зон либо количество сканируемых областей может быть сокращено [9]. Было показано, что сокращение зон сканирования до 14 значимо не влияет на результаты исследования [10]. В условиях отделения интенсивной терапии предложено использовать BLUE-протокол (*the Bedside Lung Ultrasound in Emergency*), который предусматривает сканирование всего 6 зон (по 3 с каждой стороны грудной клетки) [11]. Довольно часто в отделениях интенсивной терапии используется более комплексное обследование в 8–12 областях [12, 13].

В период пандемии новой коронавирусной инфекции 2019 (COVID-19) УЗИ легких приобрело особый интерес и стимул к развитию. Прежде чем обсудить особенности УЗ-семиотики поражений легких при COVID-19, следует рассмотреть, каковы общие возможности исследования легких с помощью УЗ.

В период развития и внедрения УЗ-методов диагностики врачи обходили стороной исследование легких с помощью УЗ-волн. Действительно, в нормальной воздушной легочной ткани основная часть ультразвукового сигнала отражается от воздуха, содержащегося в легких. Так, коэффициент отражения УЗ-волн от воздуха в 750 раз превосходит таковой

от жидкостной среды [7]. Поэтому визуализировать неизменную легочную ткань не представляется возможным (рис. 1). Однако при морфологических нарушениях, а следовательно, при изменении физических свойств легочной ткани, формируются акустические эффекты, которые можно выявить при проведении УЗИ.

Потеря воздушности легочной ткани, ее уплотнение создают хорошие условия для передачи УЗ-сигнала в более глубокие слои легочной ткани, участок консолидации улучшает проникновение УЗ-луча практически в 50 раз [7]. Важно обратить внимание на то, что консолидация выявляется не только при пневмониях, но и при других патологиях, сопровождающихся уплотнением легочной ткани, например при ателектазе различного генеза, тромбоэмболии легочной артерии, опухолевом процессе, контузии легкого [12]. Консолидация выглядит как гипоэхогенный участок и напоминает УЗ-изображение ткани печени (*tissue-like sign*). Поэтому в литературе можно встретить термин «гепатизация легочной ткани», который и означает консолидацию [14]. Однако при УЗИ нельзя обнаружить участки консолидации, которые не достигают плевры, поскольку прослойка неизменной, воздушной легочной ткани, как было сказано выше, отражает УЗ-волны.

Форма и размер участка консолидации могут быть различными, что имеет дифференциально-диагностическое значение. Так, при воспалительном характере консолидата его форма неправильная в отличие от инфаркта легкого, карциномы, метастазов. Над участком консолидации плевральная линия может визуализироваться недостаточно отчетливо, фрагментарно, в виде гипоэхогенной линии. Внутрилегочные границы между участком воспаления и воздушной неизменной легочной тканью неровные, нерегулярные, ступенчатые, несколько размытые [14, 15] (рис. 2).

Важной характеристикой консолидата является наличие и выраженность воздушной бронхограммы (или аэробронхограммы) [14]. Воздушная бронхограмма представляет собой акустически плотные ги-

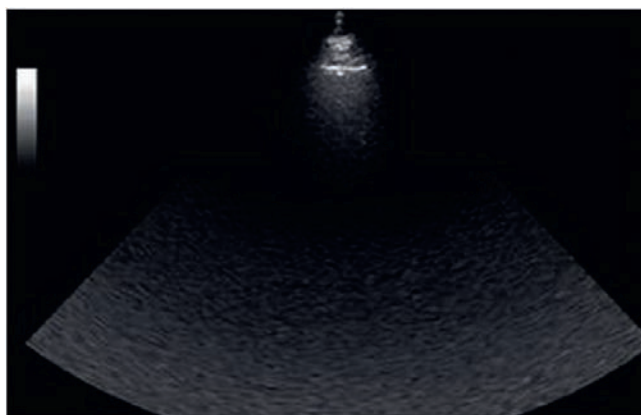


Рис. 1. Ультразвуковое изображение неизменной ткани легкого (из личного архива Г.В.Неклюдовой)
Figure 1. Ultrasound image of unchanged lung tissue (from the personal archive of G.V.Neklyudova)

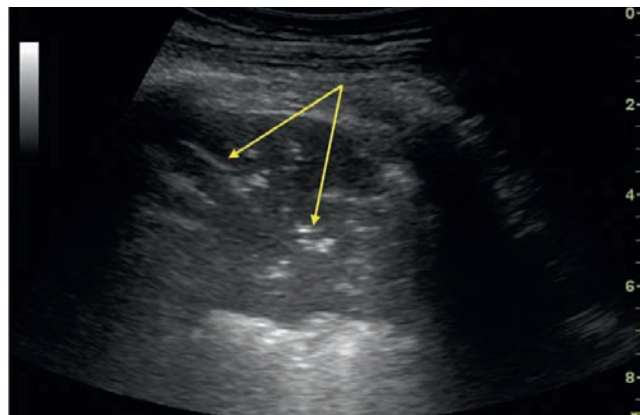


Рис. 2. Ультразвуковое изображение консолидата (*tissue-like sign*) воздушной бронхограммы (стрелки) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)
Figure 2. Ultrasound image of the lung consolidate (*tissue-like sign*), air bronchogram (arrows) (from the personal archive of G.V.Neklyudova)

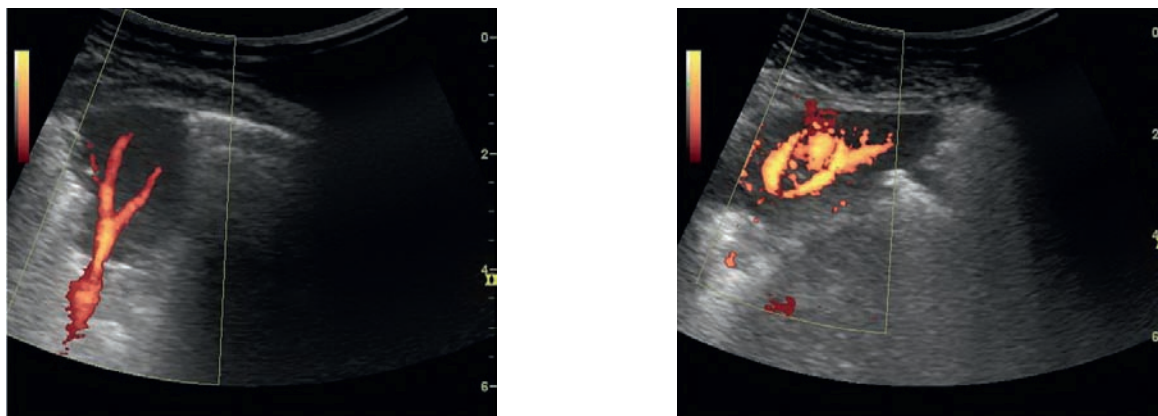


Рис. 3. Ультразвуковое изображение кровотока в участке консолидации легочной ткани. Доплеровское исследование кровотока в режиме энергетического сканирования демонстрирует усиление васкуляризации, сосудистый рисунок регулярный (из личного архива Г.В.Неклюдовой)

