



Роль ультразвукового исследования легких при COVID-19

Д. О. СТАРОСТИН, А. Н. КУЗОВЛЕВ

ФГБНУ «НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского», Москва, РФ

РЕЗЮМЕ

Цель: проанализировать подходы к диагностике пневмонии с помощью ультразвукового исследования (УЗИ) при COVID-19.

Результаты: показано, что использование УЗИ может быть информативным для оценки состояния на догоспитальном этапе и сортировки пациентов, для выявления пациентов с легкими формами течения заболевания и определения их дальнейшей маршрутизации.

Ключевые слова: коронавирус, COVID-19, ультразвук легких, пневмония

Для цитирования: Старостин Д. О., Кузовлев А. Н. Роль ультразвукового исследования легких при COVID-19 // Вестник анестезиологии и реаниматологии. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 23-30. DOI: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-23-30

The role of lung ultrasound in the COVID-19

D. O. STAROSTIN, A. N. KUZOVLEV

V. A. Negovsky Scientific Research Institute of General Reanimatology, Moscow, Russia

ABSTRACT

Currently, a certain amount of clinical data has been accumulated about the basics of lung ultrasound examination in the patients with pneumonia caused by COVID-19.

The use of ultrasound can be informative for assessing the state at the pre-hospital stage and triage, identifying patients with minor forms of the disease and their consequent routing. This review of literature has focused on the principles of the diagnosis of pneumonia using ultrasound in the context of the COVID-19 pandemic.

Key words: coronavirus, COVID-19, pulmonary ultrasound, pneumonia

For citations: Starostin D. O., Kuzovlev A. N. The role of lung ultrasound in the COVID-19. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*, 2020, Vol. 17, no. 4, P. 23-30. (In Russ.) DOI: 10.21292/2078-5658-2020-17-4-23-30

Для корреспонденции:

Старостин Даниил Олегович
E-mail: starostin_daniil@mail.ru

Correspondence:

Daniil O. Starostin
Email: starostin_daniil@mail.ru

*«Тот, кто желает, но не действует,
порождает эпидемию».*

Уильям Блейк

История появления новой коронавирусной инфекции берет свое начало с декабря 2019 г. За последнее время накоплено уже немало данных об этом заболевании, в том числе установлено, что основной и самой быстро достижимой целью на пути инфекции являются альвеолярные клетки типа II (AT2), что и определяет развитие пневмонии [1].

Целью данного обзора литературы является обсуждение накопленной отечественной и зарубежной доказательной базы по сравнению данных ультразвукового исследования (УЗИ) легких с другими ионизирующими методиками исследования в условиях пандемии COVID-19.

Поиск отечественных публикаций проводился в базе данных elibrary.ru, зарубежных – в базе данных PubMed. Блок-схема включения в обзор литературы публикаций представлена на рис. 1. Проводился поиск по публикациям (статьи, обзоры литературы) в течение 2020 г. Использовались следующие поисковые запросы: коронавирус, ультразвуковое исследование легких, ультразвук, COVID-19, pneumonia, point-of-care ultrasound. В анализ включено 40 публикаций 2015–2020 гг.

