

УДК 616.9-02:578.834.1

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-2-16-24>

РОЛЬ «ПРИКРОВАТНОГО УЛЬТРАЗВУКА» ПРИ МЕДИЦИНСКОЙ СОРТИРОВКЕ ПАЦИЕНТОВ С НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

¹М. А. Черкашин[✉]*, ²И. С. Щепарев[✉], ³Н. С. Березин[✉], ¹Н. А. Березина[✉], ¹А. А. Николаев[✉]

¹Лечебно-диагностический центр Международного института биологических систем имени Сергея Березина, Санкт-Петербург, Россия

²Национальный медико-хирургический центр имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия

³Международный институт биологических систем, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ: В условиях первичной сортировки пациентов с новой коронавирусной инфекцией, ключевое значение приобрели различные методы медицинской визуализации, в том числе и «прикроватный ультразвук».

ЦЕЛЬ: Целью данной работы является обзор опубликованных за период пандемии данных по оценке роли разных методов ультразвуковой диагностики при медицинской сортировке пациентов с COVID-19.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: Авторами был выполнен систематический поиск литературы на русском и английском языках за период до 10 марта 2022 года с использованием различных баз данных и репозиторий (Embase, Medline/PubMed, Researchgate, medrxiv.org, РИНЦ/elibrary). Поиск осуществлялся по ключевым словам «COVID-19», «coronavirus», «коронавирус», «SARS-CoV-2», «2019nCoV», «lung ultrasound», «POCUS», «point of care ultrasound», «прикроватный ультразвук», «ультразвуковое сканирование легких», «triage», «сортировка».

РЕЗУЛЬТАТЫ: В окончательный анализ было включено 42 публикации, посвященные разным аспектам применения прикроватного ультразвука в ходе пандемии. Значительный интерес представляют технические особенности выполнения исследований, применяемые в различных странах классификации и алгоритмы медицинской сортировки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Широкое внедрение технологии «прикроватного ультразвука» на догоспитальном этапе, в приемном отделении и подразделениях интенсивной терапии значительно облегчает принятие клинических решений, в том числе в рамках первичной оценки тяжести состояния пациентов с пневмонией, вызванной SARS-CoV-2.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: новая коронавирусная инфекция, COVID-19, медицинская сортировка, ультразвуковое сканирование легких

*Для корреспонденции: Черкашин Михаил Александрович, mc@ldc.ru

Для цитирования: Черкашин М.А., Щепарев И.С., Березин Н.С., Березина Н.А., Николаев А.А. Роль «прикроватного ультразвука» при медицинской сортировке пациентов с новой коронавирусной инфекцией: обзор литературы // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 2. С. 16–24. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-2-16-24>

THE ROLE OF «POINT OF CARE ULTRASOUND» IN MEDICAL TRIAGE OF COVID-19 PATIENTS: A SYSTEMATIC REVIEW

¹Mikhail A. Cherkashin[✉]*, ²Ivan S. Shcheparev[✉], ³Nikita S. Berezin[✉], ¹Natalya A. Berezina[✉],
¹Aleksey A. Nikolaev[✉]

¹Treatment and Diagnostic Center of the International Institute of Biological Systems named after Sergey Berezin, St. Petersburg, Russia

²National Pirogov Medical and Surgical Center, Moscow, Russia

³International Institute of Biological Systems, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION: In the conditions of primary triage of patients with the new coronavirus infection, various medical imaging methods, including «point of care ultrasound», have become key.

OBJECTIVE: The aim of this paper is to review data published during the pandemic on the assessment of the role of various ultrasound diagnostic methods in medical triage of patients with COVID-19.

© Авторы, 2022. Издательство ООО «Балтийский медицинский образовательный центр». Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

MATERIALS AND METHODS: The authors performed a systematic literature search in Russian and English for the period up to March 10, 2022 using various databases and repositories (Embase, Medline/PubMed, Researchgate, medrxiv.org, RSCI/elibrary). The search was carried out on the keywords «COVID-19», «coronavirus», «коронавирус», «SARS-CoV-2», «2019nCoV», «lung ultrasound», «POCUS», «point of care ultrasound», «прикроватный ультразвук», «ультразвуковое сканирование легких», «triage», «сортировка».

RESULTS: The final analysis included 42 publications on different aspects of the use of point of care ultrasound during the pandemic. Of considerable interest are the technical features of the research, classifications and triage algorithms used in different countries.

CONCLUSION: The widespread introduction of «point of care ultrasound» technology in the prehospital, emergency department and intensive care units greatly facilitates clinical decision making, including in the initial assessment of the severity of the condition of patients with pneumonia caused by SARS-CoV-2.

KEYWORDS: new coronavirus infection, COVID-19, medical triage, lung ultrasound

*For correspondence: Mikhail A. Cherkashin, mc@ldc.ru.

For citation: Cherkashin M.A., Shcheparev I.S., Berezin N.S., Berezina N.A., Nikolaev A.A. The role of «point of care ultrasound» in medical triage of COVID-19 patients: a systematic review // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 16–24. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-2-16-24>

Введение. С конца 2019 г. системы здравоохранения всех стран мира столкнулись с пандемией новой коронавирусной инфекции [1, 2]. Международным комитетом по таксономии вирусов возбудителю было присвоено наименование SARS-CoV-2 [3]. Соответственно заболевание, вызываемое SARS-CoV-2, получило название COVID-19 («Coronavirus disease 2019») [1].

Массовые обращения пациентов с теми или иными респираторными симптомами создали значительную нагрузку как на первичное звено, так и на приемные отделения больниц, что нередко приводило к значительным задержкам в оценке каждого случая, требующего госпитализации, дефициту коечного фонда и увеличению смертности среди тяжелых пациентов [4–7]. Исходя из сложившейся ситуации, уже весной 2020 г. для категоризации срочности и приоритетности оказания помощи, начиная с догоспитального этапа активно начали внедряться принципы медицинской сортировки (triage) [7, 8].

В условиях низкой (в первую фазу пандемии) доступности лабораторных методов, преимущественного поражения системы органов дыхания, особенностей маршрутизации данной категории пациентов, ограничений в отношении физикального осмотра (невозможность полноценной аускультации, перкуссии и пальпации из-за необходимости обеспечивать инфекционный контроль), ведущую роль в первичной оценке и поддержке принятия клинических решений стали играть различные методы лучевой диагностики [1, 4, 7, 9, 10]. Для первичного выявления и динамической оценки вирусной пневмонии, в зависимости от оснащенности учреждений и особенностей локальных протоколов, в реальной практике использовались и продолжают применяться по сей день и классические рентгенография или рентгеноскопия органов грудной клетки и различные варианты компьютерной томографии

(обычная мультиспиральная или низкодозовая), и практически все варианты как ультразвукового сканирования легких, так и «прикроватного ультразвука» (point of care ultrasound — POCUS) [7–15].

Целью данной работы является обзор опубликованных за период пандемии данных по оценке роли разных методов ультразвуковой диагностики в условиях медицинской сортировки пациентов с новой коронавирусной инфекцией.

