

# Диагностическая ценность ультразвукового исследования лёгких для выявления COVID-19: систематический обзор и метаанализ



© Н.Н. Ветшева<sup>1, 2\*</sup>, Р.В. Решетников<sup>1, 3</sup>, Д.В. Леонов<sup>1</sup>, Н.С. Кульберг<sup>1</sup>, О.А. Мокиенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

**Обоснование.** При оценке степени тяжести состояния пациентов с COVID-19 опираются в первую очередь на объём поражения лёгочной ткани. Существует ряд диагностических подходов, позволяющих анализировать этот показатель, каждый из которых сопряжён с определёнными ограничениями. Цель и дизайн исследования, характеристики наблюдаемых пациентов, доступность оборудования — все эти параметры способны повлиять на выбор оптимальной методики.

**Цель** — провести оценку чувствительности и специфичности ультразвукового исследования (УЗИ) в качестве метода анализа степени поражения лёгких у пациентов с COVID-19 посредством систематического обзора статей на английском языке, доступных в базах данных PubMed и Google Scholar. Ключевые слова для поиска: lung ultrasound, chest ultrasound, thoracic ultrasound, ultrasonography, COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, diagnosis, diagnostic value, specificity and sensitivity. В обзор включали только исследования, затрагивавшие вопросы диагностической точности УЗИ лёгких для пациентов с подозрением на COVID-19. В качестве эталонных методов рассматривали компьютерную томографию грудной клетки, детекцию вирусной РНК с помощью полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией или лабораторные данные. Извлечение статей проводили два автора независимо друг от друга с заполнением заданных полей стандартизированной таблицы и последующей оценкой индикаторов качества исследования. Для анализа и группировки данных о чувствительности и специфичности УЗИ лёгких для оценки объёма изменённой лёгочной ткани в отобранных работах использовали модель случайных эффектов. По заданным критериям включения подходили 16 работ, однако только в трёх проводили разделение пациентов на чётко заданные группы по тяжести заболевания. Из остальных работ для оценки вторичных результатов использовали значения чувствительности и специфичности УЗИ лёгких для диагностики COVID-19 вне зависимости от состояния пациента. Наблюдаемая гетерогенность для первичных и вторичных результатов сохранялась при группировке исследований по сценариям (скрининг, оценка тяжести заболевания) и когортам пациентов. УЗИ лёгких показало наиболее высокую точность для подтверждения поражения лёгких у пациентов с диагностированной тяжёлой коронавирусной инфекцией COVID-19 (чувствительность  $87,6 \pm 12,3\%$ , специфичность  $80,5 \pm 7,1\%$ ). При этом самую низкую точность метод продемонстрировал у пациентов с заболеванием лёгкой степени тяжести (чувствительность  $72,8 \pm 7,1\%$ , специфичность  $74,3 \pm 2,7\%$ ).

**Заключение.** УЗИ лёгких может быть использовано у пациентов с подтверждённым COVID-19 для выявления значительных повреждений лёгочной ткани. Диагностическая ценность метода для оценки умеренных и незначительных поражений лёгких относительно низкая.

**Ключевые слова:** COVID-19; УЗИ лёгких; оценка доли поражения; диагностическая ценность; чувствительность; специфичность.

## Как цитировать

Ветшева Н.Н., Решетников Р.В., Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Мокиенко О.А. Диагностическая ценность ультразвукового исследования лёгких для выявления COVID-19: систематический обзор и метаанализ // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):13–26. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46834>

Рукопись получена: 13.10.2020

Рукопись одобрена: 03.12.2020

Опубликована: 08.12.2020



# Diagnostic value of lung ultrasound in COVID-19: systematic review and meta-analysis

Natalia N. Vetsheva<sup>1, 2\*</sup>, Roman V. Reshetnikov<sup>1, 3</sup>, Denis V. Leonov<sup>1</sup>,  
Nikolas S. Kulberg<sup>1</sup>, Olesya A. Mokienko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Moscows regional research clinical institute n.a. M.F. Vladimirovskiy, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

**BACKGROUND:** Effective and safe tools assisting triage decisions for COVID-19 patients could optimize the pressure on the healthcare system. COVID-19 often has respiratory manifestations, and medical imaging techniques provide an opportunity to assess the disease's severity.

**AIMS:** To estimate the sensitivity and specificity of lung ultrasound for different degrees of pulmonary involvement in COVID-19 patients by a systematic review of English articles using PubMed and Google Scholar databases. Search terms included lung ultrasound, chest ultrasound, thoracic ultrasound, ultrasonography, COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, diagnosis, diagnostic value, specificity, and sensitivity. Only studies addressing lung ultrasound diagnostic accuracy for patients with suspected COVID-19 using thoracic computed tomography, reverse transcription polymerase chain reaction, or laboratory data as a reference standard were included. Independent extraction of articles was performed by two authors using predefined data fields with subsequent assessment of study quality indicators. The random-effect model was used to analyze and pool lung ultrasound sensitivity and specificity across the included studies. Sixteen studies met our inclusion criteria, but only three of them divided patients into distinct and defined groups depending on the disease severity. We used the remaining studies' data to assess the secondary outcomes: the values of sensitivity and specificity of lung ultrasound for COVID-19 regardless of the patient's clinical status. Heterogeneity for primary and secondary outcomes was observed that remained when pooling for different scenarios (screening, assessing severity) and cohorts of participants. Lung ultrasound had the highest accuracy for confirmed COVID-19 patients with severe disease (sensitivity 87.6% ± 12.3%, specificity 80.5% ± 7.1%), and the lowest accuracy for the patients with mild disease (sensitivity 72.8% ± 7.1%, specificity 74.3% ± 2.7%).

**CONCLUSIONS:** Lung ultrasound can be used in patients with confirmed COVID-19 to detect serious damage to the lung tissue. The diagnostic value of the method for assessing mild and moderate lung lesions is relatively low.

**Keywords:** COVID-19; lung ultrasound; severity grade estimate; diagnostic value; sensitivity; specificity.

## To cite this article

Vetsheva NN, Reshetnikov RV, Leonov DV, Kulberg NS, Mokienko OA. Diagnostic value of lung ultrasound in COVID-19: systematic review and meta-analysis. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):13–26. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46834>

Received: 13.10.2020

Accepted: 03.12.2020

Published: 08.12.2020



# 肺部超声检测COVID-19的诊断价值： 系统综述和荟萃分析

Natalia N. Vetsheva<sup>1, 2\*</sup>, Roman V. Reshetnikov<sup>1, 3</sup>, Denis V. Leonov<sup>1</sup>,  
Nikolas S. Kulberg<sup>1</sup>, Olesya A. Mokienko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Petrovka str., 24, 127051, Moscow, Russia

<sup>2</sup> The State Budgetary Healthcare Institution of Moscow Area Moscovs regional research clinical institute n.a. M.F. Vladimirskiy, 61/2, Shepkina street, Moscow, 129110

<sup>3</sup> Institute of Molecular Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University, Trubetskaya str. 8-2, 119991, Moscow, Russia

**论证：**在评估COVID-19患者病情的严重程度时，主要依赖肺组织损伤的体积。有许多诊断方法允许分析该指标，每一种方法都有一定的局限性。研究的目的是设计，观察患者的特点，设备的可用性，所有这些参数都可以影响最佳方法的选择。

目的是通过对PubMed和Google Scholar数据库中相关英文文章的系统回顾，评估超声作为一种分析COVID-19患者肺损伤程度的方法的敏感性和特异性。关键词：lung ultrasound; chest ultrasound; thoracic ultrasound; ultrasonography;