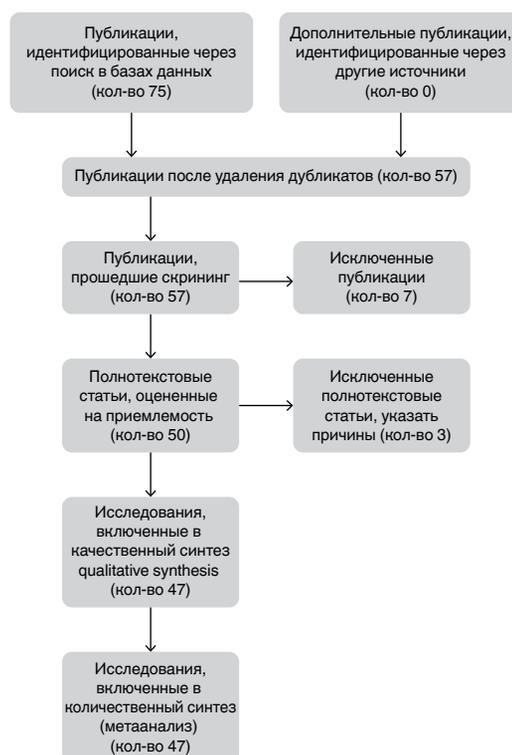


Рис. 1. Блок-схема включения в обзор литературы публикаций

Fig. 1. The chart for publications inclusion in the literature review

Диагностика

Характерными клиническими проявлениями COVID-19 являются: кашель (80%), повышение температуры тела (90%), общая слабость и утомляемость (44%), одышка в покое и ее усиление при физической активности (55%), а также чувство тяжести и заложенности в грудной клетке (20%) [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, большая часть пациентов, около 80%, переносят инфекцию в легких и/или бессимптомных формах, около 15% – в среднетяжелой и тяжелой форме и 5% пациентов оказываются в критическом состоянии [46]. Ряд классических методов исследований становится недоступен, именно поэтому авторы не рекомендуют проведение аускультации легких в связи с высоким риском контаминации [28, 45]. С целью поиска и исключения COVID-пневмонии, а также ее осложнений, применяют лучшие методы диагностики, такие как рентгенография органов грудной клетки (Rg ОГК), компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК) и УЗИ легких.

Рентгенография органов грудной клетки. Согласно последним рекомендациям, стандартная Rg ОГК имеет низкую чувствительность и специфичность в выявлении изменений на ранних стадиях заболевания и ее применение не рекомендовано в первые дни заболевания. В процессе прогрессирования пневмонии информативность рентгена легких возрастает [1]. Главными особенностями Rg ОГК являются высокая пропускная способность и меньшая затрата времени на дезинфекцию оборудования и помещения по сравнению с КТ [1]. Для работы с пациентами непосредственно у постели подходят портативные передвижные томографы Rg ОГК, однако их разрешающая способность в диагностике не всегда коррелирует с клинической картиной по сравнению с КТ ОГК и УЗИ [43].

Компьютерная томография органов грудной клетки. Согласно современным российским рекомендациям и опыту наших коллег из КНР, самым высокоспецифичным методом в диагностике пневмонии при COVID-19 является КТ ОГК, в том числе и при оценке стадийности процесса [1, 20]. Недавние исследования авторов показали, что чувствительность КТ ОГК была больше, чем полимеразной цепной реакции (98% против 71% соответственно, $p < 0,001$), в обнаружении COVID-19. Возможно, это может быть связано с тем, что «незрелой» технологией обнаружения нуклеиновых кислот [17]. Данные, полученные по КТ ОГК, могут учитываться при маршрутизации пациентов [1]. Последующая транспортировка пациентов с COVID-19 в тяжелом состоянии крайне затруднительна и требует дополнительного привлечения персонала, а также времени для подготовки и последующей дезинфекции компьютерного томографа [30]. По данным ряда авторов, при массовом поступлении пациентов в стационар возможно привлечение дополнительных

методов исследования, в частности УЗИ легких, что ускорит диагностику и поможет в выборе маршрутизации пациента [37].

Ультразвук легких. По данным российских авторов, а также коллег из Китая, Италии и Бразилии, применение УЗИ легких при пневмонии и в условиях COVID-19 показало свою высокую эффективность [1, 12, 13, 19, 30–32, 37]. Авторами отмечена важная роль ультразвуковой диагностики в сортировке пациентов в ситуациях, когда невозможно выполнить КТ ОГК всем поступающим с подозрением на COVID и наличием пневмонии. В условиях пандемии поток пациентов в медицинское учреждение увеличивается в несколько раз. По результатам исследований авторы смогли установить, что ультразвук подходит для диагностики интерстициальных и субплевральных инфильтраций в легких [12, 15, 16, 22, 24, 25, 32, 35–40]. В слепом рандомизированном исследовании L. Wuzhu, Z. Shushan et al. сравнивали результаты УЗИ и КТ у пациентов с COVID. В основном по УЗИ проявлялись такие признаки, как интерстициальный отек легких (90%, 27/30) и консолидации легких (20%, 6/30). Поражения легких распределились в субплевральной и периферической легочных зонах. УЗИ-оценка у пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением пневмонии показала чувствительность 68,8% (11/16), 77,8% (7/9), 100,0% (2/2), специфичность 85,7% (12/14), 76,2% (16/21), 92,9% (26/28), диагностическую точность 76,7% (23/30), 76,7% (23/30), 93,3% (28/30) соответственно. Данная работа показала высокую эффективность в диагностике пневмонии с помощью УЗИ как прикроватного метода у пациентов со среднетяжелым и тяжелым течением [47]. Риск высокой контаминации персонала и оборудования дает УЗИ преимущество перед КТ и возможность выполнить исследование непосредственно у постели больного [24]. По данным авторов и экспертов, мониторинг состояния легких ежедневно в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) может помочь в определении тактики лечения пациентов. В случае ухудшения ультразвуковой картины легких одной из рекомендаций служит перевод пациента в прон-позицию [12, 31, 37].

