

DOI: <https://doi.org/10.34883/PI.2020.9.2.010>  
УДК 616.9-02:578.834.1]-036.21"2019":616.24-073

Голубовская О.А., Кондратиук Л.А., Пронюк К.Е.  
Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, Киев, Украина

Golubovskaya O., Kondratiuk L., Pronyuk Kh.  
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

## УЗИ легких при COVID-19: от теории к практике

Lungs Ultrasound in Case of COVID-19: From Theory to Practice

---

### Резюме

Возможность исследования легких с помощью ультразвука у постели пациента набирает популярность в современной практике неотложной ультразвуковой диагностики в клинике инфекционных заболеваний у пациентов с пневмонией, вызванной COVID-19.

УЗИ легких у этой категории лиц дает возможность быстрого обследования пациентов с поражениями легких, дифференцируя при этом признаки интерстициального и альвеолярного повреждения, наличие плеврального выпота, его количество, а также оценивать динамику развития патологического процесса в легких. Поэтому следует рассмотреть внесение УЗИ легких в протокол исследования пациентов с COVID-19, которые находятся на стационарном лечении при поступлении, и отслеживания динамики течения заболевания.

**Ключевые слова:** легкие, ультразвук, плевральный выпот, COVID-19.

---

### Abstract

Nowadays the possibility of lungs ultrasound is gaining popularity in practice of emergency ultrasound diagnostics at ID department in patients with COVID-19 pneumonia.

Lungs ultrasound in these patients makes possible of quickly examination of the patients with differentiating the signs of interstitial and alveolar damage, presence of pleural effusion, its amount, and also to assess the dynamics of pathological process in lungs. Therefore, it is necessary to consider the introduction of lungs ultrasound into examination protocol of patients with COVID-19 pneumonia upon admission at inpatient department and during observation the course of the disease.

**Keywords:** lungs, ultrasound, pleural effusion, COVID-19.

---

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Эпидемия коронавирусной инфекции (COVID-19), первично возникшая в Китае, на сегодняшний день имеет глобальное распространение со смещением эпицентра в США и страны Европейского региона (Италия, Испания, Франция, Германия, Великобритания) [1]. Органом-мишенью для возбудителя COVID-19 – коронавируса SARS-Cov-2 – являются легкие. Именно обширное поражение легких с развитием ОРДС и

тяжелой пневмонии приводит к смерти пациентов [2]. Рентгенография и КТ органов грудной полости является стандартом для оценки локализации, дифференциации и распространения поражения. Но, к сожалению, эти методы имеют свои недостатки, связанные с транспортировкой небезопасного в эпидемиологическом отношении пациента, невозможностью частого мониторинга динамики в связи с высокой дозой облучения. Особенно среди нестабильных, критических пациентов рентгенография грудной клетки и компьютерная томография (КТ) недостаточно просты в использовании. Недавно было показано, что ультразвуковое исследование легких, которое в настоящее время используется в качестве метода у кровати больного, полезно для оценки ряда патологических легочных состояний [3]. Фактически УЗИ легких имеет лучшую чувствительность, чем рентгенография грудной клетки, при диагностике плеврального выпота. Кроме того, несколько исследований продемонстрировали применение ультразвука в диагностике пневмонии, и результаты оказались удовлетворительными [4, 5]. Возможность исследования легких с помощью ультразвука у постели больного набирает популярность в современной практике неотложной ультразвуковой диагностики в клинике инфекционных заболеваний [6].

Основные принципы, на которых основывается УЗИ легких, были определены Д. Лихтенштейном в 1992 г., используются до сегодняшнего дня, совершенствуясь согласно современным возможностям техники [7–9].

Ультразвуковой аппарат для использования в клинике инфекционных заболеваний должен быть портативным, легким и желательно с возможностью хранения изображения и видео. Для исследования легких лучше всего подходит датчик с небольшой апертурой и частотой 5–11 МГц, чтобы его можно было легко разместить в межреберном пространстве. Высокочастотный линейный датчик (6–13 МГц) может быть полезным для оценки мягких тканей, ребер, скопления плевры. Низкочастотный (3–5 МГц) датчик может быть полезен для оценки глубины выпота, уплотнений и расширения В-линий. На сегодняшний момент не существует специального режима ультразвукового аппарата для оценки легких. Конкретный режим и датчик должны выбираться, основываясь на цели исследования, предпочтений врача-оператора с оптимизацией параметров, рекомендованных для визуализации легких. Кроме этого, нужно помнить, что УЗ-датчики являются потенциальным источником передачи внутрибольничной инфекции, поэтому необходимо строгое соблюдение дезинфекции прибора и датчика [10].