COVID-19; SARS-CoV-2; coronavirus; diagnosis; diagnostic value;

specificity; sensitivity该综述仅包括了针对疑似COVID-19患者肺部超声诊断准确性问题的研究。参考方法包括胸部CT、逆转录聚合酶链反应检测病毒RNA、实验室数据等。论文由两位作者独立抽取，填写标准化表格的指定字段，然后对研究质量指标进行评价。为了分析和分组所选研究中肺超声评估肺组织改变体积的敏感性和特异性的数据，使用了随机效应模型。根据规定的纳入标准，适合16项研究，但仅对3例患者根据疾病严重程度划分明确组。通过其他有关材料，为了评估次要结果，使用了肺部超声诊断COVID-19的敏感性和特异性值，而不考虑患者的病情。当研究根据筛查、疾病严重程度评估和患者队列进行分组时，观察到的主要结果和次要结果的异质性得以保持。肺部超声诊断重症冠状病毒感染COVID-19患者肺损害的准确性最高（敏感性为 $87.6 \pm 12.3\%$ ，特异性为 $80.5 \pm 7.1\%$ ）。同时，该方法在轻度疾病患者中的准确率最低（敏感性为 $72.8 \pm 7.1\%$ ，特异性为 $74.3 \pm 2.7\%$ ）。

**结果。**肺部超声检查可用于确诊COVID-19的患者，以检测肺组织的严重损害。该方法评估轻微-中度肺损伤的诊断价值相对较低。

**关键词：**COVID-19；肺部超声；病变部位评估；诊断价值；敏感性；特异性

## 引用本文：

Vetsheva NN, Reshetnikov RV, Leonov DV, Kulberg NS, Mokienko OA. 肺部超声检测COVID-19的诊断价值：系统综述和荟萃分析. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):13–26. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46834>

收到：13.10.2020

接受：03.12.2020

发布时间：08.12.2020



## ОБОСНОВАНИЕ

По данным на 16 сентября 2020 г., общее число заражённых COVID-19 во всём мире составило 29 155 581 человек, включая 926 544 летальных исхода [1]. Влияние окончания периода летних отпусков и возобновления работы учебных заведений на течение эпидемии ещё не проявилось в полной мере. Тем не менее если ситуация будет развиваться по сценарию интенсивного распространения инфекции, существует вероятность возникновения второй волны [2]. С ростом числа новых случаев Израиль стал первой развитой страной, которая возобновила общенациональный карантин [3]. В Москве впервые с 30 июня 2020 г. регистрируется устойчивый рост числа случаев заражения инфекцией SARS-CoV-2.

Прогнозируемая нагрузка на систему здравоохранения в связи с эпидемией может быть оптимизирована благодаря эффективным и безопасным инструментам сортировки пациентов, помогающим решить вопросы о необходимости госпитализации или проведения дообследования. Ряд лабораторных параметров, таких как определение вирусной нагрузки методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) [4], подсчёт количества тромбоцитов [5], содержание D-димера в крови [6] и другие [7], позволяют оценивать стадию и тяжесть заболевания. Однако основным проявлением, влияющим на течение заболевания, является респираторная симптоматика. Это делает исследование лёгких при помощи компьютерной томографии (КТ) и ультразвукового исследования (УЗИ) одним из ключевых методов определения тяжести состояния пациента [8]. КТ обладает высокой чувствительностью для обнаружения признаков поражения лёгочной ткани, ассоциированных с COVID-19 [9]. В связи с этим ряд экспертов рассматривает КТ в качестве диагностического стандарта для этого заболевания: в частности, в период московского карантина КТ стал одним из ключевых инструментов диагностики и сортировки пациентов [10]. К сожалению, КТ не является широкодоступным методом, а также обладает лучевой нагрузкой. УЗИ лёгких способно компенсировать данные недостатки, являясь общедоступным, мобильным и безопасным подходом. Это делает его особенно актуальным для применения у беременных женщин, детей и тяжелобольных лежащих пациентов. Возможность применения УЗИ лёгких при COVID-19 исследовали в недавних систематических обзорах [11, 12]. Однако на сегодняшний день имеющихся научных данных недостаточно для того, чтобы чётко очертить его функциональность для при-

ятия клинических решений в зависимости от тяжести заболевания [13].

Для оценки чувствительности и специфичности УЗИ при различных степенях поражения изучили опубликованные работы, посвящённые сравнению УЗИ и КТ лёгких у пациентов с COVID-19.

## МЕТОДЫ

Данная работа написана в соответствии с принципами PRISMA в отношении качества представления информации о результатах систематических обзоров и метаанализов работ, посвящённых оценке медицинских вмешательств [14].

**Тип исследований.** Критерии включения: (I) любые работы, в которых проводили исследование результатов УЗИ лёгких у пациентов с диагнозом COVID-19; (II) исследования, предоставляющие сведения о чувствительности и специфичности, либо предоставляющие достаточный объём информации для построения матрицы ошибок  $2 \times 2$ ; (III) ограничения по стране, возрасту, полу и расовому составу пациентов отсутствовали. Критерии исключения: (I) полный текст работы недоступен; (II) исследование не проводилось на людях; (III) описания клинических случаев, исследование серии случаев и систематические обзоры; (IV) работы, опубликованные до 1 января 2020 г.

**Типы участников.** Пациенты всех возрастов, находящиеся в стационарах и проявляющие симптоматику, характерную для коронавирусной пневмонии COVID-19, которая подтверждена с помощью ОТ-ПЦР или серологических тестов (коды Международной классификации болезней: U07.1, U07.2). В обзор не вошли пациенты, по которым отсутствовали полные клинические данные, либо данные по диагностике с применением стандартных эталонных методов.

**Типы вмешательств.** Исследования, в которых проводили сравнение диагностической информативности УЗИ лёгких, включая исследования на месте оказания экстренной медицинской помощи, с КТ грудной клетки, рентгенографией грудной клетки и данными последующих медицинских наблюдений.

**Типы результатов.** Первичные результаты: числовые значения чувствительности и специфичности УЗИ лёгких для оценки разных степеней вовлечения лёгочной ткани пациентов с COVID-19. Вторичные результаты: числовые значения чувствительности и специфичности УЗИ лёгких в выявлении поражения лёгочной ткани пациентов с COVID-19.

**Источники информации.** Отбор исследований проводили по результатам поиска в электронных базах данных



PubMed и Google Scholar. Последнюю поисковую сессию осуществили 1 сентября 2020 г.

**Поиск.** В базе данных PubMed применяли два типа поисковых запросов: (I) с использованием терминов библиотеки MeSH и (II) ключевых слов для поиска среди недавних статей, поскольку PubMed требуется около одного месяца для присвоения термина MeSH опубликованной работе:

- 1) «Coronavirus infections/diagnosis» [Mesh] or «Coronavirus infections/diagnostic imaging» [Mesh] and «Ultrasonography» [Mesh];
- 2) «lung ultrasound» or «chest ultrasound» or «thoracic ultrasound» or «ultrasonography» and COVID-19 or «SARS-CoV-2» or «coronavirus» and diagnosis.

Для поиска в базе данных Google Scholar использовали запрос «lung ultrasound diagnostic value specificity sensitivity COVID-19».

**Отбор исследований.** Оценку соответствия критериям исследования проводили два рецензента (РВР и ЛДВ) стандартизированным способом с помощью автоматического поиска слов «sensitivity» и «specificity» в тексте статей. Трое других исследователей (ВНН, КНС и МОА) выполняли анализ отобранных рукописей согласно протоколу с целью устранения противоречий.