Юридические аспекты

Согласно руководящему документу, определяющему порядок оказания помощи по профилю «анестезиология-реаниматология», в пункте 30 указано, что в ОРИТ на обеспечении должны быть портативные ультразвуковые аппараты с системой навигации для выполнения регионарной анестезии, пункции и катетеризации центральных и периферических сосудов и оценки критических состояний [3]. В профессиональном стандарте врача – анестезиолога-реаниматолога, утвержденного в 2018 г., прописаны навыки использования УЗИ

с целью поиска свободной жидкости в плевральных полостях и исключения пневмоторакса [4]. Однако, исходя из профессиональных стандартов врачей ультразвуковой диагностики, УЗИ легких могут проводить только врачи ультразвуковой диагностики, то есть имеющие сертификат и диплом «Ультразвуковая диагностика» [5]. Исходя из всего вышесказанного следует, что врач – анестезиолог-реаниматолог не может написать «заключение», а может проводить только ультразвуковой мониторинг с целью поиска и исключений органной патологии и осложнений, в том числе в легких. Обращаясь к клиническим рекомендациям по внебольничной пневмонии в разделе 2.4, УЗИ легких среди метода инструментальной диагностики нет. Рекомендовано УЗИ только в случае подозрений на плеврит [2]. При этом в разделе описаны возможности использования УЗИ с целью поиска легочных консолидаций. Данный аспект освещает быстроту, неинвазивность, отсутствие в транспортировке больного и указывает на перспективность использования данного метода особенно у пациентов в ОРИТ [2]. По последним клиническим рекомендациям, применять УЗИ в условиях работы с пациентами с COVID возможно как дополнительный метод лучевой диагностики. Акцент – на технические возможности и подготовленность персонала к исследованию [1]. Применение УЗИ легких возможно и для оценки динамики развития пневмонии. А в случае обследования новорожденных и детей младшего возраста с подозрительным и/или подтвержденным COVID с пневмонией УЗИ легких рекомендовано выполнять в первую очередь [1].

Методика исследования легких при COVID-19

Для сканирования легких предпочтительно подходит конвексный датчик с низкой частотой (3,5–5,0 МГц). Высокочастотные линейные датчики (более 7,5 МГц) также используются, но предпочтительны для работы на небольшой глубине сканирования, чтобы оценить мелкие структуры в области плевральной линии. Для исследования легких подходит стандартный BLUE-протокол в шести точках. Он обеспечит фокусную и быструю оценку ключевых зон легких [23]. Также авторами описан 12-зонный протокол исследования легких [41]. 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 [11]. Описанный итальянскими коллегами 14-зонный протокол в настоящее время является наиболее практичным с точки зрения скорости его выполнения и отвечает на многие вопросы в условиях сортировки и определения дальнейшей маршрутизации пациентов [37]. Именно поэтому в рамках данного обзора этот протокол будет рассмотрен более подробно.

Протокол включает 14 точек исследования. Замысел в том, чтобы быстро оценить состояние легочной ткани в заданной области, после чего переходить к следующей. Анатомические ориентиры, линии и точки исследований представлены на рис. 2.