Figure 3. Ultrasound image of blood flow in the lung consolidate. Doppler blood flow analysis in the energy scanning mode shows increased vascularization, regular vascular pattern (from the personal archive of G.V.Nekludova)

перехоженные структуры в виде мелких линейных или мелкоочаговых, линзовидных включений либо в виде ветвистых структур (рис. 2). Аэробронхограмма объясняется наличием воздуха в просвете мелких бронхов [16, 17]. Распределение данных эхопозитивных структур в участке консолидации может быть как достаточно равномерным, так и неравномерным. Может быть выявлено движение гиперэхогенных структур при дыхании (т. н. динамическая воздушная бронхограмма), которое объясняется движением воздуха при вдохе. Динамическая воздушная бронхограмма проявляется увеличением сигналов воздушной бронхограммы по направлению к периферии (центробежно) при вдохе. Выявление данного признака в участке консолидации является наиболее специфичным признаком пневмонии и исключает ателектаз легочной ткани, вызванный окклюзией проксимально расположенного бронха [15, 18].

В участке консолидации могут визуализироваться анэхогенные трубчатые структуры, содержащие жидкость, которые представляют собой просвет бронхоолы с жидкостным содержимым, данный феномен получил наименование «жидкостная бронхограмма» (*fluid bronchogram*) [2, 14]. Наличие и выражен-

ность данного признака также имеет значение в диагностическом алгоритме причин появления участка консолидации.

При исследовании участка консолидации важна оценка его васкуляризации, которая может быть усилена или ослаблена, сосудистый рисунок может быть правильным, регулярным (рис. 3) или измененным, деформированным [19, 20]. Данный анализ важен при дифференциально-диагностическом поиске причин формирования консолидата.

Поскольку коэффициент затухания УЗ-луча в жидкостной среде минимальный, то УЗИ является высокочувствительным и высокоспецифичным методом диагностики наличия жидкости в плевральной полости, превосходящим в этом рентгенографию легких [21, 22]. Выявление жидкости в плевральной полости с помощью УЗИ не представляет сложности, при этом кроме самого факта наличия жидкости данное исследование может предоставить подробную информацию о локализации, характере жидкостного содержимого, его количестве, о состоянии плевральных листков. Следует сказать, что не только жидкость в плевральных полостях, но и наличие пневмоторакса с большей чувствительностью диаг-



Рис. 4. Неизменная легочная ткань. Тонкая эхо-позитивная плевральная линия (красная стрелка); А-линии (желтые стрелки) (слева – конвексный датчик, справа – линейный датчик) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)

Figure 4. Unchanged lung tissue. Thin echo-positive pleural line (red arrow), A-lines (yellow arrows) (from the personal archive of G.V.Nekludova)

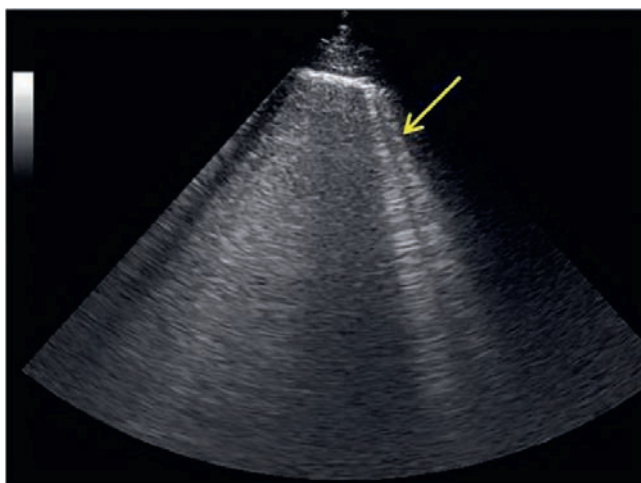


Рис. 5. Ультразвуковое изображение артефакта В-линии (стрелка) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)
 Figure 5. Ultrasound image of the B-line artifact (arrow) (from the personal archive of G.V.Nekludova)

ностируется с помощью УЗИ по сравнению с рентгенографией [23, 24].

Помимо визуализации определенных, реально существующих структур легочной ткани при проведении УЗИ возможна регистрация дополнительных УЗ-эффектов, которые представляют собой акустические артефакты. Существует два основных паттерна артефактов. Первый паттерн называется А-линии, представляет собой отражение от плевральной линии вглубь изображения в результате эффекта реверберации и выглядит как горизонтальные гиперэхогенные повторяющиеся линии, расположенные через одинаковые промежутки (рис. 4). Данный артефакт является признаком нормального или избыточного содержания воздуха в альвеолярном пространстве [9].

Наиболее важен УЗ-артефакт, получивший название В-линии, который указывает на увеличение плотности исследуемого участка легкого, снижение его воздушности [3, 11, 25]. Данный артефакт представляет собой вертикальные эхопозитивные линии, идущие

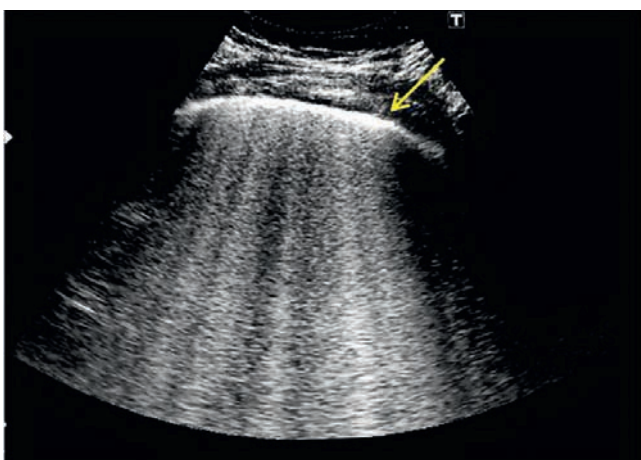


Рис. 6. Выраженный интерстициальный синдром, множественные В-линии, утолщенная плевральная линия (стрелка) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)
 Figure 6. Severe interstitial syndrome, multiple B-lines, thickened pleural line (arrow) (from the personal archive of G.V.Nekludova)