**Процесс сбора данных и элементы данных.** С помощью сервиса Google Spreadsheet разработали таблицу извлечения данных с тем, чтобы все рецензенты имели одновременный и неограниченный доступ к документу. Таблицу извлечения данных предварительно протестировали на трёх отобранных исследованиях и доработали по результатам теста. Два рецензента (РВР и ЛДВ) извлекли следующие данные из отобранных работ: авторы, место работы авторов, название статьи, журнал (или сервис для размещения препринтов), дата публикации, DOI, популяция пациентов (число, возраст, доля женщин, критерии включения и исключения, местонахождение медицинских центров, даты начала и окончания исследования), протокол УЗИ, шкала оценки УЗИ, протокол сравнения, шкала сравнения, результат УЗИ, сравнение исходов. Трое других исследователей (ВНН, КНС и МОА) осуществили проверку извлечённых данных. Все разногласия были решены в ходе обсуждения между авторами. Данные из систематических обзоров по специфичности и чувствительности эталонных тестов добавляли в тех случаях, когда во включённой в обзор работе не проводилась оценка этих значений.

**Риск систематической ошибки в отдельных исследованиях.** Для оценки методологических сложностей, связанных с исследованиями диагностической точ-

ности, авторы использовали контрольный список QUADAS-2 (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies) [15], рекомендованный для проведения систематических обзоров Агентством исследований и оценки качества здравоохранения США (Agency for Healthcare Research and Quality, Cochrane Collaboration). Каждую из отобранных работ оценивали по четырём направлениям: отбор пациентов, исследуемый тест, эталонный тест и поток пациентов. Полное описание каждого направления и используемые критерии суждения приведены в Кокрановском руководстве по систематическим обзорам медицинских вмешательств (Cochrane Handbook) [16].

**Статистический анализ.** Анализ и группировку данных о чувствительности и специфичности УЗИ лёгких в отобранных работах проводили с использованием модели случайных эффектов. Для измерения гетерогенности между работами применяли оценку величины  $\tau^2$ , процента изменчивости  $I^2$  и статистику Q-критерия Кокрана. В качестве пороговых величин использовали значения  $I^2$ , равные 25% (низкая гетерогенность), 50% (средняя гетерогенность) и 75% (значительная гетерогенность), а также значения  $p < 0,05$ . Метаанализ проводили при помощи пакета dmetar [17] для R 3.6.3 [18].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Отбор исследований.** В настоящий обзор вошли 16 исследований. По результатам поиска в базах данных PubMed и Google Scholar отобрали 245 исследований, которые импортировали в библиотеку программы для управления ссылками Mendeley. Из указанного набора работ исключили 6 исследований, поскольку они не проводились на людях. После сверки на предмет наличия дубликатов осталось 236 работ. Из них 220 исследований после изучения их аннотаций или полного текста не использовали в обзоре, поскольку они не подходили по критериям включения (рис. 1). По результатам изучения текстов оставшихся 16 работ [19–34] обнаружили, что только в 6 из них оценивали диагностическую точность УЗИ для разных степеней поражения лёгких [19, 20, 27–30]. Однако только в 3 работах отбор пациентов осуществляли по трём степеням тяжести заболевания: лёгкая, средняя и тяжёлая [19, 20, 28]. Оставшиеся исследования включали только тяжелобольных пациентов [27, 29] либо проводили оценку диагностической значимости УЗИ для прогноза необходимости в неинвазивной вентиляции лёгких [30]. Работа N. Veronese и соавт. выделяется тем, что в ней ана-



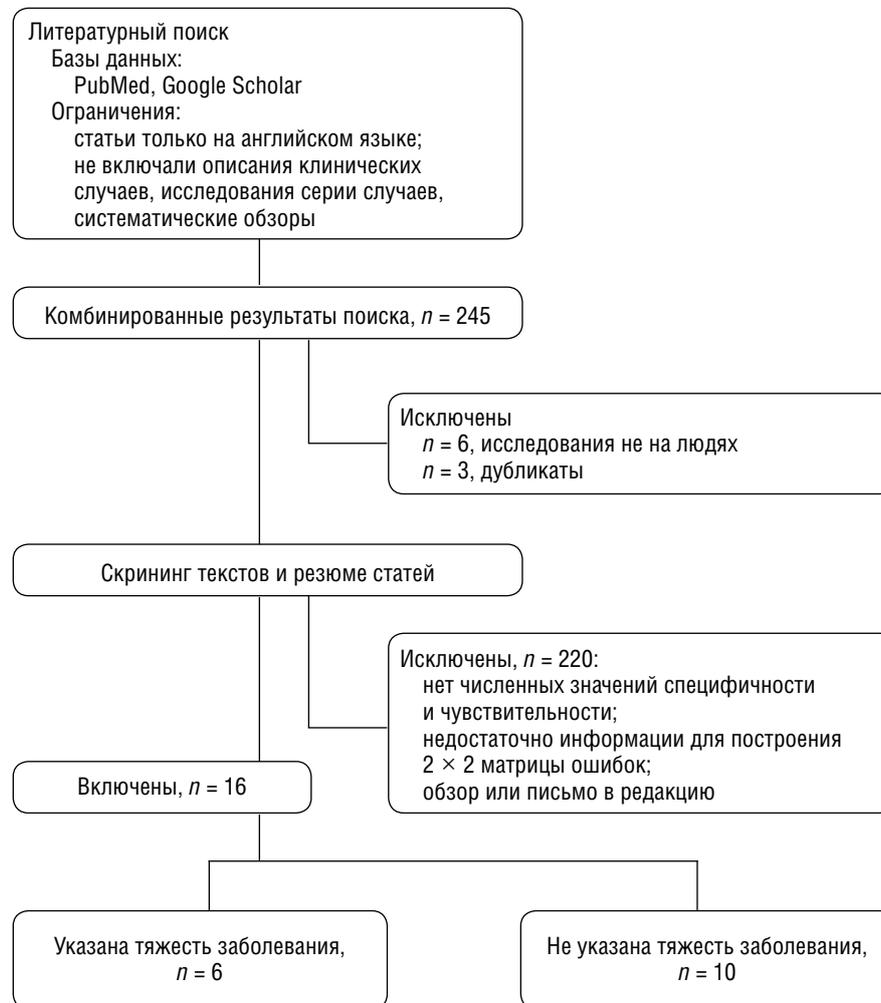


Рис. 1. Схема отбора исследований.

лизировали данные лежачих пациентов дома престарелых в возрасте  $84,1 \pm 9,8$  года [24]. Для данных пациентов наблюдали положительную корреляцию уровня смертности с незначительным (порядка 11%) поражением лёгких, причём при увеличении объёма уплотнённой лёгочной ткани риск летального исхода не возрастал.

Во всех отобранных работах средний период наблюдения пациентов составлял  $34 \pm 15$  дней, за исключением исследования N. Hatamabadi и соавт., где предоставлялись данные только по семи дням наблюдения [34]. Отобранные работы включали 1696 пациентов, из которых у 1121 был подтверждённый диагноз COVID-19. Данные работы включали 13 моноцентровых и 3 многоцентровых исследования (рис. 2). Средний или медианный возраст участников находился в промежутке от 27 до 69 лет (за исключением N. Veronese и соавт. [24]).

Все исследования содержали сведения о тестовых группах (пациенты с диагнозом COVID-19), однако только 5 работ включали контрольную группу пациентов, у которых отсутствовала коронавирусная

пневмония SARS-CoV-2 [22, 25, 26, 31, 33]. Пациенты из тестовой группы были диагностированы с помощью ОТ-ПЦР. Специфичность и чувствительность УЗИ лёгких для определения клинической вероятности COVID-19 оценивали в 7 работах с помощью ОТ-ПЦР в качестве эталонного теста [21, 22, 24–26, 31, 33]. Для оценки диагностических характеристик УЗИ в качестве метода анализа степени поражения лёгких эталонными тестами в 2 работах [28, 29] были клинические и лабораторные данные, в 7 — КТ грудной клетки [19, 20, 23, 27, 30, 32, 34].