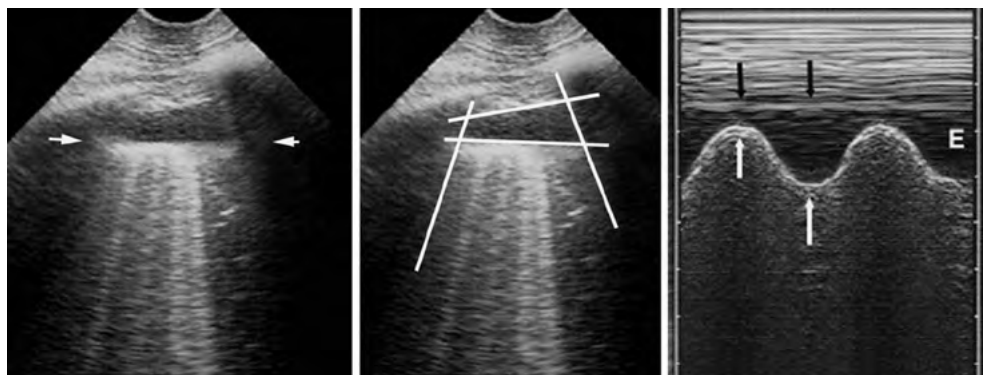
Стандартом УЗИ легких на сегодняшний день во всем мире является BLUE-протокол для ургентной диагностики острой дыхательной недостаточности. Для этого необходимо ознакомиться со следующими УЗ-симптомами:

1. Характерными для легких без патологических изменений:
  - симптом «летучей мыши» – характерный вид двух ребер и плевральной линии между ними при УЗ-сканировании легких в В-режиме (рис. 1);
  - скопление легкого – это изображение регулярного ритмического движения, синхронизированного с дыханием, которое возникает между париетальным и висцеральным листом плевры, которые могут быть разделены тонким слоем плевральной

- жидкости. Скольжение легкого является показателем вентиляции в месте исследования;
- А-линии – это повторение плевральной линии на одинаковом расстоянии от кожи до плевральной линии. Это свидетельствует о наличии воздуха ниже плевральной линии, соответствующей париетальной плевре. Линии могут быть полными или частичными (рис. 1).
2. Плевральный выпот визуализируется как анэхогенное пространство между листками плевры, изменение расстояния между париетальной и висцеральной плеврой во время дыхательного цикла легко визуализируется в М-режиме как синусоидальное движение и называется симптомом «синусоиды» (рис. 2). Минимальный плевральный выпот определяется во время выдоха между париетальной плеврой и легким в 2D- и М-режиме и называется симптомом «четырёхугольника». Задняя подмышечная линия над диафрагмой является оптимальным местом для выявления плеврального выпота [11]. Согласно некоторым данным, межплевральное расстояние  $\geq 50$  мм между стенкой грудной клетки и легким является предиктором плеврального выпота  $\geq 500$  мл [12].
  3. Уплотнения легкого, симптомы «переломчатой линии» и появление консолидаций, когда плотность легких приближается к значению 1 г/мл (плотность солидной ткани) (рис. 3А) [14].
  4. Интерстициальный отек (симптом «ракеты») – наличие так называемых В-линий (рис. 3А, 3В), гиперэхогенных вертикальных артефактов, напоминающих «хвост кометы», которые идут от плевральной линии. Изолированные единичные В-линии в латеробазальных сегментах легких могут присутствовать в рентгенологически нормальном легком [14–16]. Слияние многих вертикальных артефактов в более протяжные эхогенные структуры, в единую гомогенную субплевральную эхогенную область называют «белым легким» или «стеклянными ракетами», что эквивалентно прозрачности матового стекла на компьютерной томографии. Это говорит о серьезном уменьшении аэрации легких [15].