Материалы и методы. В ходе подготовки обзора был выполнен поиск литературы на русском и английском языках за период до 15 апреля 2022 г. с использованием различных баз данных (Embase, Medline/PubMed, Researchgate, medrxiv.org, РИНЦ/elibrary). Поиск осуществлялся по ключевым словам «COVID-19», «coronavirus», «коронавирус», «SARS-CoV-2», «2019nCoV», «lung ultrasound», «POCUS», «ультразвук легких», «прикроватный ультразвук», «point of care ultrasound», «triage», «сортировка». С учетом большой актуальности темы, в анализ включались в том числе доступные препринты, статьи со статусом «в печати», абстракты научных конференций и клинические случаи. Каждая из 132 найденных публикаций оценивалась минимум двумя членами авторского коллектива по пятибалльной шкале от 1 до 5 (методология, использование минимум одного метода лучевой диагностики, количество пациентов, результаты, клиническая значимость). Каждый случай исключения публикации из анализа требовал комментариев от рецензента. В случае разногласий решение принималось голосованием всего авторского коллектива. Финально было включено 42 публикации. Методология отбора статей для анализа представлена на рис. 1.

«Прикроватный ультразвук» в неотложной диагностике заболеваний органов дыхания. В последнее десятилетие сформировалось довольно четкое представление о том, что POCUS, во всех его

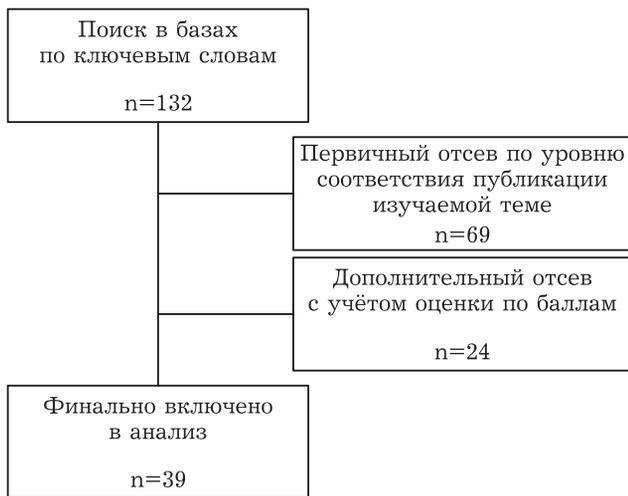


Рис. 1. Методология отбора публикаций для включения в анализ

Fig. 1. Methodology for selecting publications for inclusion in the analysis

проявлениях, является необходимым, доступным, воспроизводимым диагностическим инструментом практически в любом разделе медицины неотложных состояний [14].

Появление портативных ультразвуковых аппаратов, позволяющих выполнять исследование в машине скорой помощи, приемном отделении, у койки больного, произвело настоящую революцию, поэтому с первых дней пандемии прикроватный ультразвук получил широкое распространение от амбулаторного этапа до отделений интенсивной терапии [12, 16, 17]. В отличие от лучевых методов (рентгенография, КТ), ультразвуковое сканирование позволяет провести оценку достаточно быстро (так, выполнение протокола BLUE опытным оператором

выраженной дыхательной недостаточности и гипоксемии, в ситуациях, когда транспортировка в рентгеновский кабинет представляет организационные трудности, POCUS позволяет быстро оценить наличие пневмонии, пневмоторакса или плеврального выпота, очагов консолидации, перегрузки правых отделов сердца и т.д. [12, 20].

Вместе с тем важно понимать, что ультразвуковая картина консолидации легочной ткани может возникнуть вследствие следующих основных причин:

- воспалительная экссудация при пневмонии;
- обтурационный ателектаз доли при полной обтурации долевого бронха опухолью;
- компрессионный ателектаз при сдавлении массивным плевральным выпотом;
- функциональный ателектаз при невозможности полноценных дыхательных движений;
- инфаркт легкого при тромбоэмболии мелких ветвей легочной артерии;
- очаговые субплевральные фиброз и др. [4, 21, 22].

Ряд авторов отмечают, что роль УЗИ возрастает, если проведение пациентам радиологических методов исследования (КТ, рентгенография) нежелательно — например, у беременных [4, 15, 23]. Новорожденным и детям младшего возраста с подозрением на коронавирусную пневмонию УЗИ легких рекомендовано выполнять в первую очередь [1].

Области применения прикроватного ультразвука у пациентов с острой патологией органов дыхания представлены в таблице.

Как правило, для получения адекватной информации бывает достаточно использования стандартных универсальных протоколов BLUE, FAST, Extended FAST и RUSH [14].

Таблица

Сферы применения POCUS при неотложных состояниях у пациентов с патологией органов дыхания (адаптировано из Н. Kalagara) [14]

Table

Fields of application of POCUS in emergency conditions in patients with pathology of the respiratory organs (adapted from Н. Kalagara) [14]

Зона исследования	Анатомические структуры	Состояния и практическая ценность
Дыхательные пути	Перстнещитовидная связка; трахея	Коникотомия; эндотрахеальная интубация; смещение трахеи/средостения; выявление инородных тел
Легкие	Плевра; легкие; диафрагма	Пневмоторакс; гидро/гемоторакс; пневмония/интерстициальное поражение; отек легких; острый респираторный дистресс-синдром
Сердце	Камеры сердца и клапаны; перикард; аорта, полые вены, легочный ствол	Ишемия миокарда; застойная сердечная недостаточность; нарушения функции клапанов сердца; перегрузка правых отделов; уровень стояния и оценка функции центральных катетеров и устройств постоянного венозного доступа; тромбоз и тромбоэмболия; аневризмы и расслоение аорты
Желудок	Привратник	Объем желудка и наличие содержимого (оценка риска аспирации)
Сосуды	Вены; артерии	Навигация при катетеризации; оценка волемического статуса; канюляция для инвазивного мониторинга; оценка наличия тромбоза

составляет менее 3 минут), отсутствует воздействие ионизирующего излучения, исследование может быть повторено неоднократно в любой момент [12, 18, 19]. У пациентов в тяжелом состоянии, при

Таким образом, при первичной оценке пациента с дыхательной недостаточностью, ультразвуковое исследование позволяет провести быструю дифференциальную диагностику (поскольку тяжесть состояния

пациента может быть обусловлена неинфекционными причинами, требующими других подходов) и сконцентрироваться на ведущей причине [11, 16, 24].

Ультразвуковое сканирование легких для выявления и оценки вирусной пневмонии. Ультразвуковое сканирование легких (УСЛ) довольно широко используется для быстрой оценки состояния и триажа у пациентов с дыхательной недостаточностью [25]. Основным методом УЗИ-диагностики пневмонии является BLUE-протокол. В названии представлен акроним от следующих слов: В — bedside, L — lung, U — ultrasound, E — emergency [26].

Еще в 2009 г., в период пандемии гриппа H1N1 метод применялся для дифференциальной диагностики вирусной и бактериальной пневмонии [27]. Вместе с тем важно отметить, что ультразвуковое исследование, по мнению некоторых авторов, не может дать четкий ответ на вопрос: имеется у пациента вирусная пневмония, бактериальная либо отек легких, поскольку ведущий диагностический паттерн — это визуализация так называемых В-линий, которые присутствуют при всех вышеуказанных состояниях, поэтому клиническую, лабораторную и инструментальную картину необходимо оценивать в совокупности [12].