щие от плевральной линии и достигающие противоположного края изображения. Эхопозитивные лучи расширяются в дистальных отделах УЗ-изображения, напоминая луч лазера, и перемещаются при дыхании синхронно со скольжением легкого (рис. 5). В-линии появляются в результате попадания УЗ-луча на границу между утолщенной междольковой перегородкой и воздушными альвеолами, то есть на границу сред с сильно отличающимся акустическим импедансом, в результате чего возникают множественные вертикальные реверберации. Наличие данного УЗ-феномена не является специфичным признаком, а свидетельствует об интерстициальных изменениях (интерстициальный синдром). Например, этот феномен может определяться при ателектазе, пневмонии, ушибе легкого, легочной эмболии, диффузных паренхиматозных заболеваниях легких, кардиогенном отеке легких, остром респираторном дистресс-синдроме (ОРДС) [3]. При прогрессировании интерстициальных изменений количество В-линий увеличивается (рис. 6), они сливаются друг с другом (рис. 7) вплоть до появления единого эхопозитивного изображения. Данное явление получило название «белое легкое» (*white lung*) (при продольном сканировании перпендикулярно ребрам — признак водопада (*waterfall sign*)) и является отражением альвеолярно-интерстициального синдрома.

В зависимости от причин развития интерстициального синдрома, выраженности патологического процесса плевральная линия может быть как нормальная (не более 2 мм толщиной), так и утолщенная, быть ровной, гладкой или нерегулярной, прерывистой [26] (рис. 6, 7).

Следует отметить, поскольку выявляемые УЗ-признаки и артефакты не являются высокоспецифичными, то они должны быть оценены всесторонне и в комплексе, а также в контексте с клиническими, физикальными, лабораторными и инструментальными методами исследования, что, несомненно, повысит диагностические возможности сонографического метода и качество диагностического процесса в целом.

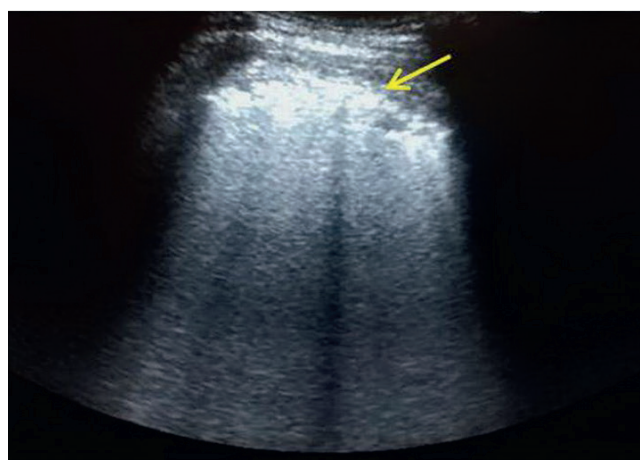


Рис. 7. Сливающиеся В-линии, формирование «белого легкого», утолщенная нерегулярная прерывистая плевральная линия (стрелка) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)
 Figure 7. Confluent B-lines, “white lung”, thickened, irregular, intermittent pleural line (arrow) (from the personal archive of G.V.Nekludova)

Как было сказано, чрезвычайный интерес к данному методу визуальной диагностики возник именно в период распространения коронавирусной инфекции. Чем же обусловлена такая популярность УЗИ легких в период пандемии COVID-19?

Неоспоримо, что компьютерная томография (КТ) органов грудной клетки – метод выбора и «золотой стандарт» для диагностики повреждения легких. Однако КТ не всегда доступна в условиях отделения интенсивной терапии. Кроме того, большое количество пациентов, нуждающихся в диагностике и лечении, высокая контагиозность вируса SARS-CoV-2, риск транспортировки пациентов с гипоксемией и нестабильной гемодинамикой, сложности дезинфекции аппаратов ограничивают использование КТ в условиях пандемии.

К настоящему времени проведены пилотные исследования, которые демонстрируют взаимосвязь результатов исследования, полученных при КТ и УЗИ легких, при диагностике пневмоний, ассоциированных с COVID-19 [27, 28].

В свою очередь, чувствительность сонографии превышает чувствительность стандартной рентгенографии легких при диагностике интерстициального синдрома и субплевральных консолидатов. Так, УЗ-метод способен выявлять очень мелкие (< 0,5 см) консолидаты [29]. Кроме того, поражения легочной ткани при COVID-19 имеют выраженную тенденцию к периферическому (субплевральному) распространению, поэтому УЗИ является приемлемым методом при диагностике COVID-ассоциированных пневмоний. К тому же УЗ-техника является доступным, относительно недорогим оборудованием по сравнению с другими имидж-методами. Несомненно, УЗ-сканеры обладают большей мобильностью. В настоящее время все чаще используются «карманные» беспроводные УЗ-устройства, которые гораздо проще защитить от заражения и проводить их дезинфекцию. Важным преимуществом сонографии является быстрота получения ценной информации, причем имеется возможность проводить исследование непосредственно у постели больного. Отсутствие радиации дает возможность многократно выполнять исследование и оценивать динамику выявленных изменений.

Однако УЗ-признаки поражения легких не являются высоко специфичными. Возникает вопрос: может ли данный метод быть полезен при диагностике вирусной пневмонии, существуют ли особенности УЗ-картины поражения легких вирусной природы?

Ранее в период пандемии гриппа А (H1N1) и в случаях птичьего гриппа А (H7N9) были выполнены исследования, в которых проведен анализ УЗ-особенностей вирусной пневмонии и выявлены отличия от бактериальных пневмоний. Так, для пневмонии вирусной природы характерным и обязательным является наличие интерстициального синдрома, который выражается присутствием УЗ-артефакта В-линии. Следующим дополнительным признаком вирусных пневмоний является наличие небольших субплевральных консолидатов [29, 30], в то время как при бактериальных пневмониях на первое ме-

сто выходит консолидация, причем это, как правило, более крупные консолидаты с признаками воздушной бронхограммы. Кроме того, при бактериальных пневмониях достаточно часто определяется усиление кровотока в участке консолидации. Важно подчеркнуть, что существенным отличием вирусного повреждения легочной ткани от бактериальных пневмоний является многофокусный, мозаичный (сочетание интерстициального синдрома и участков консолидации), более распространенный, чаще двусторонний характер УЗ-изменений [31].