**Рис. 1.** А-линии (↗) и симптом «летучей мыши» (▶) у пациента без пневмонии (данные инфекционного отделения, базы кафедры инфекционных болезней НМУ имени А.А. Богомольца)

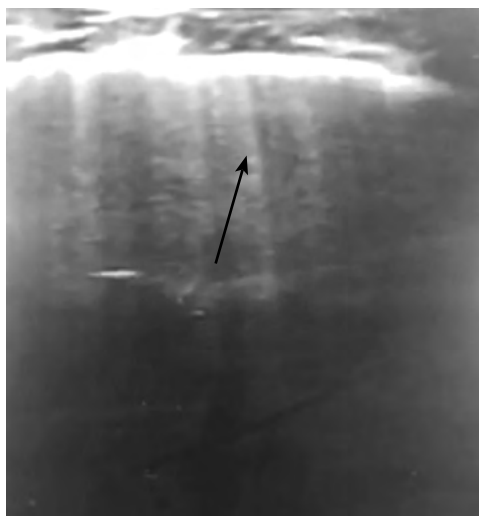


**Рис. 2.** Слева и посередине: небольшой плевральный выпот. Ниже линии плевры видна линия, правильная и приблизительно параллельная линии висцеральной плевры: линия легкого, указывающая на висцеральную плевру (стрелки). Эта линия вместе с плевральной линией и тенью ребер показывает своего рода знак четырехугольника. Справа: М-режим показывает движение линии легких (белые стрелки) к плевральной линии (черные стрелки) при вдохе – синусоидальный знак, указывающий также на свободный плевральный выпот [13]

В BLUE-протоколе есть три стандартизированные точки: верхняя BLUE-точка, нижняя BLUE-точка и PLAPS-точка, для обзорного осмотра в условиях экстренного обследования пациентов [8]. Но в условиях прицельного обследования пациентов с подозрением или подтвержденным COVID-19 для оценки распространения интерстициального отека

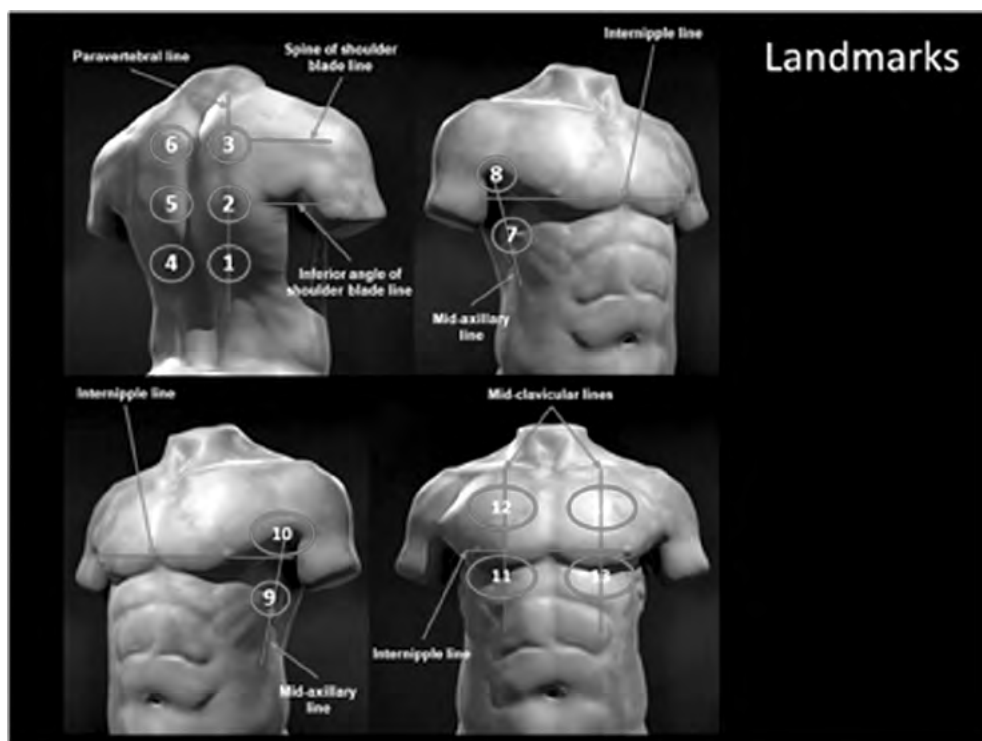


**Рис. 3А.** Наличие В-линий (↑) и консолидации (►) у пациента с COVID-19 (данные инфекционного отделения, базы кафедры инфекционных болезней НМУ имени А.А. Богомольца, 2020 г.)



**Рис. 3В.** Множественные В-линии у пациента с COVID-19 (данные инфекционного отделения, базы кафедры инфекционных болезней НМУ имени А.А. Богомольца, 2020 г.)