Первое известное применение УСЛ для оценки степени поражения легких у пациента с новой коронавирусной инфекцией было опубликовано в 2020 г. группой врачей из университетской клиники Gemelli (Рим, Италия). Авторы сделали вывод, что метод можно использовать в качестве первичного скрининга в условиях приемного отделения, так как он позволяет разделить пациентов на группу низкого риска (без ультразвуковых изменений, могут при необходимости ожидать следующего уровня лучевой диагностики) и высокого риска (с выявленными патологическими изменениями, требуют обследования следующего уровня и решения вопроса о начале терапии) [16]. Отдельно было отмечено, что несложность выполнения ультразвукового сканирования и доступность портативных аппаратов позволяет применять его на амбулаторном этапе в рамках пре-триажа для решения вопроса и направлении пациента в приемное отделение больницы.

Технические особенности сканирования легких и ультразвуковые классификации при подозрении на пневмонию, вызванную SARS-CoV-2. Как правило, используются предустановки абдоминального исследования, максимальная глубина 18 см, фокусировка на плевральной линии. Усиление регулируется для получения наилучшего изображения плевры, вертикальных артефактов и субплевральных консолидации с воздушными бронхограммами или без них. Все гармоники и программное обеспечение для снижения артефактов отключаются [15]. Д. О. Старостин и А. Н. Кузовлев (2020) уточняют, что для первичного сканирования легких предпочтительнее использовать конвексный датчик с низкой частотой (3,5–5,0 МГц).

Высокочастотные линейные датчики (более 7,5 МГц) также применяются, но как дополнительный этап, чтобы оценить мелкие структуры в области плевральной линии [10].

Дискутабельным остается вопрос о необходимом количестве зон сканирования. По мнению ряда авторов, для быстрого исследования легких вполне подходит стандартный BLUE-протокол в шести точках [10]. В случае, когда есть время более детально изучить исследуемые зоны, с переключением на линейный датчик, 12-зонный протокол показывает объем вовлеченности легочной ткани в патологический процесс [10, 28]. Д. О. Старостин и А. Н. Кузовлев (2020) детально описали 14-зонный протокол, который в настоящее время считается одним из наиболее практичных с точки зрения скорости его выполнения и отвечает на многие вопросы в условиях сортировки и определения дальнейшей маршрутизации пациентов [10]. Итальянские же коллеги в ряде работ отметили, что «идеальным представляется использование 16 зон»: передние подключичные (апикальная, медиальная и базальная) справа и слева; задние окологривные (апикальная, медиальная и базальная) справа и слева; латеральные подмышечные (апикальная и медиальная) справа и слева [29]. Наконец, Р. Е. Лахиным и соавт. (2021) также был предложен анатомический принцип формирования полей сканирования, условно соответствующих сегментам легких, с выделением 8 зон на правой и левой половинах грудной клетки — итого 16 зон [15]. В целом же количество зон, которые необходимо исследовать, не является догмой, самое главное — оценить максимальное количество поверхности легких, поскольку при COVID-19 интерстициальные изменения являются мультифокальными [30].

Основные ультразвуковые находки, характерные для вирусной пневмонии, вызванной SARS-CoV-2, представлены ниже.

Основные ультразвуковые находки при пневмонии COVID-19 (адаптировано из О. У. Antúnez-Montes, 2022) [31]

- Субплеврально расположенные участки консолидации, нередко множественные.
- Двусторонние альвеолярно-интерстициальные паттерны.
- Нерегулярность или полное прерывание плевральной линии.
- Фокальные, мультифокальные и сливные паттерны В-линий.
- Снижение количества В-линий (вертикальных артефактов) и появление А-линий в фазу разрешения.
- Снижение интенсивности или отсутствие доплеровского сигнала над участками консолидации легочной ткани.
- Плевральный выпот встречается редко.

Вопрос стандартизации описания ультразвуковой картины до сих пор нельзя считать полностью решенным, так как интерпретация результатов остается

субъективной, а на практике используется множество различных классификаций.

Исследовательская группа COVID-LUS опубликовала свой опыт использования ультразвукового сканирования легких в отделении интенсивной терапии. Уже с 15 марта 2020 г. авторы применяли ультразвуковое сканирование легких для мониторинга эволюции пневмонии, пользуясь для оценки стандартной классификацией LUSS (Lung UltraSound Score) [32].

G. Soldati и соавт. (2020) предложили собственную модификацию классификации на основе LUS score [33]. Исследование выполняется в 14 сегментах. Для каждого высчитывается количество баллов:

— 0 баллов: плевральная линия прослеживается четко, без разрывов. Определяются горизонтальные артефакты (А-линии).

— 1 балл: плевральная линия утолщена, в зонах утолщения определяются вертикальные белые зоны.

— 2 балла: плевральная линия с разрывами, под которыми визуализируются темные участки консолидации различных размеров, тесно связанные с участками «белого легкого». Наличие зон затемнения обусловлено потерей воздушности легочной ткани, феномен «белого легкого» возникает вследствие повышенной воздушности.

— 3 балла: крупные участки «белого легкого» с наличием (или без) очагов консолидации [33].

В дальнейшем данная классификация неоднократно модифицировалась и сопоставлялась с результатами КТ.

Например, L. Zieleskiewicz и соавт. (2020), используя балльную оценку, выделили критерии исключения коронавирусной пневмонии (<13 баллов), так называемую «серую зону» (13–23 балла), когда наличие клинически значимой пневмонии нельзя исключить и, наконец, тяжелое поражение (>23 баллов). По мнению авторов, применение в диагностическом алгоритме КТ грудной клетки не требуется, если по результатам первичного ультразвукового сканирования получена оценка <13 баллов из 36 [34].

Похожую трехбалльную шкалу активно используют польские и испанские авторы [35, 36].

— 0 баллов (А-паттерн): А-линии с нормальной подвижностью легкого, без утолщения и разрывов плевральной линии.

— 1 балл (В7-паттерн): визуализируется более трех В-линий, расположенных на расстоянии 7 мм друг от друга.

— 2 балла (В3-паттерн): более трех нерегулярных или размытых В-линий, расположенных на расстоянии 3 мм друг от друга.

— 3 балла (С-паттерн): участки субплевральной консолидации.

Максимальная сумма — до 36 баллов [36].

Довольно любопытным феноменом является эволюция взглядов одних и тех же авторов на балльную оценку ультразвуковой картины. В 2020 г. Q. Deng и соавт. предложили оценивать 8 зон — по 2 перед-

ние и 2 латеральные с каждой стороны [37]. Для каждой зоны выполнялся подсчет баллов LUS:

— 0 баллов: нормальный легочный паттерн.

— 1 балл: наличие трех и более участков с В-линиями.

— 2 балла: заполненность В-линиями более 50% зоны сканирования с наличием (или без) участков консолидации, расположенных субплеврально.

— 3 балла: сливные В-линии (до 100% площади поля сканирования) или выраженная консолидация.

Максимальная сумма баллов составила 24 [37].