**Риск систематической ошибки.** Основным источником ошибок являлся отбор пациентов для участия в исследовании (рис. 3). Большинство работ (9 из 16; 75%) проводили исследование на ранее диагностированных пациентах без участия контрольной группы. Однако во всех исследованиях участники соответствовали критериям протокола настоящего обзора. Специалисты, проводившие УЗИ лёгких и осуществлявшие анализ результатов, заранее знали о наличии диагноза COVID-19, что также могло являться источником систематической ошибки.



Рис. 2. География включённых в исследование работ.

*Примечание.* Изображение карты мира приобретено на ресурсе Shutterstock [35], после чего в него внесены изменения.

В 7 исследованиях были надлежащим образом представлены сведения по исследуемому и эталонному тестам [19, 21, 23, 25, 26, 31, 33]. Оценку согласованности заключений различных экспертов проводили в 3 работах [21, 25, 32]. Только 3 (19%) исследования предоставили сведения по временному интервалу между УЗИ и эталонным тестом, однако в большинстве включённых работ (87%) авторы надлежащим образом обозначили использование эталонных тестов для всех набранных пациентов.

**Системы оценки изменений в лёгких согласно данным УЗИ.** Отобранные работы использовали различные системы оценки изменений в лёгких для анализа наличия и степени тяжести заболевания. Для большинства систем (87%) общим являлось разделение области визуализации на отдельные зоны с балльной оценкой

изменений, отражающей степень поражения лёгких в каждой из них. Общее значение оценки подсчитывали как сумму отдельных показателей. В соответствии с наиболее популярной системой каждый гемиторакс разделяли на 6 зон, каждая из которых, в свою очередь, получала оценку от 0 до 3. Соответственно, общая оценка находилась в промежутке от 0 до 36 [19, 20, 23, 24, 28, 30]. В 3 исследованиях [27, 32, 33] сбор данных УЗИ лёгких проводили по результатам исследований восьми зон. При этом использовали разный подход к классификации изменений: две научные группы [27, 32] оценивали каждую зону по шкале от 0 до 3 (общая оценка 0–24), М. Favot и соавт. [33] кодировали изображения по наличию различных совместимых с COVID-19 паттернов. В 2 исследованиях грудную стенку делили на десять зон, но использовали разные шкалы оценки

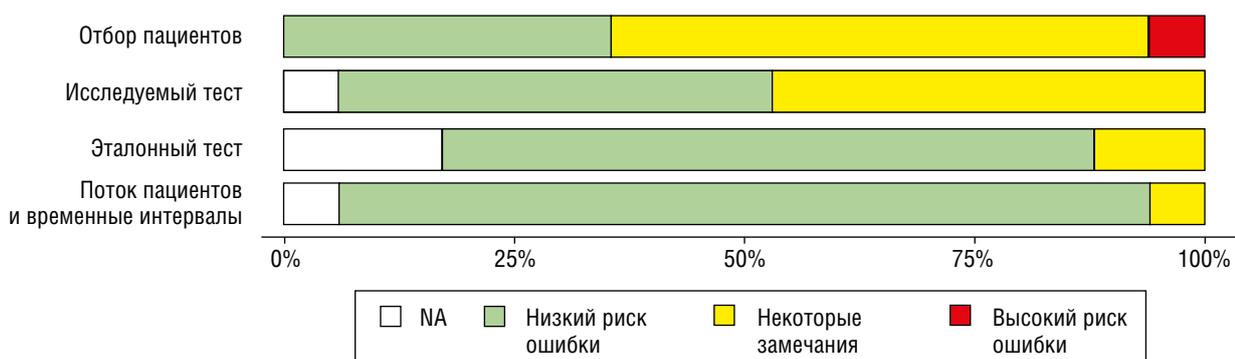
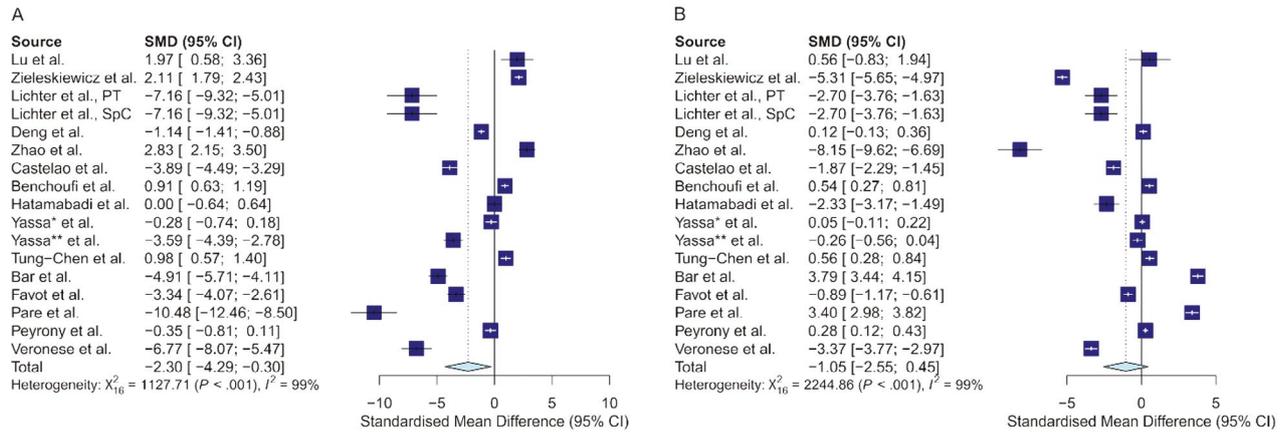


Рис. 3. Гистограмма риска систематической ошибки для 16 исследований.





**Рис. 4.** Форест-график сгруппированных данных по специфичности (А) и чувствительности (В). Символами \* и \*\* обозначены исследования М. Yassa и соавт., посвящённые согласованности заключений различных специалистов [25] и диагностической значимости ультразвукового исследования при скрининге на COVID-19 [26] соответственно. SMD — стандартизированная средняя разница; CI — доверительный интервал.

изменений в лёгких с максимальными значениями, равными 40 [29] или 10 [34]. М. Yassa и соавт. [25, 26] осуществляли сбор оценок от 0 до 3 для 14 зон (общая оценка 0–42). Наконец, две научные группы осуществляли только качественную оценку степени поражения лёгких на основе результатов УЗИ [21, 22].

**Диагностическая точность УЗИ лёгких.** Во всех 16 отобранных работах предоставляли данные о чувствительности и специфичности УЗИ для диагностики и детекции поражений лёгких при COVID-19. Значения чувствительности находились в диапазоне от 15,5 до 100%, специфичности — от 51,9 до 100%. Только в 3 работах осуществляли оценку результатов диагностики эталонных тестов [23, 27, 32]. В связи с этим для вычисления первичных и вторичных результатов настоящего исследования в качестве контрольных значений использовали данные метаанализов чувствительности и специфичности ОТ-ПЦР [36] и КТ грудной клетки [37]. Для работ, использовавших клинические и лабораторные данные в качестве эталонных методов [28, 29], эти значения принимали равными 100% (рис. 4).

Согласно результатам метаанализа, в качестве метода диагностики COVID-19 УЗИ лёгких обладает специфичностью  $81,6 \pm 13,3\%$  и чувствительностью  $79,4 \pm 21,4\%$ . Однако Q-критерий Кокрана выявил значительную гетерогенность данных:  $Q = 2244,8$ ,  $p < 0,001$  и  $Q = 1127,7$ ,  $p < 0,001$  для чувствительности и специфичности соответственно.