и консолидаций необходимо более расширенное исследование. В идеале датчик УЗИ следует размещать в тех же местах в межреберных промежутках, где обычно проводят аускультацию стетоскопом [8, 9]. Врачи из Италии предлагают стандартизировать 14 областей исследования – 3 задние, 2 боковые и 2 передние в течение 10 секунд в соответствии с указанными линиями (рис. 4). Сканирование следует проводить по межреберным промежуткам, чтобы максимально осмотреть поверхность сканирования. Предлагается стандартная последовательность оценок с использованием ориентиров на анатомических линиях грудной клетки (рис. 4), которые можно соответственно пронумеровать, начиная с



**Рис 4. Схематическое изображение ориентиров на анатомических линиях грудной клетки [18]**

Примечания:

- Точка 1. По правой паравертебральной линии, нижняя точка визуализации легкого.
- Точка 2. По правой паравертебральной линии под нижним углом лопатки.
- Точка 3. По правой паравертебральной линии по краю лопатки.
- Точка 4. По левой паравертебральной линии, нижняя точка визуализации легкого.
- Точка 5. По левой паравертебральной линии под нижним углом лопатки.
- Точка 6. По левой паравертебральной линии по краю лопатки.
- Точка 7. Правая базальная по среднеаксиллярной линии под сосковой линией.
- Точка 8. Правая верхняя по среднеаксиллярной линии над сосковой линией.
- Точка 9. Левая базальная по среднеаксиллярной линии под сосковой линией.
- Точка 10. Левая верхняя по среднеаксиллярной линии над сосковой линией.
- Точка 11. Правая базальная по среднеключичной линии под сосковой линией.
- Точка 12. Правая верхняя по среднеключичной линии над сосковой линией.
- Точка 13. Левая базальная по среднеключичной линии под сосковой линией.
- Точка 14. Левая верхняя по среднеключичной линии над сосковой линией [18].

правых задних базальных областей. Данная последовательность идеальна для использования у пациентов, способных поддерживать сидячее положение [17, 18].

В случаях проведения УЗИ легких в условиях интенсивной терапии (например, у пациентов, получающих инвазивную вентиляцию, и у пациентов, которые не в состоянии поддерживать положение сидя) задние области могут быть трудными для просмотра. В этих случаях диагносту следует попытаться частично рассмотреть задние базальные области, которые на сегодняшний день считаются «опасными зонами» при COVID-19, и начать УЗИ с точки № 7 [17, 18].

Каждая точка осмотра оценивается от 0 до 3, в зависимости от наличия УЗ-симптомов:

- оценка 0: плевральная линия – непрерывная и регулярная, присутствуют горизонтальные артефакты – А-линии;
- оценка 1: плевральная линия с отступом. Ниже отступа видны вертикальные участки белого цвета – В-линии;
- оценка 2: плевральная линия нарушена. Ниже точки разрыва появляются небольшие или большие консолидированные области (более темные) с ассоциированными областями белого цвета ниже консолидированной области. Потемнение консолидированных областей сигнализирует о потере воздушности легкого и переходе этих областей к акустическим свойствам, аналогичным мягким тканям. Помимо уплотнений, появление областей белого цвета сигнализирует о наличии областей, где воздушные включения все еще присутствуют (вентилируемые альвеолы) [19];
- оценка 3: на отсканированной области видно плотное и в значительной степени вытянутое белое легкое с большими уплотнениями или без них [18].

Сумму оценок по каждой исследуемой области можно использовать для отслеживания клинической динамики пациента, при которой увеличение оценки означает уменьшение воздушности легких, в то время как уменьшение показателя значит увеличение воздушности легких.

Таким образом, УЗИ легких дает возможность быстрого обследования пациентов с поражениями легких, дифференцируя при этом признаки интерстициального и альвеолярного повреждения, наличие плеврального выпота, его количество. Преимущество УЗИ легких у пациентов с COVID-19:

- изображение легких может быть получено непосредственно у кровати пациента лечащим врачом, нет необходимости в транспортировке небезопасного в эпидемиологическом отношении пациента в рентгенологическое отделение, что снижает количество контактных медицинских работников;
- с помощью УЗИ легких возможно провести первичный скрининг и выявить пациентов с высоким риском (с наличием консолидаций, «опеченением легких»), которые требуют немедленного проведения КТ, решения вопроса проведения ИВЛ;
- возможность постоянного мониторинга пациента с оценкой динамики прогрессирования патологического процесса, выявлять ранние изменения поражения легких.