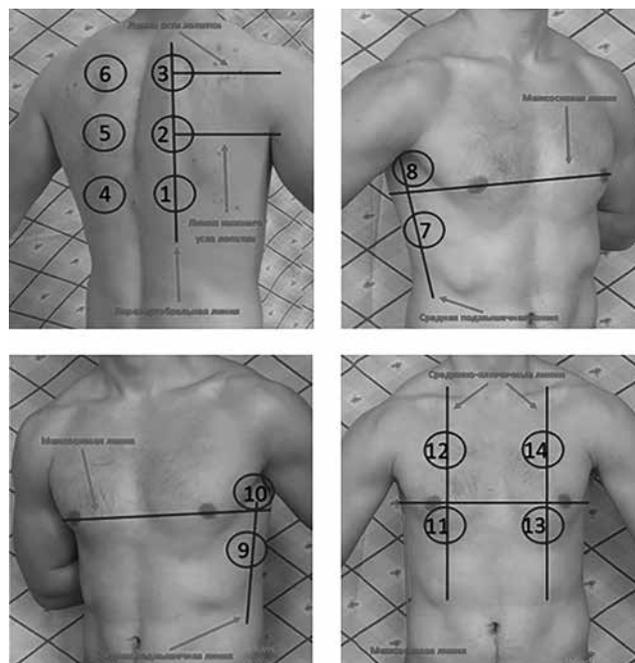


Рис. 2. Анатомические ориентиры, линии и точки исследований

Fig. 2. Anatomical landmarks, examination lines and points

В начале исследуются 6 точек по задней поверхности легких в проекциях левой и правой паравертебральных линий. Исследование проводят в положении сидя и/или в положении лежа на животе, в прон-позиции.

Первая точка исследования проецируется по правой паравертебральной линии на нижние отделы нижней доли правого легкого. В этой точке дополнительно просматривается правый реберно-диафрагмальный синус с целью исключения свободной жидкости.

Вторая точка исследования проходит через правую паравертебральную линию, пересекает линию угла лопатки и проецируется на верхние отделы нижней доли и/или нижние отделы верхней доли правого легкого. Для улучшения визуализации в данной точке пациента можно попросить положить свою правую руку на противоположное плечо.

Третья точка исследования проходит через правую паравертебральную линию, пересекает линию ости лопатки и проецируется на верхние отделы верхней доли правого легкого. Для улучшения визуализации в данной точке пациента можно попросить положить свою правую руку на противоположное плечо.

Четвертая точка исследования проецируется по левой паравертебральной линии на нижние отделы нижней доли левого легкого. В этой точке дополни-

тельно просматривается левый реберно-диафрагмальный синус с целью исключения свободной жидкости.

Пятая точка исследования проходит через левую паравертебральную линию, пересекает линию угла лопатки и проецируется на верхние отделы нижней доли и/или нижние отделы верхней доли левого легкого. Для улучшения визуализации в данной точке пациента можно попросить положить свою левую руку на противоположное плечо.

Шестая точка исследования проходит через левую паравертебральную линию, пересекает линию ости лопатки и проецируется на верхние отделы верхней доли левого легкого. Для улучшения визуализации в данной точке пациента можно попросить положить свою левую руку на противоположное плечо.

Следующим этапом обследуются 4 точки в проекции средней подмышечной линии слева и справа. Исследование проводят пациенту в положении сидя и/или в положении лежа с разведенными по бокам руками.

Седьмая точка исследования проецируется по правой средней подмышечной линии ниже межсосковой линии на латеральную поверхность нижней доли правого легкого.

Восьмая точка исследования проецируется по правой средней подмышечной линии выше межсосковой линии на латеральную поверхность верхней доли правого легкого.

Девятая точка исследования проецируется по левой средней подмышечной линии ниже межсосковой линии на латеральную поверхность нижней доли левого легкого.

Десятая точка исследования проецируется по правой средней подмышечной линии выше межсосковой линии на латеральную поверхность верхней доли левого легкого.

Заключительным этапом обследуются 4 точки по передней поверхности грудной клетки в проекциях срединно-ключичных линий слева и справа. Исследование проводят в положении сидя и/или в положении лежа.

Одиннадцатая точка исследования лежит на правой срединно-ключичной линии ниже межсосковой линии и проецируется на переднюю поверхность средней доли правого легкого.

Двенадцатая точка исследования лежит на правой срединно-ключичной линии над межсосковой линией и проецируется на переднюю поверхность верхней доли правого легкого.

Тринадцатая точка исследования лежит на левой срединно-ключичной линии ниже межсосковой линии и проецируется на язычковые сегменты передней поверхности верхней доли левого легкого.

Четырнадцатая точка исследования лежит на левой срединно-ключичной линии над межсосковой линией и проецируется на переднюю поверхность верхней доли левого легкого.

На данный протокол тратится в среднем от 3 до 5 мин. Он дает оптимальную картину состояния

легочной ткани и помогает принять решение о дальнейшей маршрутизации пациента.