Однако спустя всего год, в 2021 г., та же исследовательская группа описала свой опыт использования УЗИ легких у беременных с увеличенным количеством зон сканирования [38]. Исследования выполнялись в положении на спине, грудная клетка разделялась на 12 зон — по 2 передние, две латеральные и 2 задние справа и слева. Таким образом, максимальная сумма баллов могла составлять 36 [38].

Наконец, J. Garcia-Rubio и соавт. (2021) на основе полученных в ходе клинического исследования данных предложили к внедрению в клиническую практику ультразвуковую классификацию, которая, по мнению авторов, выявляет тяжесть поражения легких, позволяет оценить потребность пациента в переводе в ОРИТ и механической ИВЛ, то есть является прогностическим инструментом [19]. Фактически это аналогичная по методологии LUSS балльная система — визуально оценивается (от 0 до 4 баллов) степень поражения 12 зон (2 передних, 2 задних и 2 латеральных для каждого легкого). Классификация была названа авторами LUZ (Lung Ultrasound Zaragoza Score).

Подсчет баллов соответствует следующим ультразвуковым симптомам:

— 0 баллов: А-линии с обычной визуализацией плевры.

— 1 балл: преобладание А-линий при небольшом количестве В-линий.

— 2 балла: исчезновение А-линий, множественные В-линии, изменяющие зоны нормальной паренхимы в сочетании с утолщением плевральной линии.

— 3 балла: сливающиеся В-линии (феномен водопада).

— 4 балла: нечеткая плевральная линия в сочетании с очагами субплевральной консолидации (глубиной 1–1,5 см).

По мнению J. Garcia-Rubio, значение 22 и более баллов по шкале LUZ является предиктором перевода пациента на механическую вентиляцию легких [19].

Исходя из такого разнообразия классификаций, с практической точки зрения представляется крайне полезным всегда указывать, какая из них была использована у данного конкретного пациента.

Сравнение с другими методами медицинской визуализации. На сегодняшний день опубликовано значительное количество работ, посвященных сравнительным клиническим исследованиям ультра-

звука и КТ, в которых было показано, что данные методы примерно схожи по чувствительности и специфичности применительно к первичной диагностике пневмонии, вызванной SARS-CoV-2 [39].

Первые подобные публикации появились еще в 2020 г., так, L. Wuzhu и соавт. в слепом рандомизированном исследовании сравнили результаты УЗИ и КТ у пациентов с пневмонией COVID-19 [40]. По данным ультразвукового сканирования легких выявлялись такие признаки, как интерстициальный отек (90% случаев) и очаги консолидации (20% случаев). В основном участки поражения легких локализовались в субплевральной и периферической зонах. В целом, согласно результатам исследования, чувствительность УЗ-диагностики при среднетяжелом и тяжелом течении пневмонии составила от 68,8% до 100,0%, специфичность от 85,7% до 92,9%, диагностическая точность от 76,7% до 93,3% соответственно. Таким образом, был сделан вывод, что у пациентов с выраженным поражением легких ультразвуковое сканирование характеризуется высокой диагностической ценностью [40].

В декабре 2020 г. турецкими авторами были опубликованы результаты проспективного когортного исследования по оценке применимости УСЛ в сравнении с КТ в рамках триажа в приемном отделении госпиталя Измира [41]. Были проанализированы результаты КТ органов грудной клетки и ультразвукового сканирования 72 пациентов, в итоге оказалось, что чувствительность и специфичность ультразвука составили 96,9 и 92,3% соответственно [41].

В целом, Soldati и соавт. (2020) выделили основные точки приложения POCUS в условиях текущей пандемии [33].

— Триаж (пневмония/нет пневмонии) у пациентов в домашних условиях и на догоспитальном этапе.

— Диагностическая настороженность в приемном отделении.

— Прогнозирование исходов и мониторинг пациентов с пневмонией с помощью оценки эволюции специфических паттернов визуализации.

— Динамическая оценка пациентов в отделении интенсивной терапии и поддержка принятия решения о переводе на искусственную вентиляцию.

— Мониторинг эффективности лечения.

— Снижение риска заражения медицинского персонала (визуализацию выполняет один специалист непосредственно у постели больного).

Помимо этого, Европейское общество радиологов (2021) сформулировало ряд ключевых моментов относительно использования ультразвукового сканирования легких [30]:

— Мультиспиральная компьютерная томография органов грудной клетки остается золотым стандартом визуализации.

— Ультразвуковое сканирование легких позволяет выявить типичные паттерны, характерные для интерстициальной пневмонии.

— Типичные для COVID-19 изменения, в основном, локализуются в периферической зоне, что делает их доступными для УЗИ.

— Ультрасонография легких способна внести значительный вклад в быструю оценку состояния пациента, поскольку позволяет оценить состояние легких и плевральной полости непосредственно у постели больного.

— Ультразвуковое сканирование легких в опытных руках при оценке пневмонии и острого респираторного дистресс-синдрома взрослых способно дать результаты, сравнимые с мультиспиральной компьютерной томографией.

Алгоритмы медицинской сортировки с учетом ультразвуковых данных. Основываясь на особенностях POCUS C. Piliago и соавт. (2020) предложили алгоритм догоспитальной сортировки, базирующийся на клинической оценке дыхательной недостаточности (ДН), измерении сатурации и результатах ультразвукового сканирования [17]. После быстрого обследования, пациентов предлагается разделять на четыре группы:

— направляемые на самоизоляцию в домашних условиях (нет симптомов ДН, $SpO_2 \geq 93\%$, нет патологических ультразвуковых находок — А-линии);

— направляемые на самоизоляцию в домашних условиях с последующим активным наблюдением (нет симптомов ДН, $SpO_2 \geq 93\%$, есть патологические ультразвуковые находки — В-линии);

— направляемые домой для кислородотерапии на дому под динамическим наблюдением, либо госпитализируемые, если входят в группы риска (есть симптомы ДН, $SpO_2 < 93\%$, нет патологических ультразвуковых находок);

— госпитализируемые (есть симптомы ДН, $SpO_2 < 93\%$, есть патологические ультразвуковые находки — В линии) [17].

Группой польских авторов в 2021 году был предложен оригинальный алгоритм триажа [35]. Протокол изначально был разработан для больных, поступающих в приемное отделение с неинфекционным диагнозом (травма, острый коронарный синдром, острое нарушение мозгового кровообращения и т.д.). Каждому пациенту с негативным мазком и симптомами респираторной вирусной инфекции (кашель, чихание, миалгия и т.д.) либо субфебрильной лихорадкой, либо одышкой (как минимум II степень по классификации NYHA), либо со снижением насыщенности крови кислородом ($SpO_2 < 93\%$), при этом имевшему в анамнезе незащищенный контакт (подозрение на него) с пациентом, заведомо болеющим COVID-19, в обязательном порядке до принятия решения об изоляции выполнялось ультразвуковое сканирование легких. В случае если по данным УЗИ выявляются характерные для вирусной пневмонии признаки, пациенты должны получать лечение как при коронавирусной инфекции. По мнению авторов, такой подход позволяет предотвратить

неконтролируемое внутригоспитальное распространение инфекции и помогает выявить пациентов, имеющих малосимптомную, но потенциально способную прогрессировать пневмонию. Результат 19 и более баллов при оценке 4 зон сканирования передней поверхности грудной клетки, можно считать предиктором высокого риска госпитализации в отделение интенсивной терапии [35].