Существуют ли специфичные УЗ-признаки изменений легких, вызванных коронавирусной инфекцией, отличающиеся от других вирусных пневмоний? Накопленный к настоящему времени опыт показывает, что УЗ-признаки так же, как и КТ-признаки изменений легких при коронавирусной инфекции, не являются специфичными, т. е. при COVID-ассоциированной пневмонии определяются те же УЗ-признаки, что и при других вирусных инфекциях.

Самым постоянным и, можно сказать, обязательным признаком является наличие интерстициального синдрома, причем чем более выражены В-линии (их количество и протяженность вдоль плевральной линии), тем более выражены морфологические и КТ-изменения легочной ткани [32]. Об этом свидетельствует проведенный метаанализ, который включил в себя изучение 7 исследований. Результаты данного анализа демонстрируют, что при повреждении легких, обусловленном COVID-19, обобщенная частота обнаружения патологических В-линий составляет 97 % (разброс частоты выявления этого признака в разных исследованиях минимален и составил 90–100 %).

Следующим по частоте диагностируемым признаком является изменение плевральной линии (увеличение толщины и/или ее неровность). Так, обобщенная частота обнаружения данного признака составила 70 %, однако разброс частоты его выявления в разных исследованиях был значительным (10–100 %).

Менее стабильно определяются консолидаты (рис. 8) (обобщенная частота составила 39 %) со значительной вариабельностью частоты их обнаружения в разных исследованиях (20–75 %), причем чаще определяются небольшие субплевральные консолидаты (рис. 9, 10), для которых нехарактерно выявление кровотока внутри участка консолидации [28]. Важно отметить, что при COVID-19 консолидаты практически всегда определяются на фоне интерстициального синдрома (множественные отдельно расположенные либо множественные сливающиеся В-линии). При обнаружении изолированных консолидатов либо при выявлении локально расположенных В-линий, ассоциированных с консолидатом, следует рассмотреть и другие причины их формирования.

Нехарактерным является обнаружение плеврального выпота. Так, обобщенная частота выявления этого признака составила всего 14 %. Особенно это относится к значительному количеству жидкости в плевральных полостях, в этом случае следует рас-

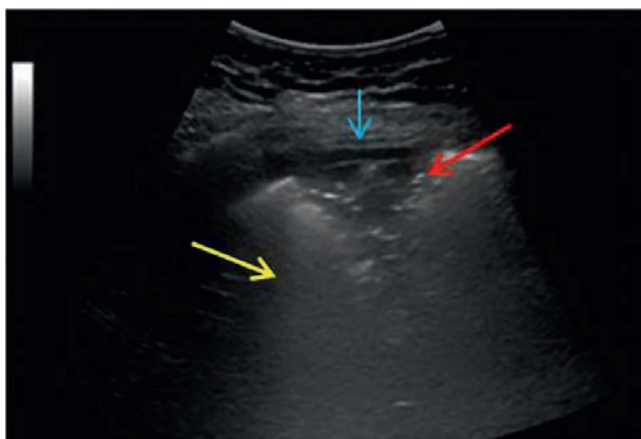


Рис. 8. Участок консолидации с наличием воздушной бронхограммы (красная стрелка) на фоне выраженного интерстициального синдрома, проявляющегося сливающимися В-линиями (желтая стрелка), незначительное количество жидкости (выпот) в плевральной полости (голубая стрелка) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)

Figure 8. Consolidate with air bronchogram (red arrow) on the background of a pronounced interstitial syndrome, manifested by confluent B-lines (yellow arrow); a small amount of fluid (effusion) in the pleural cavity (blue arrow) (from the personal archive of G.V.Nekludova)

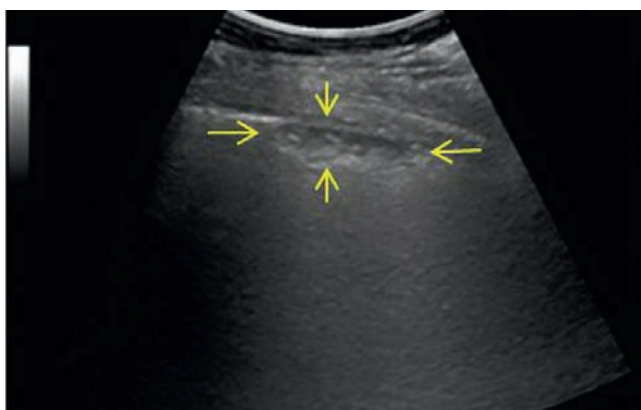


Рис. 9. Субплевральный консолидат (желтые стрелки) на фоне выраженного интерстициального синдрома (сливающиеся В-линии) (из личного архива Г.В.Неклюдовой)

Figure 9. Subpleural consolidate (yellow arrows) on the background of a pronounced interstitial syndrome (confluent B-lines) (from the personal archive of G.V.Nekludova)

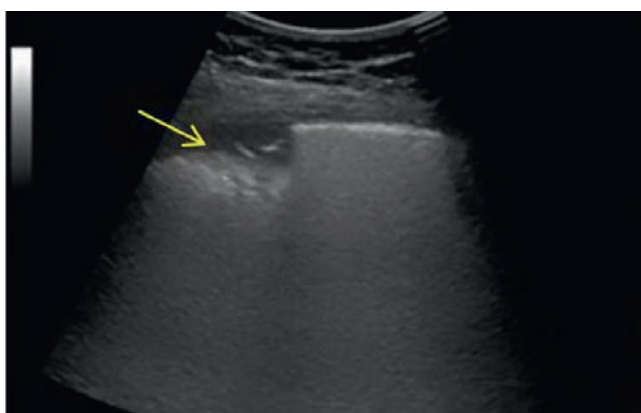


Рис. 10. Субплевральный консолидат (желтая стрелка) на фоне альвеолярно-интерстициального синдрома («белое легкое») (из личного архива Г.В.Неклюдовой)

Figure 10. Subpleural consolidate (yellow arrow) on the background of alveolar-interstitial syndrome ("white lung") (from the personal archive of G.V.Nekludova)

смотреть и другие причины плеврита. Это в полной мере относится и к пневмотораксу [33].

Представленные особенности УЗ-картины при учете клинических данных позволяют достаточно эффективно проводить диагностику вирусного и коронавирусного повреждения легких, отличать их от бактериальных пневмоний, причем выраженность, распространенность и характер изменений, выявляемых при УЗИ, коррелируют с данными КТ высокого разрешения [33].