Наблюдаемая гетерогенность может являться признаком того, что в отобранных исследованиях оценивали диагностическое значение метода для различных целей и когорт пациентов. Для дальнейшего анализа из списка отобранных работ исключили исследование N. Veronese и соавт. [24]. Оставшиеся работы разделили на две группы: в первой группе метод УЗИ использовали для скрининга на наличие COVID-19 [19, 21–23,

25, 26, 31, 32]; работы, включённые во вторую группу, содержали сведения о наблюдениях за пациентами в критическом состоянии [19, 27, 30, 32, 33]. Работы Y. Lichter и соавт. [28] и L. Zhao и соавт. [29] не включили во вторую группу в связи с тем, что в них оценивали значение УЗИ лёгких для прогнозирования смертности и рефрактерных ситуаций соответственно. В работе Y. Lichter и соавт. [28] приводили данные о 62% чувствительности и 74% специфичности в ROC-анализе 30-дневной смертности при пороговом значении оценки изменений в лёгких 18 (максимальное значение 32). Согласно L. Zhao и соавт. [29], прогноз рефрактерных ситуаций обладал 57% чувствительностью и 89% специфичностью с пороговым значением оценки равным 32 (максимальное значение 40).

Характеристики исследуемого теста остались гетерогенными. Самое низкое значение Q-критерия Кокрана и  $I^2$  было получено для чувствительности метода УЗИ лёгких у пациентов в тяжёлом состоянии (таблица).

Следующим этапом группировали данные по чувствительности и специфичности для пациентов с различной степенью поражения лёгких. Работа Y. Lichter и соавт. [28] не позволила извлечь числовые значения для оценки необходимых характеристик, поэтому была исключена из настоящего метаанализа. Из работы L. Zieleskiewicz и соавт. [20] были получены данные по чувствительности и специфичности с максимальными значениями индекса Юдена для трёх зон на ROC-кривой в соответствии с пороговыми значениями, указанными авторами.

Показатели сохранили свою гетерогенность везде, за исключением значений специфичности для пациентов со средней степенью поражения лёгких (см. таблицу). Отметим, что для метаанализа использовали данные по пациентам со средним и низким объёмом поражения лёгочной ткани только из двух работ, ни одна из которых не включала контрольную группу.

Таблица. Эффективность ультразвукового исследования лёгких для пациентов с COVID-19

Группа	Чувствительность		Q	I <sup>2</sup> , %	Специфичность		Q	I <sup>2</sup> , %
	Среднее, %	SD, %			Среднее, %	SD, %		
Скрининг заболевания	79,6	21,6	694,2	99,0	79,5	16,1	345,0	98,0
Высокая доля поражения лёгких	87,6	12,3	158,9	97,5	80,5	7,1	379,6	98,9
Средняя доля поражения лёгких	72,8	7,1	11,24	91,1	74,3	2,7	0,26	0,0
Низкая доля поражения лёгких	80,4	16,5	59,5	98,3	66,6	27,0	33,3	97,0

## ОБСУЖДЕНИЕ

Отобранные работы применяют альтернативные системы оценки изменений в лёгких с различными пороговыми значениями этих оценок, используемыми для определения степени поражения лёгочной ткани. Данные различия делают невозможным прямое сравнение этих значений. Тем не менее вне зависимости от используемой системы оценки почти все авторы единодушны во мнении, что у пациентов с тяжёлой формой заболевания, а также с более высоким объёмом уплотнённой лёгочной ткани балльная оценка изменений в лёгких будет выше, чем у пациентов со средней и лёгкой формой. Первым исключением являлась работа N. Veronese и соавт. [24], где авторы не обнаружили значимых различий в риске смертности между пациентами из дома престарелых, чья оценка изменений при УЗИ лёгких имела значения  $\geq 4$  и  $< 4$  (максимальное значение 32). Авторы не предоставили объяснения данному наблюдению, однако мы предполагаем, что оно связано с общим состоянием здоровья пациентов в этом исследовании. Это были пожилые люди, страдающие деменцией и зачастую прикованные к постели. В качестве другого исключения выступала работа M. Benchoufi и соавт. [32], где было показано, что результативность системы оценки степени поражения лёгких при УЗИ, используемой авторами, была низкой для пациентов со значительными повреждениями лёгких, в сравнении с классификацией *норма vs патология* или *лёгкая vs умеренная или тяжёлая форма заболевания*. Возможным объяснением этому является используемая авторами система оценки, в которой благодаря суммированию баллов от зон измерения невозможно было провести границу между пациентами с одним существенным поражением либо несколькими незначительными.

В целом оценка степени поражения лёгких при УЗИ имела положительную корреляцию с аналогичной оценкой по результатам КТ у пациентов с подтверждённым диагнозом COVID-19 в тяжёлой форме. Согласно результа-

там настоящего метаанализа, для них УЗИ обладает чувствительностью 88% и специфичностью 80% (см. таблицу). Данная группа представляет собой специфическую когорту тяжёлых пациентов, для которой, тем не менее, УЗИ лёгких предпочтительно в сравнении с КТ грудной клетки в отношении рисков для здоровья и материально-технических ограничений.

Самое высокое несоответствие результатов УЗИ и КТ наблюдали у пациентов со средней степенью вовлечения паренхимы лёгкого. Для данной группы метод УЗИ являлся наименее чувствительным (73%, см. таблицу). L. Zieleskiewicz и соавт. [20] в своей работе обозначили соответствующую зону на ROC-кривой как «серую область с неубедительными значениями». Таким образом, несмотря на относительно небольшую статистическую гетерогенность, диагностическое значение УЗИ для оценки поражения лёгких средней степени тяжести является сравнительно низким.

Низкое значение оценки изменений в лёгких на УЗИ также является источником ценных сведений, позволяющих исключить развитие тяжёлой коронавирусной пневмонии. Согласно L. Zieleskiewicz и соавт. [20], применение КТ грудной клетки не потребуется, если по результатам первоначального обследования УЗИ получена оценка  $< 13$  (из 36). В работе Y. Lichter и соавт. [28] показано, что УЗИ лёгких позволяет прогнозировать положительный клинический исход при наличии симптоматики без риска утолщения плевральной линии или субплевральных консолидаций. Несмотря на относительно низкую эффективность УЗИ лёгких для оценки поражений лёгкой степени [19], эти результаты могут иметь практическое значение при сортировке пациентов с симптомами COVID-19 при их массовом поступлении.

Скрининг на COVID-19 с использованием УЗИ имеет ряд преимуществ для обследования беременных с характерной симптоматикой. В работе M. Yassa и соавт. [26] 17% беременных женщин, прошедших через обследование УЗИ, и у которых, в конечном итоге, тести-



рование ОТ-ПЦР показало положительные результаты, изначально имели отрицательный статус ОТ-ПЦР. Повторное тестирование назначали в связи с обнаруженными на УЗИ изменениями, что позволило ограничить распространение заболевания.

КТ грудной клетки превосходит УЗИ в точности дифференциальной диагностики патологических изменений в лёгких [38, 39]. УЗИ лёгких не позволяет различить причины лёгочных изменений: пневмония и фиброз могут показывать ту же эхографическую картину [11, 40]. Более того, диагностическая точность УЗИ лёгких в большой степени зависит от опыта оператора, и на результат может повлиять высокая вероятность наличия заболевания до проведения теста. Уровень согласованности заключений различных экспертов в отобранных работах при наличии соответствующих данных мог составлять всего 68%. Кроме этого, в работе Y. Tung-Chen и соавт. [23] у трёх пациентов наблюдали изменения на УЗИ лёгких, схожие с изменениями при COVID-19. Двум пациентам был позже поставлен диагноз вирусного бронхолита, при этом у третьего больного было диагностировано метастатическое поражение лёгких [23]. С другой стороны, УЗИ лёгких «у постели больного» зарекомендовало себя как эффективный способ отслеживания быстро прогрессирующего заболевания в режиме реального времени [19, 28].