S. Bhoi и соавт. (2021) предложили единый интегрированный подход к использованию прикроватного ультразвука начиная от первичной сортировки и заканчивая мониторингом в отделении интенсивной терапии (рис. 2) [42].

— «красные» случаи — пациенты со специфическими ультразвуковыми паттернами, должны направляться в приемное отделение, либо, при тяжелом состоянии, сразу в отделение интенсивной терапии [28].

В целом, по мнению В. Е. Сигуба и соавт. (2020), ультразвуковое сканирование может массово применяться и в приемных отделениях для первичной сортировки и стратификации рисков у пациентов, и для оценки тяжести и динамики состояния в условиях отделений пульмонологии и ОРИТ [12].

Заключение. Широкое внедрение технологии «прикроватного ультразвука» на догоспитальном этапе, в условиях приемного отделения и подразделе-

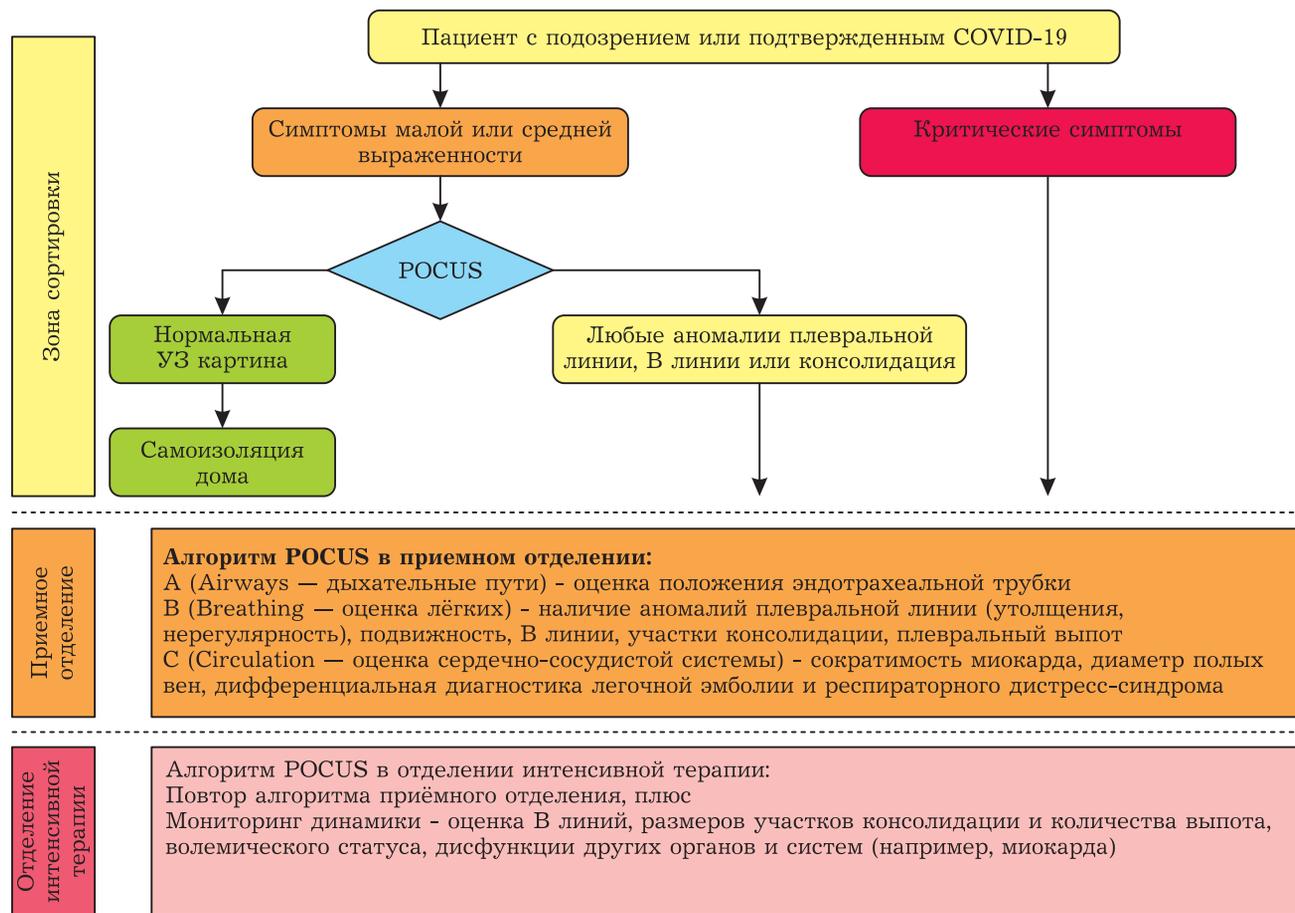


Рис. 2. Интегрированный алгоритм POCUS (адаптировано из S. Bhoi и соавт., 2021) [42]

Fig. 2. Integrated POCUS algorithm (adapted from S. Bhoi et al., 2021) [42]

Помимо этого, О. У. Antúñez-Montes и соавт. (2022) в рамках алгоритма первичного триажа с помощью POCUS предложили условное цветовое кодирование:

— «зеленые» случаи — пациенты без изменений по данным УСЛ, могут быть направлены на тестирование ПЦР и затем, при необходимости, изолированы;
 — «желтые» случаи — пациенты с сомнительной ультразвуковой картиной, должны направляться в приемное отделение;

ний интенсивной терапии значительно облегчает принятие клинических решений, в том числе в рамках медицинской сортировки пациентов с новой коронавирусной инфекцией. В опытных руках диагностическая ценность ультразвукового сканирования легких вполне сопоставима с результатами рентгеновских методов, характеризуясь высокой доступностью и значительно большей скоростью получения результата, что крайне важно при первичной оценке пациента с признаками дыхательной недостаточности.

Сведения об авторах:

Черкашин Михаил Александрович — заместитель главного врача по медицинской части, врач-хирург ООО «Лечебно-диагностический центр Международного института биологических систем имени Сергея Березина»; 191144, Санкт-Петербург, 6-я Советская, 24–26; e-mail: mc@ldc.ru; ORCID 0000–0002–5113–9569;

Щепарев Иван Сергеевич — врач-анестезиолог-реаниматолог федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический центр имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 105203, Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 70; e-mail: is22@list.ru; ORCID 0000-0002-0432-135X;

Березин Никита Сергеевич — преподаватель частного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Международный институт биологических систем имени Сергея Березина»; 191144, Санкт-Петербург, 6-я Советская, 24–26; e-mail: berezinik@ldc.ru; ORCID 0000-0002-0154-0987;

Березина Наталья Александровна — кандидат медицинских наук, главный врач общества с ограниченной ответственностью «Лечебно-диагностический центр Международного института биологических систем имени Сергея Березина»; 191144, Санкт-Петербург, 6-я Советская, 24–26; e-mail: berezina@ldc.ru; ORCID 0000-0001-9772-4387;

Николаев Алексей Александрович — заведующий отделением анестезиологии и реанимации, врач-анестезиолог-реаниматолог общества с ограниченной ответственностью «Лечебно-диагностический центр Международного института биологических систем имени Сергея Березина»; 191144, Санкт-Петербург, 6-я Советская, 24–26; e-mail: nikolaev@ldc.ru, ORCID 0000-0001-7337-2495.