В клинической практике для того чтобы охарактеризовать выраженность нарушений воздушности легочной ткани, проводится полуколичественная оценка УЗ-признаков. Поскольку в условиях пандемии исследование легких должно быть проведено с минимальными временными затратами, то протокол УЗИ легких целесообразно ограничить сканированием 12 или 14 зон легочной поверхности [31, 34], а в условиях отделения интенсивной терапии данный протокол исследования может быть сокращен. В каждой исследуемой зоне проводится оценка выраженности нарушения воздушности легочной ткани по следующему алгоритму: 0 – нормальная аэрация легочной ткани (А-линии или не более 2 В-линий), 1 – умеренные нарушения аэрации (множественные отдельно расположенные В-линии), 2 – выраженные нарушения аэрации (сливающиеся В-линии вплоть до формирования УЗ-признака «белого легкого», возможно наличие мелких субплевральных консолидатов), 3 – консолидация (*tissue-like pattern*) [31]. Затем проводится подсчет общей суммы баллов для легких в целом.

Некоторые исследователи используют модифицированную шкалу УЗ-изменений, которая разработана для оценки интерстициальной пневмонии [33].

Выраженность нарушений воздушности легочной ткани, выявляемая при УЗИ, является отражением гистологических изменений: вначале происходит острое легочное повреждение, характеризующееся как экссудативное диффузное альвеолярное повреждение (ДАП), альвеолярный отек, формирование гиалиновых мембран, кровоизлияние, смешанно-клеточная воспалительная инфильтрация; затем присоединяются начальные фибропролиферативные изменения с организацией экссудата и отложения рыхлого внеклеточного матрикса; в дальнейшем отмечается преобладание фибропролиферации [35].

Полуколичественный УЗ-анализ нарушений воздушности легочной ткани позволяет получить не только одномоментную характеристику изменений, но и провести динамическое наблюдение. Это может быть использовано как для оценки развития, течения болезни, так и при определении эффективности различных терапевтических манипуляций. Так, *A.Pagano et al.* [36] использовали УЗИ легких для оценки изменения аэрации легочной ткани у больных с ОРДС на фоне SARS-CoV-2 при неинвазивной вентиляции легких с постоянным положительным давлением (CPAP). Исследователи показали, что у больных, у которых не отмечалось улучшение кислородного статуса на фоне применения CPAP,

не определялось и улучшение аэрации легких при УЗИ. С другой стороны, у больных, ответивших улучшением кислородного статуса на применение СРАР, отмечалась различная степень рекрутирования легочной ткани, т. е., вероятно, помимо увеличения аэрации легочной ткани у некоторых больных имеют место другие патофизиологические механизмы улучшения оксигенации. Таким образом, применение УЗИ легких позволило получить более полную патофизиологическую характеристику изменений у больных ОРДС на фоне SARS-CoV-2 и тем самым оптимизировать проводимую терапию.

Одной из активно используемых терапевтических стратегий у больных с ОРДС, ассоциированным с COVID-19, является применение прональной позиции (ПП) [37–39]. ПП позволяет достичь более равномерного распределения вентиляции легких и легочного кровотока, что способствует снижению вентиляционно-перфузионного дисбаланса и улучшению оксигенации [40]. Однако существуют индивидуальные особенности развития болезни, не все больные одинаково положительно отвечают на ПП [38]. Выраженность ответа на ПП ассоциирована с частотой интубации больных с гипоксической дыхательной недостаточностью на фоне COVID-19 [41]. В настоящее время все чаще в литературе можно встретить публикации, посвященные возможностям сонографии предсказывать ответ на ПП. Учитывая результаты предыдущих исследований и собственный опыт, можно сказать, что важна не только общая, но и зональная оценка нарушений аэрации легких по различным регионам. В качестве потенциального предиктора ответа на ПП, вероятно, следует рассматривать выраженность и распространенность нарушения аэрации задних отделов и степень вовлечения в патологический процесс передних отделов по результатам сонографического исследования. Так, по данным *G.Pratt et al.* [42], выявление нормального УЗ-паттерна в переднебазальных отделах легких при положении больного на спине является прогностическим фактором ответа пациентов с ОРДС на ПП.

При разрешении патологического процесса, нормализации аэрации легочной ткани отмечается появление А-линий.

Заключение

Итак, при изменениях легких, ассоциированных с COVID-19, не наблюдаются специфичные УЗ-признаки, которые позволили бы провести дифференциальную диагностику с повреждениями легких при других вирусных инфекциях, однако отмечаются набор и сочетание УЗ-признаков, которые позволяют сделать предположение о вирусном характере изменений легочной ткани и отличить их от повреждений бактериальной природы, поэтому при обнаружении описанных признаков в условиях пандемии может быть проведена более ранняя диагностика и своевременно принято терапевтическое решение.

Таким образом, применение УЗИ легких при пандемии COVID-19 позволяет проводить сортировку симптоматических пациентов (больные с пневмонией / больные без пневмонии), определять степень поражения и распространенность патологического процесса в легочной ткани с последующей сортировкой пациентов с тяжелыми нарушениями в отделение интенсивной терапии, мониторировать динамику поражения легочной ткани на фоне лечения [43].

Важно отметить, что УЗИ легких не заменяет и не может противопоставляться КТ легких, но является перспективным дополнительным методом диагностики патологических изменений легких, а в ряде случаев и выступать в качестве альтернативного ресурса традиционной рентгенографии органов грудной клетки, особенно в условиях, когда невозможно выполнить рентгенологическое исследование или при необходимости многократного повторения исследования.

Литература

1. Lichtenstein D.A. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2009; 10 (6): 693–698. DOI: 10.1097/PCC.0b013e3181b7f637.
2. Reissig A., Copetti R., Mathis G. et al. Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia: a prospective, multicenter, diagnostic accuracy study. *Chest.* 2012; 142 (4): 965–972. DOI: 10.1378/chest.12-0364.
3. Mojoli F., Bouhemad D., Mongodi S. et al. Lung ultrasound for critically ill patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019; 199 (6): 701–714. DOI: 10.1164/ajrccm.201802-0236CI.
4. Чуяшенко Е.В., Завадовская В.Д., Агеева Т.С. и др. Ультразвуковое исследование легких при пневмонии. *Сибирский медицинский журнал.* 2019; 34 (1): 78–84. DOI: 10.29001/2073-8552-2019-34-1-78-84.
5. Петров А.А., Сафарова А.Ф., Рачина С.А. и др. Ультразвуковое исследование легких: методика выполнения и перспективы в диагностике нозокомиальной пневмонии. *Практическая пульмонология.* 2018; (3): 38–45.
6. Copetti R. Is lung ultrasound the stethoscope of the new millennium? Definitely yes! *Acta Med. Acad.* 2016; 45 (1): 80–81. DOI: 10.5644/ama2006-124.162.
7. Alerhand S., Graumann O., Nelson B.P. Physics and basic principles. In: Laursen C.B., Rahman N.M., Volpicelli G., eds. *Thoracic ultrasound.* Sheffield: European Respiratory Society; 2018: 1–13. DOI: 10.1183/2312508X.10006017.
8. Radzina M., Biederer J. Ultrasonography of the lung. *RoFo.* 2019; 191 (10): 909–923. DOI: 10.1055/a-0881-3179.
9. Gargani L., Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2014; 12: 25. DOI: 10.1186/1476-7120-12-25.
10. Gutierrez M., Salaffi F., Carotti M. et al. Utility of a simplified ultrasound assessment to assess interstitial pulmonary fibrosis in connective tissue disorders – preliminary results. *Arthritis Res. Ther.* 2011; 13 (4): R134. DOI: 10.1186/ar3446.
11. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE

- protocol. *Chest*. 2008; 134 (1): 117–125. DOI: 10.1378/chest.07-2800.
12. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M. et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012; 38 (4): 577–591. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4.
 13. Soummer A., Perbet S., Brisson H. et al. Lung ultrasound study group. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit. Care Med*. 2012; 40 (7): 2064–2072. DOI: 10.1097/ccm.0b013e31824e68ae.
 14. Mathis G. Pneumonia. In: Laursen C.B., Rahman N.M., Volpicelli G., eds. Thoracic ultrasound. Sheffield: European Respiratory Society; 2018: 87–101. DOI: 10.1183/2312508X.10006617.
 15. Lichtenstein D.A., Lascols N., Mezière G. et al. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004; 30 (2): 276–281. DOI: 10.1007/s00134-003-2075-6.
 16. Reissig A., Copetti R. Lung ultrasound in community-acquired pneumonia and in interstitial lung diseases. *Respiration*. 2014; 87 (3): 179–189. DOI: 10.1159/000357449.
 17. Lichtenstein D., Meziere G., Seitz J. The dynamic air bronchogram: A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009; 135 (6): 1421–1425. DOI: 10.1378/chest.08-2281.
 18. Copetti R., Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. *Radiol. Med*. 2008; 113 (2): 190–198. DOI: 10.1007/s11547-008-0247-8.
 19. Mathis G., Beckh S., Gorg Ch. Lung consolidation. In: Mathis G., ed. Chest Sonography. 4th Edn. Berlin: Springer; 2017: 51–97. DOI: 10.1007/978-3-319-44072-9_5.
 20. Goerg C., Seifart U., Görg K. et al. Color Doppler sonographic mapping of pulmonary lesions: evidence of dual arterial supply by spectral analysis. *J. Ultrasound Med*. 2003; 22 (10): 1033–1039. DOI: 10.7863/jum.2003.22.10.1033.
 21. Сафонов Д.В., Сафонова Т.Д. Ультразвуковая диагностика гнойных плевральных выпотов – эмпиемы плевры и пиопневмоторакса. *Фундаментальные исследования*. 2015; (1): 592–596.
 22. Жестовская С.И., Шинкаренко Е.В., Тяжелникова З.М., Евдокимова Е.Ю. Ультразвуковая диагностика плевритов неясной этиологии. *Сибирский медицинский журнал*. 2009; 24 (2–1): 95–99.
 23. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K. et al. Lung ultrasound in critically ill patients: Comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med*. 2011; 37 (9): 1488–1493. DOI: 10.1007/s00134-011-2317-y.
 24. Oveland N.P. Pneumothorax. In: Laursen C.B., Rahman N.M., Volpicelli G., eds. Thoracic Ultrasound. Sheffield: European Respiratory Society; 2018: 43–63. DOI: 10.1183/2312508X.10006317.
 25. Volpicelli G., Caramello V., Cardinale L. et al. Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic consolidations. *Med. Sci. Monit*. 2008; 14 (3): CR122–CR128.
 26. Manolescu D., Davidescu L., Traila D. et al. The reliability of lung ultrasound in assessment of idiopathic pulmonary fibrosis. *Clin. Interv. Aging*. 2018; 13: 437–449. DOI: 10.2147/CIA.S156615.
 27. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N. Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med*. 2020; 46 (5): 849–850. DOI: 10.1007/s00134-020-05996-6.
 28. Huang Y., Wang S., Liu Y. et al. A preliminary study on the ultrasonic manifestations of peripulmonary lesions of non-critical novel coronavirus pneumonia (COVID-19). *SSRN Electronic Journal*. 2020, Feb. 26. DOI: 10.2139/ssrn.3544750.
 29. Tsai N.W., Ngai C.W., Mok K.L. et al. Lung ultrasound imaging in avian influenza A (H7N9) respiratory failure. *Crit. Ultrasound J*. 2014, 6 (1): 6. DOI: 10.1186/2036-7902-6-6.
 30. Tsung J.W., Shan V.P., Kessler D.O. Prospective application of clinician-performed lung ultrasonography during the 2009 H1N1 influenza A pandemic: Distinguishing viral from bacterial pneumonia. *Crit. Ultrasound J*. 2012; 4 (1): 16. DOI: 10.1186/2036-7902-4-16.
 31. Volpicelli G., Lamorte A., Villen T. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Intensive Care Med*. 2020; 46 (7): 1445–1448. DOI: 10.1007/s00134-020-06048-9.
 32. Mohamed M.F.H., Al-Shokri S., Yousaf Z. et al. Frequency of abnormalities detected by point-of-care lung ultrasound in symptomatic COVID-19 patients: Systematic review and meta-analysis. *Am. J. Trop. Med. Hyg*. 2020; 103 (2): 815–821. DOI: 10.4269/ajtmh.20-0371.
 33. Tan G., Lian X., Zhu Zh. et al. Use of lung ultrasound to differentiate Covid-19 pneumonia from community-acquired pneumonia. *Ultrasound Med. Biol*. 2020; 46 (10): 2651–2658. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.05.006.
 34. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for COVID-19. *J. Ultrasound Med*. 2020; 39 (7): 1413–1419. DOI: 10.1002/jum.15285.
 35. Monteiro R.A.A., de Oliveira E.P., Saldiva P.H.N. Histological–ultrasonographical correlation of pulmonary involvement in severe COVID-19. *Intensive Care Med*. 2020; 46 (9): 1766–1768. DOI: 10.1007/s00134-020-06125-z.
 36. Pagano A., Porta G., Bosso G. et al. Non-invasive CPAP in mild and moderate ARDS secondary to SARS-CoV-2. *Respir. Physiol. Neurobiol*. 2020; 280: 103489. DOI: 10.1016/j.resp.2020.103489.
 37. Ding L., Wang L., Ma W., He H. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: a multi-center prospective cohort study. *Crit. Care*. 2020; 24 (1): 28. DOI: 10.1186/s13054-020-2738-5.
 38. Elharrar X., Trigui Y., Dols A.M. et al. Use of prone positioning in nonintubated patients with COVID-19 and hypoxemic acute respiratory failure. *JAMA*. 2020; 323 (22): 2336. DOI: 10.1001/jama.2020.8255.
 39. Coppo A., Bellani G., Winterton D. et al. Feasibility and physiologic effects of prone positioning in non-intubated patients with acute respiratory failure due to COVID-19 (PRON-COVID): a prospective cohort study. *Lancet Respir. Med*. 2020; 8 (8): 765–774. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30268-X.
 40. Telias I., Katira B.H., Brochard L. Is the prone position helpful during spontaneous breathing in patients with COVID-19? *JAMA*. 2020; 323 (22): 2265. DOI: 10.1001/jama.2020.8539.
 41. Thompson A.E., Ranard B.L., Wei Y. et al. Prone positioning in awake, nonintubated patients with COVID-19