Отметим, что, согласно результатам метаанализа, специфичность УЗИ лёгких оказалась значительно выше специфичности КТ грудной клетки (79 и 31% соответственно) — метода, являющегося «золотым стандартом» диагностической визуализации. Данное обстоятельство может быть связано с тем, что большинство отобранных работ осуществляли в условиях высокой вероятности наличия заболевания до проведения теста. Присутствие явных рисков систематических ошибок в отношении отбора пациентов и исследуемого теста могло оказать влияние на наблюдаемое значение специфичности (см. рис. 3).

**Ограничение исследования.** Данное исследование имеет ряд ограничений. Согласно неформальным рекомендациям, для метаанализа необходимо использовать как минимум 5 работ. Хотя финальный список исследований насчитывает 16 источников, полученные данные являются неполными. Ряд аналитических методов применяли с использованием значений с высокой гетерогенностью, полученных всего лишь из 2 работ. Значительная степень гетерогенности данных также обусловлена тем, что популяция пациентов, исследуемый тест, протоколы эталонного теста и определения клинических исходов различались в зависимости от исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2020 г. был опубликован ряд метаанализов применимости УЗИ лёгких для выявления поражения лёгочной ткани у пациентов с COVID-19. Исследователи пришли к общему мнению, что, несмотря на неспецифичность, признаки поражения лёгких на УЗИ могут быть использованы для диагностики, сортировки и последующего наблюдения пациентов с инфекцией SARS-CoV-2. К сожалению, в этих обзорах не уделяли внимания отличиям между пациентами с различным поражением лёгких и прогнозом течения заболевания. КТ грудной клетки является «золотым стандартом» для оценки степени вовлечения лёгочной ткани при COVID-19. Однако в зависимости от когорты пациентов и стадии заболевания другие диагностические методы могут оказаться более востребованными. УЗИ лёгких обладает достаточной чувствительностью и специфичностью для выявления изменений в лёгких у тяжелобольных пациентов с диагностированным COVID-19. Для данной категории пациентов, а также для беременных женщин, детей и лежачих возрастных больных УЗИ можно использовать как метод первичной ориентировочной оценки поражений лёгких и отслеживания динамики после проведённой компьютерной томографии. Для пациентов с лёгкой и средней степенью тяжести заболевания применение УЗИ в оценке объёма изменённой лёгочной ткани неоправданно, т.к. метод обладает недостаточной диагностической информативностью.

В последующих работах необходимо провести исследование причин высокой гетерогенности значений чувствительности и специфичности. Данные исследования необходимо проводить на больших рандомизированных когортах пациентов, руководствуясь систематическим протоколом, содержащим чёткие и стандартизированные определения стадий заболевания, при условии наличия контрольной группы. Другая проблема, требующая дальнейшего изучения, связана со сравнительной чувствительностью и специфичностью различных систем оценки степени тяжести заболевания.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНО

**Источник финансирования.** Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.



**Участие авторов:** Н.Н. Ветшева — написание текста, анализ и экспертная оценка исследований; Р.В. Решетников — поиск публикаций по теме, обработка полученных результатов, написание текста обзора; Д.В. Леонов — поиск публикаций по теме, обработка полученных результатов; Н.С. Кульберг — систематизация и финальное редактирование обзо-

ра; О.А. Мокиенко — определение основной направленности обзора, системное изложение проблемы.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. WHO coronavirus disease (COVID-19) dashboard [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020 [дата обращения: 16.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://covid19.who.int/>
2. Franco N. Covid-19 Belgium: Extended SEIR-QD model with nursery homes and long-term scenarios-based forecasts from school opening // medRxiv. 2020. doi: 10.1101/2020.09.07.20190108
3. Schwartz F., Lieber D. Israel to enter lockdown again as second Coronavirus wave hits // Wall Street J [Internet]. 2020 [дата обращения: 16.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://www.wsj.com/articles/israel-to-shut-down-again-as-second-coronavirus-wave-hits-11600028298>
4. Pujadas E., Chaudhry F., McBride R., et al. SARS-CoV-2 viral load predicts COVID-19 mortality // Lancet Respir Med. 2020. Vol. 8, N 9. e70. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30354-4
5. Lippi G., Plebani M., Henry B.M. Thrombocytopenia is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infections: A meta-analysis // Clin Chim Acta. 2020. Vol. 506. P. 145–148. doi: 10.1016/j.cca.2020.03.022
6. Paliogiannis P., Mangoni A.A., Dettori P., et al. D-Dimer concentrations and COVID-19 severity: a systematic review and meta-analysis // Front Public Heal. 2020. Vol. 8. P. 432.
7. Gao L., Jiang D., Wen X., et al. Prognostic value of NT-proBNP in patients with severe COVID-19 // Respir Res. 2020. Vol. 21, N 1. P. 83. doi: 10.1186/s12931-020-01352-w
8. World Health Organization Team [Internet]. Use of chest imaging in COVID-19: a rapid advice guide, 11 June 2020. Доступ по ссылке: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332336>
9. Xu B., Xing Y., Peng J., et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy // Eur Radiol. 2020. Vol. 30, N 10. P. 5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
10. Morozov S., Ledikhova N., Panina E., et al. Re: Controversy in coronaViral Imaging and Diagnostics (COVID) // Clin Radiol. 2020. Vol. 75, N 11. P. 871–872. doi: 10.1016/j.crad.2020.07.023
11. Di Serafino M., Notaro M., Rea G., et al. The lung ultrasound: facts or artifacts? In the era of COVID-19 outbreak // Radiol Med. 2020. Vol. 125, N 8. P. 738–753. doi: 10.1007/s11547-020-01236-5
12. Mohamed M.F., 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. Vol. 103, N 2. P. 815–821. doi: 10.4269/ajtmh.20-0371
13. Piscaglia F., Stefanini F., Cantisani V., et al. Benefits, open questions and challenges of the use of ultrasound in the COVID-19 pandemic era. The views of a panel of worldwide international experts // Ultraschall Med. 2020. Vol. 41, N 3. P. 228–236. doi: 10.1055/a-1149-9872
14. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration // PLoS Med. 2009. Vol. 6, N 7. e1000100. doi: 10.1371/journal.pmed.1000100
15. Whiting P.F. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies // Ann Intern Med. 2011. Vol. 155, N 8. P. 529–536. doi: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009
16. Higgins J.P., Thomas J., Chandler J., et al. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. 2nd ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2019.
17. Harrer M., Cuijpers P., Furukawa T.A., Ebert D.D. Doing meta-analysis in r: a hands-on guide [дата обращения: 10.09.2020]. Доступ по ссылке: [https://bookdown.org/MathiasHarrer/Doing\\_Meta\\_Analysis\\_in\\_R](https://bookdown.org/MathiasHarrer/Doing_Meta_Analysis_in_R)
18. R Core Team. A Language and Environment for Statistical Computing. 2020. Доступ по ссылке: <https://www.r-project.org/>
19. Lu W., Zhang S., Chen B., et al. A clinical study of noninvasive assessment of lung lesions in patients with Coronavirus Disease-19 (COVID-19) by bedside ultrasound // Ultraschall Med. 2020. Vol. 41, N 3. P. 300–307. doi: 10.1055/a-1154-8795
20. Zieleskiewicz L., Markarian T., Lopez A., et al. Comparative study of lung ultrasound and chest computed tomography scan in the assessment of severity of confirmed COVID-19 pneumonia // Intensive Care Med. 2020. Vol. 46, N 9. P. 1707–1713. doi: 10.1007/s00134-020-06186-0
21. Pare J.R., Camelo I., Mayo K.C., et al. Point-of-care lung ultrasound is more sensitive than chest radiograph for evaluation of COVID-19 // West J Emerg Med. 2020. Vol. 21, N 4. P. 771–778. doi: 10.5811/westjem.2020.5.47743
22. Peyrony O., Marbeuf-Gueye C., Truong V., et al. Accuracy of emergency department clinical findings for diagnosis of Coronavirus disease 2019 // Ann Emerg Med. 2020. Vol. 76, N 4. P. 405–412. doi: 10.1016/j.annemergmed.2020.05.022
23. Tung-Chen Y., Martí de Gracia M., Díez-Tascón A., et al. Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with Coronavirus disease 2019 (COVID-19) // Ultrasound Med Biol. 2020. Vol. 46, N 11. P. 2918–2926. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.003
24. Veronese N., Sbrogiò L.G., Valle R., et al. Prognostic value of lung ultrasound in older nursing home residents affected by COVID-19 // J Am Med Dir Assoc. 2020. Vol. 21, N 10. P. 1384–1386. doi: 10.1016/j.jamda.2020.07.034
25. Yassa M., Mutlu M.A., Birol P., et al. Lung ultrasound in pregnant women during the COVID-19 pandemic: an interobserver