Information about the authors:

Mikhail A. Cherkashin — associate chief medical officer, surgeon, Medical institute n.a. Berezin Sergey, 191144, 6-th Sovietskaya str 24–26, Saint Petersburg, Russia; e-mail mc@ldc.ru, ORCID 0000-0002-5113-9569;

Ivan S. Scheparev — intensive care physician, National medical surgery center n.a. N.I. Pirogov, 105203, Nizhnaya Pervomayskaya str 70, Moscow, Russia; e-mail: is22@list.ru; ORCID 0000-0002-0432-135X;

Nikita S. Berezin — intensive care instructor, Medical institute n.a. Berezin Sergey, 191144, 6-th Sovietskaya str 24–26, Saint Petersburg, Russia; e-mail: berezinik@ldc.ru; ORCID 0000-0002-0154-0987;

Natalia A. Berezina — Cand. of Sci. (Med.), chief medical officer, Medical institute n.a. Berezin Sergey, 191144, 6-th Sovietskaya str 24–26, Saint Petersburg, Russia; e-mail: berezina@ldc.ru; ORCID 0000-0001-9772-4387;

Alexey A. Nikolaev — head of intensive care department, Medical institute n.a. Berezin Sergey, 191144, 6-th Sovietskaya str 24–26, Saint Petersburg, Russia; e-mail: nikolaev@ldc.ru, ORCID 0000-0001-7337-2495.

Авторский вклад в подготовку статьи:

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: концепция и план исследования — М.А. Черкашин, Н.А. Березина; сбор и анализ данных — М.А. Черкашин, И.С. Щепарев, Н.С. Березин, Н.А. Березина, А.А. Николаев; выводы и подготовка рукописи — М.А. Черкашин, И.С. Щепарев, Н.С. Березин, Н.А. Березина, А.А. Николаев.

Authors' contributions.

All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: MACH, NSB aided in the concept and plan of the study; MACH, ISSch, NSB, NAB, AAB provided collection and analysis of data; MACH, ISSch, NSB, NAB, AAB conclusions and preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Поступила /Received: 05.05.2022

Принята к печати/ Accepted: 16.05.2022

Опубликована/ Published: 30.06.2022

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 12 от 21.09.2021 Министерство здравоохранения Российской Федерации. Vremennyye metodicheskiye rekomendatsii «Profilaktika, diagnostika i lecheniye novoy koronavirusnoy infektsii (COVID-19). Versiya 12 ot 21.09.2021 Ministerstvo zdoravookhraneniya Rossiyskoy Federatsii. [Temporary guidelines «Prevention, diagnosis and treatment of a new coronavirus infection (COVID-19). Version 12 dated 09/21/2021 Ministry of Health of the Russian Federation (In Russ.)].
2. Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R., Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G., Tan W. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019 // *The New England Journal of Medicine*. 2020. Vol. 382, No. 3. P. 727–773. doi: 10.1056/NEJMoa2001017.
3. Ciotti M, Angeletti S, Minieri M, Giovannetti M., Benvenuto D., Pascarella S., Sagnelli C., Bianchi M., Bernardini S., Ciccozzi M. COVID-19 Outbreak: An Overview // *Chemotherapy*. 2019. Vol. 64. P. 215–223. doi: 10.1159/000507423.
4. Митьков В.В., Сафонов Д.В., Митькова М.Д., Алехин М.Н., Катрич А.Н., Кабин Ю.В., Ветшева Н.Н., Худорожкова Е.Д. Консенсусное заявление РАСУДМ об ультразвуковом исследовании легких в условиях пандемии COVID-19 (версия 2) // *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2020. № 1. С. 46–77. Mit'kov V.V., Saionov D.V., Mit'kova M.D., Alekhin M.N., Ka-trich A.N., Kabin YU.V., Vetsheva N.N., Khudorozhkova Ye.D. Konsensusnoye zayavleniye RASUDM ob ul'trazvukovom issledovanii legkikh v usloviyakh pandemii COVID-19 (versiya 2) // *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*. 2020. No. 1. S. 46–77. [Mit'kov V.V., Saionov D.V., Mit'kova M.D., Alekhin M.N., Katrich A.N., Kabin Yu.V., Vetsheva N.N., Khudorozhkova E.D. RASUDM Consensus Statement on Lung Ultrasound in the COVID-19 Pandemic (Version 2). *Ultrasound and Functional Diagnostics*, 2020, No. 1, pp. 46–77 (In Russ.)]. doi: 10.24835/1607-0771-2020-1-46-77.
5. Orfali K. What Triage Issues Reveal: Ethics in the COVID-19 Pandemic in Italy and France // *J. Bioeth. Inq*. 2020. Vol. 17, No. 4. P. 675–679. doi: 10.1007/s11673-020-10059-y.
6. Herreros B., Gella P., Real de Asua D. Triage during the COVID-19 epidemic in Spain: better and worse ethical arguments // *Journal of Medical Ethics*. 2020. Vol. 46, No. 7. P. 455–458. doi: 10.1136/medethics-2020-106352.
7. Березина Н.А., Черкашин М.А., Куплевацкий В.И., Куплевацкая Д.И., Ракова Т.М., Николаев А.А., Федоров А.В., Лаврентьева А.И. *Организация работы амбулаторного центра компьютерной томографии для оказания экстренной помощи пациентам с подозрением на новую коронавирусную инфекцию*: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2020. 78 с. Berezina N.A., Cherkashin M.A., Kuplevatskiy V.I., Kuplevatskaya D.I., Rakova T.M., Nikolayev A.A., Fedorov A.V., Lavrent'yeva A.I. *Organizatsiya raboty ambulatornogo tsentra komp'yuternoy tomografii dlya okazaniya ekstreynnoy pomoshchi patsiyentam s podozreniyem na novuyu koronavirusnyuyu infektsiyu*: uchebnoye posobiye. Moskva: Izdatel'stvo Infra-M, 2020. 78 s. [Berezina N.A., Cherkashin M.A., Kuplevatskiy V.I., Kuplevatskaya D.I., Rakova T.M., Nikolaev A.A., Fedorov A.V., Lavrentieva A.I. *Organization of the work of an outpatient computed tomography center to provide emergency care to patients with suspected new coronavirus infection*: a textbook. Moscow: Publishing house Infra-M, 2020. 78 p. (In Russ.)]. doi: 10.12737/1222384.
8. Cherkashin M., Berezina N., Nikolaev A., Kuplevatskaya D., Kuplevatskiy V., Lisovets D., Boikov A. Outpatient CT-centre for emergency triage of COVID-19 patients: local experience from Saint Petersburg. *Insights into Imaging*. 2021. Vol. 12, No. 75. P. 80. doi: 10.1186/s13244-021-01014-5.
9. Синицын В.Е., Тюрин И.Е., Митьков В.В. Временные согласительные методические рекомендации Российского общества рентгенологов и радиологов (РОПР) и Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ) «Методы лучевой диагностики пневмонии при новой коронавирусной инфекции COVID-19» (версия 2) // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2020. Т. 101, № 2. С. 72–89. Sinitsyn V.Ye., Tyurin I.Ye., Mit'kov V.V. Vremennyye soglasovannyye metodicheskiye rekomendatsii Rossiyskogo obshchestva rentgenologov i radiologov (ROPR) i Rossiyskoy assotsiatsii spetsialistov ul'trazvukovoy diagnostiki v meditsine (RASUDM) «Metody luchevoj diagnostiki pnevmonii pri koronavirusnoy infektsii COVID-19» (versiya 2) // *Vestnik rentgenologii i radiologii*. 2020. T. 101, No. 2. S. 72–89. [Sinitsyn V.E., Tyurin I.E., Mit'kov V.V. Temporary agreed guidelines of the Russian Society of Radiologists and Radiologists (ROPR) and the Russian Association of Ultrasound Diagnostics in Medicine (RASUDM) «Methods of Radiation Diagnosis of Pneumonia in COVID-19 Coronavirus Infection» (version 2). *Bulletin of Radiology and Radiology*, 2020, Vol. 101, No. 2, pp. 72–89 (In Russ.)]. doi: 10.20862/0042-4676-2020-101-2-72-89.
10. Старостин Д.О., Кузюлев А.Н. Роль ультразвукового исследования легких при COVID-19 // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020. Т. 17, №54. С. 23–30. Starostin D.O., Kuzovlev A.N. Rol' ul'trazvukovogo issledovaniya legkikh pri COVID-19 // *Vestnik anesteziologii i reanimatologii*. 2020. T. 17, №54. S. 23–30.