- hypoxemic respiratory failure. *JAMA Intern. Med.* [Preprint. Posted: 2020, Jun. 17]. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.3030.
42. Prat G., Guinard S., Bizien N. et al. Can lung ultrasonography predict prone positioning response in acute respiratory distress syndrome patients? *J. Crit. Care.* 2015; 32: 36–41. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.12.015.
 43. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Is there a role for lung ultrasound during the Covid-19 pandemic? *J. Ultrasound Med.* 2020; 39 (7): 1459–1462. DOI: 10.1002/jum.15284.
- Поступила 17.07.20
- ## References
1. Lichtenstein D.A. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr. Crit. Care Med.* 2009; 10 (6): 693–698. DOI: 10.1097/PCC.0b013e3181b7f637.
 2. Reissig A., Copetti R., Mathis G. et al. Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia: a prospective, multicenter, diagnostic accuracy study. *Chest.* 2012; 142 (4): 965–972. DOI: 10.1378/chest.12-0364.
 3. Mojoli F., Bouhemad D., Mongodi S. et al. Lung Ultrasound for Critically Ill Patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2019; 199 (6): 701–714. DOI: 10.1164/rccm.201802-0236CI.
 4. Chuyashenko E.V., Zavadovskaya V.D., Ageeva T.S. et al. [Ultrasound examination of the lungs for pneumonia]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal.* 2019; 34 (1): 78–84. DOI: 10.29001/2073-8552-2019-34-1-78-84 (in Russian).
 5. Petrov A.A., Safarova A.F., Rachina S.A. et al. [Ultrasound examination of the lungs: method of implementation and prospects in the diagnosis of nosocomial pneumonia]. *Prakticheskaya pul'monologiya.* 2018; (3): 38–45 (in Russian).
 6. Copetti R. Is lung ultrasound the stethoscope of the new millennium? Definitely yes! *Acta Med. Acad.* 2016; 45 (1): 80–81. DOI: 10.5644/ama2006-124.162.
 7. Alerhand S., Graumann O., Nelson B.P. Physics and basic principles. In: Laursen C.B., Rahman N.M., Volpicelli G., eds. *Thoracic ultrasound.* Sheffield: European Respiratory Society; 2018: 1–13. DOI: 10.1183/2312508X.10006017.
 8. Radzina M., Biederer J. Ultrasonography of the lung. *RoFo.* 2019; 191 (10): 909–923. DOI: 10.1055/a-0881-3179.
 9. Gargani L., Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2014; 12: 25. DOI: 10.1186/1476-7120-12-25.
 10. Gutierrez M., Salaffi F., Carotti M. et al. Utility of a simplified ultrasound assessment to assess interstitial pulmonary fibrosis in connective tissue disorders – preliminary results. *Arthritis Res. Ther.* 2011; 13 (4): R134. DOI: 10.1186/ar3446.
 11. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134 (1): 117–125. DOI: 10.1378/chest.07-2800.
 12. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M. et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38 (4): 577–591. DOI: 10.1007/s00134-012-2513-4.
 13. Soummer A., Perbet S., Brisson H. et al. Lung ultrasound study group. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit. Care Med.* 2012; 40 (7): 2064–2072. DOI: 10.1097/ccm.0b013e31824e68ae.
 14. Mathis G. Pneumonia. In: Laursen C.B., Rahman N.M., Volpicelli G., eds. *Thoracic ultrasound.* Sheffield: European Respiratory Society; 2018: 87–101. DOI: 10.1183/2312508X.10006617.
 15. Lichtenstein D.A., Lascols N., Mezière G. et al. Ultrasound diagnosis of alveolar consolidation in the critically ill. *Intensive Care Med.* 2004; 30 (2): 276–281. DOI: 10.1007/s00134-003-2075-6.
 16. Reissig A., Copetti R. Lung ultrasound in community-acquired pneumonia and in interstitial lung diseases. *Respiration.* 2014; 87 (3): 179–189. DOI: 10.1159/000357449.
 17. Lichtenstein D., Meziere G., Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest.* 2009; 135 (6): 1421–1425. DOI: 10.1378/chest.08-2281.
 18. Copetti R., Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. *Radiol. Med.* 2008; 113 (2): 190–198. DOI: 10.1007/s11547-008-0247-8.
 19. Mathis G., Beckh S., Gorg Ch. Lung Consolidation. In: Mathis G., ed. *Chest sonography.* 4th Edn. Berlin: Springer; 2017: 51–97. DOI: 10.1007/978-3-319-44072-9_5.
 20. Goerg C., Seifart U., Görg K. et al. Color Doppler sonographic mapping of pulmonary lesions: evidence of dual arterial supply by spectral analysis. *J. Ultrasound Med.* 2003; 22 (10): 1033–1039. DOI: 10.7863/jum.2003.22.10.1033.
 21. Safonov D.V., Safonova T.D. [Ultrasound diagnostics of purulent pleural effusions – pleural empyema and pyopneumothorax]. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2015; (1): 592–596 (in Russian).
 22. Zhestovskaya S.I., Shinkarenko E.V., Tyazhel'nikova Z.M. et al. [Ultrasound diagnosis of pleurisy of unknown etiology]. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal.* 2009; 24 (2–1): 95–99 (in Russian).
 23. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K. et al. Lung ultrasound in critically ill patients: Comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 2011; 37 (9): 1488–1493. DOI: 10.1007/s00134-011-2317-y.
 24. Oveland N.P. Pneumothorax. In: Laursen C.B., Rahman N.M., Volpicelli G., eds. *Thoracic Ultrasound.* Sheffield: European Respiratory Society; 2018: 43–63. DOI: 10.1183/2312508X.10006317.
 25. Volpicelli G., Caramello V., Cardinale L. et al. Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic consolidations. *Med. Sci. Monit.* 2008; 14 (3): CR122–CR128.
 26. Manolescu D., Davidescu L., Traila D. et al. The reliability of lung ultrasound in assessment of idiopathic pulmonary fibrosis. *Clin. Interv. Aging.* 2018; 13: 437–449. DOI: 10.2147/CIA.S156615.
 27. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N. Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (5): 849–850. DOI: 10.1007/s00134-020-05996-6.
 28. Huang Y., Wang S., Liu Y. et al. A preliminary study on the ultrasonic manifestations of peripulmonary lesions of non-critical novel coronavirus pneumonia (COVID-19). *SSRN Electronic Journal.* 2020, Feb. 26. DOI: 10.2139/ssrn.3544750.