- agreement study among obstetricians // *Ultrasonography*. 2020. Vol. 39, N 4. P. 340–349. doi: 10.14366/usg.20084
26. Yassa M., Yirmibes C., Cavusoglu G., et al. Outcomes of universal SARS-CoV-2 testing program in pregnant women admitted to hospital and the adjuvant role of lung ultrasound in screening: a prospective cohort study // *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2020. Vol. 33, N 22. P. 3820–3826. doi: 10.1080/14767058.2020.1798398
27. Deng Q., Zhang Y., Wang H., et al. Semiquantitative lung ultrasound scores in the evaluation and follow-up of critically ill patients with COVID-19: a single-center study // *Acad Radiol*. 2020. Vol. 27, N 10. P. 1363–1372. doi: 10.1016/j.acra.2020.07.002
28. Lichter Y., Topilsky Y., Taieb P., et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients // *Intensive Care Med*. 2020. Vol. 46, N 10. P. 1873–1883. doi: 10.1007/s00134-020-06212-1
29. Zhao L., Yu K., Zhao Q., et al. Lung ultrasound score in evaluating the severity of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pneumonia // *Ultrasound Med Biol*. 2020. Vol. 46, N 11. P. 2938–2944. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.024
30. Castela J., Graziani D., Soriano J.B., Izquierdo J.L. Findings and prognostic value of lung ultrasound in COVID-19 pneumonia // *medRxiv*. 2020. doi: 10.1101/2020.06.29.20142646
31. Bar S., Lecourtois A., Diouf M., et al. The association of lung ultrasound images with COVID-19 infection in an emergency room cohort // *Anaesthesia*. 2020. Vol. 75, N 12. P. 1620–1625. doi: 10.1111/anae.15175
32. Benchoufi M., Bokobza J., Chauvin A.A., et al. Lung injury in patients with or suspected COVID-19: a comparison between lung ultrasound and chest CT-scanner severity assessments, an observational study // *medRxiv*. 2020. doi: 10.1101/2020.04.24.20069633
33. Favot M., Malik A., Rowland J., et al. Point-of-Care lung ultrasound for detecting severe presentations of Coronavirus disease 2019 in the emergency department: a retrospective analysis // *Crit Care Explor*. 2020. Vol. 2, N 8. e0176. doi: 10.1097/CCE.0000000000000176
34. Hatamabadi H., Shojaee M., Bagheri M., Raoufi M. Lung ultrasound findings compared to chest CT scan in patients with COVID-19 associated pneumonia: a pilot study // *Adv J Emerg Med*. 2020.
35. Svajka P. Abstract world map. Grey world map. Isolated on the white background. Shutterstock [дата обращения: 16.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://www.shutterstock.com/ru/image-vector/abstract-world-map-grey-isolated-on-1041962431>
36. Böger B., Fachi M.M., Vilhena R.O., et al. Systematic review with meta-analysis of the accuracy of diagnostic tests for COVID-19 // *Am J Infect Control*. 2020. N S0196-6553(20)30693-3. doi: 10.1016/j.ajic.2020.07.011
37. Xu B., Xing Y., Peng J., et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy // *Eur Radiol*. 2020. Vol. 30, N 10. P. 5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
38. Driggin E., Madhavan M.V., Bikdeli B., et al. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic // *J Am Coll Cardiol*. 2020. Vol. 75, N 18. P. 2352–2371. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031
39. Rubin G.D., Ryerson C.J., Haramati L.B., et al. The role of chest imaging in patient management during the COVID-19 pandemic: a multinational consensus statement from the Fleischner Society // *Chest*. 2020. Vol. 158, N 1. P. 106–116. doi: 10.1016/j.chest.2020.04.003
40. Sperandio M., Quarato C.M., Rea G. Diagnosis of coronavirus disease 2019 pneumonia in pregnant women: can we rely on lung ultrasound? // *Am J Obstet Gynecol*. 2020. Vol. 223, N 4. P. 615. doi: 10.1016/j.ajog.2020.06.028

## REFERENCES

1. WHO coronavirus disease (COVID-19) dashboard. Geneva: World Health Organization; 2020 [cited 2020 Sept 16]. Available from: <https://covid19.who.int/>
2. Franco N. Covid-19 Belgium: Extended SEIR-QD model with nursery homes and long-term scenarios-based forecasts from school opening. *medRxiv*. 2020:2020.09.07.20190108. doi: 10.1101/2020.09.07.20190108
3. Schwartz F, Lieber D. Israel to enter lockdown again as second Coronavirus wave hits. *Wall Street J*. [cited 2020 Sept 16]. Available from: <https://www.wsj.com/articles/israel-to-shut-down-again-as-second-coronavirus-wave-hits-11600028298>
4. Pujadas E, Chaudhry F, McBride R, et al. SARS-CoV-2 viral load predicts COVID-19 mortality. *Lancet Respir Med*. 2020;8(9):e70. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30354-4
5. Lippi G, Plebani M, Henry BM. Thrombocytopenia is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infections: A meta-analysis. *Clin Chim Acta*. 2020;506:145–148. doi: 10.1016/j.cca.2020.03.022
6. Paliogiannis P, Mangoni AA, Dettori P, et al. D-Dimer concentrations and COVID-19 severity: a systematic review and meta-analysis. *Front Public Heal*. 2020;8:432.
7. Gao L, Jiang D, Wen X, et al. Prognostic value of NT-proBNP in patients with severe COVID-19. *Respir Res*. 2020;21(1):83. doi: 10.1186/s12931-020-01352-w
8. World Health Organization Team. Use of chest imaging in COVID-19: a rapid advice guide, 11 June 2020. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332336>
9. Xu B, Xing Y, Peng J, et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy. *Eur Radiol*. 2020;30(10):5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
10. Morozov S, Ledikhova N, Panina E, et al. Re: Controversy in coronaViral Imaging and Diagnostics (COVID). *Clin Radiol*. 2020;75(11):871–872. doi: 10.1016/j.crad.2020.07.023
11. Di Serafino M, Notaro M, Rea G, et al. The lung ultrasound: facts or artifacts? In the era of COVID-19 outbreak. *Radiol Med*. 2020;125(8):738–753. doi: 10.1007/s11547-020-01236-5
12. Mohamed MF, 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
13. Piscaglia F, Stefanini F, Cantisani V, et al. Benefits, open questions and challenges of the use of ultrasound in the