- No. 4. S. 23–30. [Starostin D.O., Kuzovlev A.N. The role of lung ultrasound in COVID-19. *Bulletin of anesthesiology and resuscitation*, 2020, Vol. 17, No. 4, pp. 23–30 (In Russ.)]. doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-23-30.
11. Cao Y., Li Q., Chen J., Guo X., Miao Ch., Yang H., Chen Z., Li Ch., Li L. Hospital Emergency Management Plan During the COVID-19 Epidemic // *Acad. Emerg. Med.* 2020. Vol. 27, No 4. P. 309–311. doi: 10.1111/acem.13951.
12. Ciurba B.E., Sárközi H.K., Szabó I.A., László N., Ianosi E.S., Ianosi M., Jimborean G. Advantages of lung ultrasound in triage, diagnosis and monitoring COVID-19 patients: review // *Acta Marisensis — Seria Medica*. 2021. Vol. 67, No. 2. P. 73–76. doi: 10.2478/amma-2021-0019.
13. Çinkoğlu A., Bayraktaroglu S., Ceylan N., Savaş R. Efficacy of chest X-ray in the diagnosis of COVID-19 pneumonia: comparison with computed tomography through a simplified scoring system designed for triage // *Egypt. J. Radiol. Nucl. Med.* 2021. Vol. 52. P. 166. doi: 10.1186/s43055-021-00541-x.
14. Kalagara H., Bradley C., Gerstein N., Kukreja P., Deriy L., Pierce A., Townsley M. Point-of-Care Ultrasound (POCUS) for the Cardiothoracic Anesthesiologist // *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2022. Vol. 36, No. 4. P. 1132–1147. doi: 10.1053/j.jvca.2021.01.018.
15. Лакхин П.Е., Жирнова Е.А., Щеголев А.В., Йованикич О., Железняк И.С., Меньков И.А., Салухов В.В., Чугунов А.А. Ультразвук легких у пациентов с пневмонией, вызванной COVID-19: сравнение с данными компьютерной томографии. Обсервационное проспективное клиническое исследование // *Вестник интенсивной терапии им. А.И.Салтанова*. 2021. № 2. С. 82–93. [Lakhin P.E., Zhirnova E.A., Shchegolev A.V., Jovanikič O., Zheleznyak I.S., Menkov I.A., Salukhov V.V., Chugunov A.A. Lung ultrasound in COVID-19 pneumonia: comparison with computed tomography. An observation prospective clinical trial. *Annals of Critical Care*. 2021, Vol. 2, P. 82–93 (In Russ.)]. doi: 10.21320/1818-474X-2021-2-82-93.
16. Buonsenso D., Piano A., Raffaelli F., Bonadia N., Donati K., Franceschi F. Point-of-Care Lung Ultrasound findings in novel coronavirus disease-19 pneumonia: a case report and potential applications during COVID-19 outbreak // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2020. Vol. 24, No. 5. P. 2776–2780.
17. Piliago C., Strumia A., Stone M.B., Pascarella G. The Ultrasound-Guided Triage: A New Tool for Prehospital Management of COVID-19 Pandemic // *Anesth. Analg.* 2020. Vol. 131, No. 2. P. e93-e94.
18. Lieveld A., Kok B., Schuijt F., Azijli K., Heijmans J., Laarhoven A., Assman N., Kootte R., Olgers T., Nanayakkara P., Bosch F. Diagnosing COVID-19 pneumonia in a pandemic setting: Lung Ultrasound versus CT (LUVCT) — a multicenter, prospective, observational study // *ERJ Open Res.* 2020. Vol. 6, No. 4. P. 00539-2020.
19. Garcia-Rubio J., Lopez-Gimenez I., Horna-Garcés V., López-Delgado D., Sierra-Monzón J., Martínez-Lastoa L., Josa-Laorden C., Ruiz-Laiglesia F., Pérez-Calvo J., Crespo-Aznarez S., García-Lafuente J., Fresneda N., Arriaga B., Gracia-Tello B., Sánchez-Marteles M. Point-of-care lung ultrasound assessment for risk stratification and therapy guiding in COVID-19 patients. A prospective non-interventional study // *Eur. Respir. J.* 2021. Vol. 58, No. 3. P. 2004283. doi: 10.1183/13993003.04283-2020.
20. Bello G., Blanco P. Lung ultrasonography for assessing lung aeration in acute respiratory distress syndrome: a narrative review // *J. Ultrasound Med.* 2019. Vol. 38. P. 27–37.
21. Сафонов Д.В., Шахов Б.Е. *Ультразвуковая диагностика опухолей легких*. М.: Видар, 2014. 144 с. Safonov D.V., Shakhov B.E. *Ul'trazvukovaya diagnostika opukholei legkikh*. Moskva: Izdatel'stvo Vidar, 2014. 144 s. Safonov D.V., Shakhov B.E. *Ultrasound diagnosis of lung tumors*. Moscow: Publishing house Vidar, 2014. 144 p. (In Russ.)].
22. Сафонов Д.В., Шахов Б.Е. *Ультразвуковая диагностика плевральных выпотов*: учебное пособие. М.: Видар, 2011. 104 с. Safonov D.V., Shakhov B.E. *Ul'trazvukovaya diagnostika pleural'nykh vyputov*: uchebnoye posobiye. Moskva: Izdatel'stvo Vidar, 2011. 104 s. [Safonov D.V., Shakhov B.E. *Ultrasound diagnosis of pleural effusions*: a tutorial. Moscow: Publishing house Vidar, 2011. 104 p. (In Russ.)].
23. Buonsenso D., Raffaelli F., Tamburrini E., Biasucci D., Salvi S., Smargiassi A., Inchingolo R., Scambia G., Lanzone A., Testa A., Moro F. Clinical role of lung ultrasound for diagnosis and monitoring of COVID-19 pneumonia in pregnant women // *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2020. Vol. 56. P. 106–109. doi: 10.1002/uog.22055.
24. Baugh J.J., Yun B.J., Searle E., Chyn A., Bernhardt J., Le Clair K., Henshaw-Archer L., L'Heureux Michelle M., Raja A., Lennes I., Biddinger P. Creating a COVID-19 surge clinic to offload the emergency department // *Am. J. Emerg. Med.* 2020. Vol. 38, No. 7. P. 1535–1537. doi: 10.1016/j.ajem.2020.04.057.
25. Liechtenstein D.A., Meziere G.A. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure, The BLUE Protocol // *Chest*. 2008. Vol. 134. P. 117–125.