Поэтому следует рассмотреть внесение УЗИ легких (при наличии технической возможности) в протокол исследования всех пациентов с COVID-19, которые находятся на стационарном лечении при поступлении, и отслеживания динамики течения заболевания.

## ■ ЛИТЕРАТУРА

1. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 116. Geneva: World Health Organization; 2020. Available at: [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200515-covid-19-sitrep-116.pdf?sfvrsn=8dd60956\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200515-covid-19-sitrep-116.pdf?sfvrsn=8dd60956_2), accessed 15 May 2020
2. Golubovskaya O., Bezrodnaya A., Kondratyuk L., Shkurba A. (2020) Koronavirusnaya bolezn' 2019 (SOVID-19): patogeneticheskie osobennosti zabolovaniya, diagnostika, lechenie i mery profilaktiki [Coronavirus Disease (COVID-19): Pathogenetic Characteristics of the Disease, Diagnosis, Treatment and Preventive Measures]. *Klinicheskaya infektologiya i parazitologiya*, vol. 9, no 1, pp. 6–16.
3. Demi M, Prediletto R, Soldati G, Demi L. Physical mechanisms providing clinical information from ultrasound lung images: hypotheses and early confirmations. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*, vol. 67, pp. 612–623.
4. Parra A., Perez P., Serra J. (2014) Pneumonia and lung ultrasound in the intensive care unit. *Chest*, vol. 145, pp. 83–9.
5. Aghdashi M., Broofeh B., Mohammadi A. (2013) Diagnostic performances of high resolution transthoracic lung ultrasonography in pulmonary alveoli-interstitial involvement of rheumatoid lung disease. *Int J Clin Exp Med*, vol. 6, pp. 562–6.
6. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N.; Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG) (2020) Finding of lung ultrasonography of novel coronavirus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intensive Care Med*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00134-020-05996-6>.
7. Lichtenstein D., Axler O. (1993) Intensive use of general ultrasound in the intensive care unit (a prospective study of 150 consecutive patients). *Intensive Care Med*, vol. 19, pp. 353–355. 10.1007/BF01694712
8. Lichtenstein D., Mezière G. (2011) The BLUE-points: three standardized points used in the BLUE-protocol for ultrasound assessment of the lung in acute respiratory failure. *Crit Ultrasound J*, vol. 3, pp. 109–110. 10.1007/s13089-011-0066-3
9. Lichtenstein D. (2010) *Classification of artifacts*. In *Whole Body Ultrasonography in the Critically Ill*. Heidelberg, Berlin, New York: Springer-Verlag, pp. 185–188.
10. Bouhemad B., Zhang M., Lu Q., Roubi J.J. (2007) Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care*, vol. 11, p. 205.
11. Via G., Storti E., Gulati G. (2012) Lung ultrasound in the ICU: from diagnostic instrument to respiratory monitoring tool. 2012 Nov; 78(11):1282–96.
12. Usta E., Mustafa M., Ziemer G. (2010) Ultrasound estimation of volume of postoperative pleural effusion in cardiac surgery patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, vol. 10(2), pp. 204–7.
13. Lichtenstein D. (2014) Lung ultrasound in the critically ill. *Annals of Intensive Care*, vol. 4, no 1.
14. Volpicelli G., Caramello V., Cardinale L. (2008) Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic alveolar consolidation. *Med Sci Monit*, vol. 14, pp. 122–8.
15. Bouhemad B., Mongodi S., Gabriele V., Rouquette I. (2015) Ultrasound for "Lung Monitoring" of ventilation patients. *Anesthesiology*, vol. 122, pp. 437–447.
16. Man M.A., Dantes E., Domokos Hancu B. (2019) Correlation between transthoracic lung ultrasound score and HRCT features in patients with interstitial lung diseases. *J Clin Med*, vol. 8 (8), pp. E1199.
17. Lichtenstein D. (2015) BLUE-protocol and FALLS-protocol: Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically Ill. *Chest*, vol. 147(6), pp. 1659–1670. doi: 10.1378/chest.14-1313.
18. Soldati G. (2020) Lung US Acquisition Protocol and Scoring for COVID-19. *J Ultrasound Med*, vol. 9999, pp. 1–7. doi:10.1002/jum.15285.
19. Soldati G., Demi M., Smargiassi A., Inchingolo R., Demi L. (2019) The role of ultrasound lung artifacts in the diagnosis of respiratory diseases. *Expert Rev Respir Med*, vol. 13, pp. 163–172.

Поступила/Received: 17.08.2020  
Контакты/Contacts: ogolubovska@gmail.com