- COVID-19 pandemic era. The views of a panel of worldwide international experts. *Ultraschall Med.* 2020;41(3):228–236. doi: 10.1055/a-1149-9872
14. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000100. doi: 10.1371/journal.pmed.1000100
15. Whiting PF. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med.* 2011;155(8):529–536. doi: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009
16. Higgins JP, Thomas J, Chandler J, et al. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. 2nd ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2019.
17. Harrer M, Cuijpers P, Furukawa TA, Ebert DD. Doing meta-analysis in R: a hands-on guide [cited 2020 Sept 10]. Available from: [https://bookdown.org/MathiasHarrer/Doing\\_Meta\\_Analysis\\_in\\_R](https://bookdown.org/MathiasHarrer/Doing_Meta_Analysis_in_R)
18. R Core Team. A Language and Environment for Statistical Computing. 2020. Available from: <https://www.r-project.org/>
19. Lu W, Zhang S, Chen B, et al. A clinical study of noninvasive assessment of lung lesions in patients with Coronavirus Disease-19 (COVID-19) by bedside ultrasound. *Ultraschall Med.* 2020;41(3):300–307. doi: 10.1055/a-1154-8795
20. Zieleskiewicz L, Markarian T, Lopez A, et al. Comparative study of lung ultrasound and chest computed tomography scan in the assessment of severity of confirmed COVID-19 pneumonia. *Intensive Care Med.* 2020;46(9):1707–1713. doi: 10.1007/s00134-020-06186-0
21. Pare JR, Camelo I, Mayo KC, et al. Point-of-care lung ultrasound is more sensitive than chest radiograph for evaluation of COVID-19. *West J Emerg Med.* 2020;21(4):771–778. doi: 10.5811/westjem.2020.5.47743
22. Peyrony O, Marbeuf-Gueye C, Truong V, et al. Accuracy of emergency department clinical findings for diagnosis of Coronavirus disease 2019. *Ann Emerg Med.* 2020;76(4):405–412. doi: 10.1016/j.annemergmed.2020.05.022
23. Tung-Chen Y, Martí de Gracia M, Díez-Tascón A, et al. Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with Coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(11):2918–2926. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.003
24. Veronese N, Sbrogiò LG, Valle R, et al. Prognostic value of lung ultrasound in older nursing home residents affected by COVID-19. *J Am Med Dir Assoc.* 2020;21(10):1384–1386. doi: 10.1016/j.jamda.2020.07.034
25. Yassa M, Mutlu MA, Birol P, et al. Lung ultrasound in pregnant women during the COVID-19 pandemic: an interobserver agreement study among obstetricians. *Ultrasonography.* 2020;39(4):340–349. doi: 10.14366/usg.20084
26. Yassa M, Yirmibes C, Cavusoglu G, et al. Outcomes of universal SARS-CoV-2 testing program in pregnant women admitted to hospital and the adjuvant role of lung ultrasound in screening: a prospective cohort study. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2020;33(22):3820–3826. doi: 10.1080/14767058.2020.1798398
27. Deng Q, Zhang Y, Wang H, et al. Semiquantitative lung ultrasound scores in the evaluation and follow-up of critically ill patients with COVID-19: a single-center study. *Acad Radiol.* 2020;27(10):1363–1372. doi: 10.1016/j.acra.2020.07.002
28. Lichter Y, Topilsky Y, Taieb P, et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients. *Intensive Care Med.* 2020;46(10):1873–1883. doi: 10.1007/s00134-020-06212-1
29. Zhao L, Yu K, Zhao Q, et al. Lung ultrasound score in evaluating the severity of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pneumonia. *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(11):2938–2944. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.024
30. Castelao J, Graziani D, Soriano JB, Izquierdo JL. Findings and prognostic value of lung ultrasound in COVID-19 pneumonia. *medRxiv.* 2020. doi: 10.1101/2020.06.29.20142646
31. Bar S, Lecourtois A, Diouf M, et al. The association of lung ultrasound images with COVID-19 infection in an emergency room cohort. *Anaesthesia.* 2020;75(12):1620–1625. doi: 10.1111/anae.15175
32. Benchoufi M, Bokobza J, Chauvin AA, et al. Lung injury in patients with or suspected COVID-19: a comparison between lung ultrasound and chest CT-scanner severity assessments, an observational study. *medRxiv.* 2020. doi: 10.1101/2020.04.24.20069633
33. Favot M, Malik A, Rowland J, et al. Point-of-Care lung ultrasound for detecting severe presentations of Coronavirus disease 2019 in the emergency department: a retrospective analysis. *Crit Care Explor.* 2020;2(8):e0176. doi: 10.1097/CCE.0000000000000176
34. Hatamabadi H, Shojaee M, Bagheri M, Raoufi M. Lung ultrasound findings compared to chest CT scan in patients with COVID-19 associated pneumonia: a pilot study. *Adv J Emerg Med.* 2020.
35. Svajka P. Abstract world map. Grey world map. Isolated on the white background. Shutterstock [cited 2020 Sept 16]. Available from: <https://www.shutterstock.com/ru/image-vector/abstract-world-map-grey-isolated-on-1041962431>
36. Böger B, Fachi MM, Vilhena RO, et al. Systematic review with meta-analysis of the accuracy of diagnostic tests for COVID-19. *Am J Infect Control.* 2020;S0196-6553(20)30693-3. doi: 10.1016/j.ajic.2020.07.011
37. Xu B, Xing Y, Peng J, et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy. *Eur Radiol.* 2020;30(10):5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
38. Driggin E, Madhavan MV, Bikdeli B, et al. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75(18):2352–2371. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031
39. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, et al. The role of chest imaging in patient management during the COVID-19 pandemic: a multinational consensus statement from the Fleischner Society. *Chest.* 2020;158(1):106–116. doi: 10.1016/j.chest.2020.04.003
40. Sperandeo M, Quarato CM, Rea G. Diagnosis of coronavirus disease 2019 pneumonia in pregnant women: can we rely on lung ultrasound? *Am J Obstet Gynecol.* 2020;223(4):615. doi: 10.1016/j.ajog.2020.06.028



## ОБ АВТОРАХ

**\*Ветшева Наталья Николаевна**, д.м.н.;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9432>,  
eLibrary SPIN: 9201-6146, e-mail: [vetsheva@npcmr.ru](mailto:vetsheva@npcmr.ru)

**Решетников Роман Владимирович**, к.ф.-м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>,  
eLibrary SPIN: 8592-0558, e-mail: [reshetnikov@fbb.msu.ru](mailto:reshetnikov@fbb.msu.ru)

**Леонов Денис Владимирович**, к.ф.-м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0916-6552>,  
eLibrary SPIN: 5510-4075, e-mail: [d.leonov@npcmr.ru](mailto:d.leonov@npcmr.ru)

**Кульберг Николай Сергеевич**, к.ф.-м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7046-7157>,  
eLibrary SPIN: 2135-9543, e-mail: [kulberg@npcmr.ru](mailto:kulberg@npcmr.ru)

**Мокиенко Олеся Александровна**, к.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7826-5135>,  
eLibrary SPIN: 8088-9921, e-mail: [o.mokienko@npcmr.ru](mailto:o.mokienko@npcmr.ru)

## AUTHORS INFO

**\*Natalia N. Vetsheva**, MD, PhD;

address: Petrovka str., 24, 127051, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9432>,  
eLibrary SPIN: 9201-6146, e-mail: [vetsheva@npcmr.ru](mailto:vetsheva@npcmr.ru)

**Roman V. Reshetnikov**, PhD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>,  
eLibrary SPIN: 8592-0558, e-mail: [reshetnikov@fbb.msu.ru](mailto:reshetnikov@fbb.msu.ru)

**Denis V. Leonov**, PhD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0916-6552>,  
eLibrary SPIN: 5510-4075, e-mail: [d.leonov@npcmr.ru](mailto:d.leonov@npcmr.ru)

**Nikolas S. Kulberg**, PhD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7046-7157>,  
eLibrary SPIN: 2135-9543, e-mail: [kulberg@npcmr.ru](mailto:kulberg@npcmr.ru)

**Olesya A. Mokienko**, MD, PhD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7826-5135>,  
eLibrary SPIN: 8088-9921, e-mail: [o.mokienko@npcmr.ru](mailto:o.mokienko@npcmr.ru)