26. Праскурничий Е.А., Стефаненкова Ю.В., Тураева М.А. Ультразвуковое исследование легких: актуальный метод в условиях новой коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 // *Пульмонология*. 2020. Т. 30, № 5. С. 671–678. Praskurnichiy E.A., Stefanenkova Yu.V., Turayeva M.A. Ul'trazvukovoye issledovaniye legkikh: aktual'nyy metod v usloviyakh novoy koronavirusnoy infektsii SARS-CoV-2 // *Pul'monologiya*. 2020. T. 30, No. 5. С. 671–678. [Praskurnichiy E.A., Stefanenkova Yu.V., Turayeva M.A. Ultrasound examination of the lungs: an actual method in the conditions of the new coronavirus infection SARS-CoV-2. *Pulmonology*, 2020, Vol. 30, No. 5, pp. 671–678 (In Russ.)]. doi: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-671-678.
27. Tsung J.W., Kessler D.O., Shah V.P. Prospective application of clinician performed lung ultrasonography during the 2009 H1N1 influenza A pandemic: distinguishing viral from bacterial pneumonia // *Crit. Ultrasound J.* 2012. Vol. 4, No. 1. P. 16. doi: 10.1186/2036-7902-4-16.
28. Bouhemad B., Brisson H., Le-Guen M., Arbelot Ch., Lu Q., Rouby J.-J. Bedside ultrasound assessment of positive endexpiratory pressure-induced lung recruitment // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2011. Vol. 183. P. 341–347.
29. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R., Buonsenso D., Perrone T., Briganti D., Perlini S., Torri E., Mariani A., Mossolani E., Tursi F., Mento F., Demi L. Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? // *J. Ultrasound Med.* 2020. Vol. 10. P. 1002. doi: 10.1002/jum.15284.
30. European Society of Radiology (ESR). The role of lung ultrasound in COVID-19 disease // *Insights Imaging*. 2021. Vol. 12, No. 1. P. 81. doi: 10.1186/s13244-021-01013-6.
31. Antúñez-Montes O.Y., Buonsenso D. Routine use of Point-of-Care lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Medicina Intensiva*. 2022. Vol. 46, No. 1. P. 42–45. doi: 10.1016/j.medin.2020.04.010.
32. Dargent A., Chatelain E., Kreitmann L., Quenot J.P., Cour M., Argaud L., The COVID-LUS study group Lung ultrasound score to monitor COVID-19 pneumonia progression in patients with ARDS // *PLoS One*. 2020. Vol. 15, No. 7. P. e0236312. doi: 10.1371/journal.pone.0236312.
33. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R., Buonsenso D., Perrone T., Briganti D., Perlini S., Torri E., Mariani A., Mossolani E., Tursi F., Mento F., Demi L. Proposal for International Standardization of the Use of Lung Ultrasound for Patients With COVID-19: A Simple, Quantitative, Reproducible Method // *J. Ultrasound. Med.* 2020. Vol. 39. P. 1413–1419. doi: 10.1002/jum.15285.
34. Zieleskiewicz L., Markarian T., Lopez A., Taguet Ch., Mohammedi N., Boueckine M., Baumstarck K., Besch G., Mathon G., Duclos G., Bouvet L., Michelet P., Allaouchiche B., Chaumoitre K., Di Bisceglie M., Leone M. 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, No. 9. P. 1707–1713. doi: 10.1007/s00134-020-06186-0.
35. Skoczyński, S., Buda, N., Mendrala, K., Górecki T., Kucewicz-Czech E., Krzych Ł., Koszutski T., Darocha T. Lung ultrasound may improve COVID-19 safety protocols // *Journal Of Thoracic Disease*. 2021. Vol. 13, No. 5. P. 2698–2704. doi: 10.21037/jtd-21-295.
36. Castela J., Graziani D., Soriano J.B., Izquierdo J.L. Findings and Prognostic Value of Lung Ultrasound in COVID-19 Pneumonia // *J. Ultrasound Med.* 2021. Vol. 40, No. 7. P. 1315–1324. doi: 10.1002/jum.15508.
37. Deng Q., Zhang Y., Wang H., Chen L., Yang Z., Peng Z., Liu Ya, Feng Ch., Huang X., Jiang N., Wang Y., Guo J., Sun B. Zhou Q. 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, No. 10. P. 1363–1372. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110156.
38. Deng Q., Cao S., Wang H., Zhang Y., Chen L., Yang Zh., Peng Zh., Zhou Q. Application of quantitative lung ultrasound instead of CT for monitoring COVID-19 pneumonia in pregnant women: a single-center retrospective study // *BMC Pregnancy Childbirth*. 2021. Vol. 21, No. 1. P. 259. doi: 10.1186/s12884-021-03728-2.
39. Alcantara M.L., Bernardo M.PL., Autran T.B., Lustosa R.P., Tayah M., Chagas L.A., Machado D.C. Lung ultrasound as a triage tool in an emergency setting during the Covid-19 outbreak: comparison with CT findings // *Int. J. Cardiovasc. Sci.* 2020. Vol. 33, No. 5. P. 479–487. doi: 10.36660/ijcs.20200133.
40. Wuzhu L., Shushan Z., Binghui C., Jiachun Ch., Jianzhong X., Yuhong L., Hong Sh., Zhong Zh.S. A Clinical Study of Noninvasive Assessment of Lung Lesions in Patients with Coronavirus Disease-19 (COVID-19) by Bedside Ultrasound // *Ultrasound Med.* 2020. Vol. 1. P. 1–15. doi: 10.1055/a-1154-8795.
41. Karagöz A., Sağlam C., Demirbaş H.B. et al. Accuracy of Bedside Lung Ultrasound as a Rapid Triage Tool for Suspected Covid-19 Cases // *Ultrasound Q.* 2020. Vol. 36, No. 4. P. 339–344. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000530.
42. Bhoi S., Sahu A.K., Mathew R., Sinha T.P. Point-of-care ultrasound in COVID-19 pandemic // *Postgraduate Medical Journal*. 2021. Vol. 97. P. 62–63. doi: 10.1136/postgradmedj-2020-137853