29. Tsai N.W., Ngai C.W., Mok K.L. et al. Lung ultrasound imaging in avian influenza A (H7N9) respiratory failure. *Crit. Ultrasound J.* 2014; 6 (1): 76. DOI: 10.1186/2036-7902-6-6.
30. Tsung J.W., Shan V.P., Kessler D.O. Prospective application of clinician-performed lung ultrasonography during the 2009 H1N1 influenza A pandemic: Distinguishing viral from bacterial pneumonia. *Crit. Ultrasound J.* 2012; 4 (1): 16. DOI: 10.1186/2036-7902-4-16.
31. Volpicelli G., Lamorte A., Villen T. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (7): 1445–1448. DOI: 10.1007/s00134-020-06048-9.
32. Mohamed M.F.H., Al-Shokri S., Yousaf Z. et al. Frequency of abnormalities detected by point-of-care lung ultrasound in symptomatic COVID-19 patients: Systematic review and meta-analysis. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2020; 103 (2): 815–821. DOI: 10.4269/ajtmh.20-0371.
33. Tan G., Lian X., Zhu Zh. et al. Use of lung ultrasound to differentiate Covid-19 pneumonia from community-acquired pneumonia. *Ultrasound Med. Biol.* 2020; 46 (10): 2651–2658. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.05.006.
34. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for COVID-19. *J. Ultrasound Med.* 2020; 39 (7): 1413–1419. DOI: 10.1002/jum.15285.
35. Monteiro R.A.A., de Oliveira E.P., Saldiva P.H.N. Histological-ultrasonographical correlation of pulmonary involvement in severe COVID-19. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (9): 1766–1768. DOI: 10.1007/s00134-020-06125-z.
36. Pagano A., Porta G., Bosso G. et al. Non-invasive CPAP in mild and moderate ARDS secondary to SARS-CoV-2. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2020; 280: 103489. DOI: 10.1016/j.resp.2020.103489.
37. Ding L., Wang L., Ma W., He H. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: a multi-center prospective cohort study. *Crit. Care.* 2020; 24 (1): 28. DOI: 10.1186/s13054-020-2738-5.
38. Elharrar X., Trigui Y., Dols A.M. et al. Use of prone positioning in nonintubated patients with COVID-19 and hypoxemic acute respiratory failure. *JAMA.* 2020; 323 (22): 2336. DOI: 10.1001/jama.2020.8255.
39. Coppo A., Bellani G., Winterton D. et al. Feasibility and physiologic effects of prone positioning in non-intubated patients with acute respiratory failure due to COVID-19 (PRON-COVID): a prospective cohort study. *Lancet Respir. Med.* 2020; 8 (8): 765–774. DOI: 10.1016/S2213-2600(20)30268-X.
40. Telias I., Katira B.H., Brochard L. Is the prone position helpful during spontaneous breathing in patients with COVID-19? *JAMA.* 2020; 323 (22): 2265. DOI: 10.1001/jama.2020.8539.
41. Thompson A.E., Ranard B.L., Wei Y. et al. Prone positioning in awake, nonintubated patients with COVID-19 hypoxemic respiratory failure. *JAMA Intern. Med.* [Preprint. Posted: 2020, Jun. 17]. DOI: 10.1001/jamainternmed.2020.3030.
42. Prat G., Guinard S., Bizien N. et al. Can lung ultrasonography predict prone positioning response in acute respiratory distress syndrome patients? *J. Crit. Care.* 2015; 32: 36–41. DOI: 10.1016/j.jcrc.2015.12.015.
43. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Is there a role for lung ultrasound during the Covid-19 pandemic? *J. Ultrasound Med.* 2020; 39 (7): 1459–1462. DOI: 10.1002/jum.15284.

Received: July 17, 2020

Информация об авторах / Author Information

Неклюдова Галина Васильевна – д. м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства; доцент кафедры пульмонологии института клинической медицины имени Н.В.Склифосовского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); тел.: (916) 296-01-64; e-mail: nekludova_gala@mail.ru (SPIN-код: 8956-9125, Author ID: 394036, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9509-0867>)

Galina V. Nekludova – Doctor of Medicine, Leading Researcher, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; Associate Professor, N.V.Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine, I.M.Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University); tel.: (916) 296-01-64; e-mail: Nekludova_gala@mail.ru (SPIN: 8956-9125, Author ID: 394036, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9509-0867>)

Авдеев Сергей Николаевич – д. м. н., профессор, член-корр. Российской академии наук, главный пульмонолог Министерства здравоохранения Российской Федерации; заведующий кафедрой пульмонологии института клинической медицины им. Н.В.Склифосовского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); руководитель клинического отдела Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства; тел.: (916) 614-58-25; e-mail: serg_avdeev@list.ru (SPIN-код: 1645-5524; Author ID: 194984; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)

Sergey N. Avdeev – Doctor of Medicine, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Pulmonologist of the Ministry of Health of the Russian Federation; Head of the Department of Pulmonology, N.V.Sklifosovskiy Institute of Clinical Medicine, I.M.Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University); Head of Clinical Department, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (916) 614-58-25; e-mail: serg_avdeev@list.ru (SPIN: 1645-5524; Author ID: 194984; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5999-2150>)