Артефакты ультразвука легких при COVID-19

По данным авторов, примерно 19% поступающих на стационарное лечение пациентов имеют характерные клинические проявления при ультразвуковой визуализации легких, коррелируемой с КТ [19, 29]. По данным наших коллег из Италии, пневмония при COVID прогрессирует в основном в дистальные отделы легких, поражая интерстициальные участки вблизи плевральной линии, что хорошо визуализируется с помощью УЗИ [19, 37]. В работе авторов Y. Huang et al. приведена сравнительная характеристика использования КТ ОГК и УЗИ [19]. По мере прогрессирования пневмонии плевральная линия утолщается и приобретает неровный вид. В-линии нарастают более 3 в одном межреберном промежутке. Они начинают расширяться более 1,0 см и имеют тенденцию к последующему сливанию (рис. 3) [30].

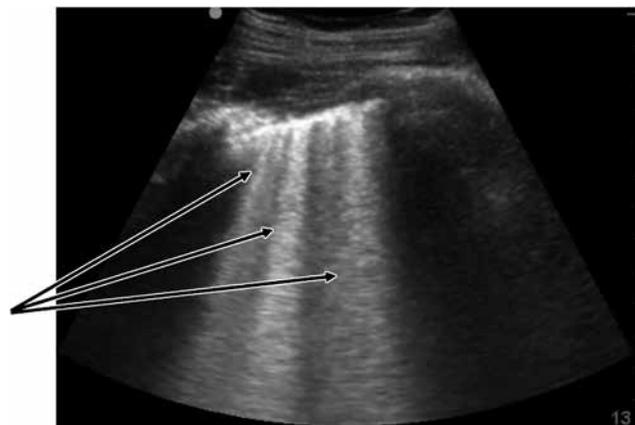


Рис. 3. Множественные B-линии (обозначены стрелками) в одном межреберном промежутке. Отмечается тенденция к «сливанию» B-линий

Fig. 3. Multiple B-lines (marked by arrows) in one intercostal space. B-lines tend to fuse

По данным КТ и УЗИ легких наличие плеврального выпота отмечается редко, несмотря на частый массивный процесс поражения. В обоих случаях хорошо визуализируются различные консолидации: локальные, сегментарные и долевые [19]. Пятнистые или сливные поражения, как правило, распространяются по плевре. Чаще всего затрагивается нижняя правая доля, за которой следует верхняя и нижняя левые доли. Поражения затрагивают задние отделы легких в 67% случаев [43]. Преимущественно поражения были двухсторонними и/или субплевральными. Преобладающая картина – воспаление по типу «матового стекла» [44]. Характерные признаки для пневмонии в виде «воздушной бронхограммы» и «теневого признака» встречаются в сегментарных и долевыми консолидациях (рис. 4) [6, 21, 42].

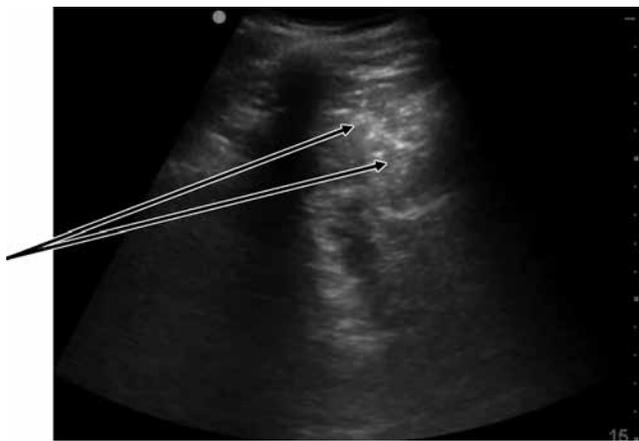


Рис. 4. «Аэробронхограмма»

Fig. 4. Air bronchogram

При использовании доплеровского картирования определяется плохой кровоток в зонах консолидаций [19]. По данным авторов, в совокупности ультразвуковые признаки легочных поражений можно применять для определения степени тяжести заболевания – увеличение количества пораженных участков, увеличение количества В-линий вплоть до их слияния («белое легкое») (рис. 5). Появление консолидаций, наличие плеврального выпота могут свидетельствовать о тяжелой стадии или ухудшении процесса протекания заболевания [31, 37].

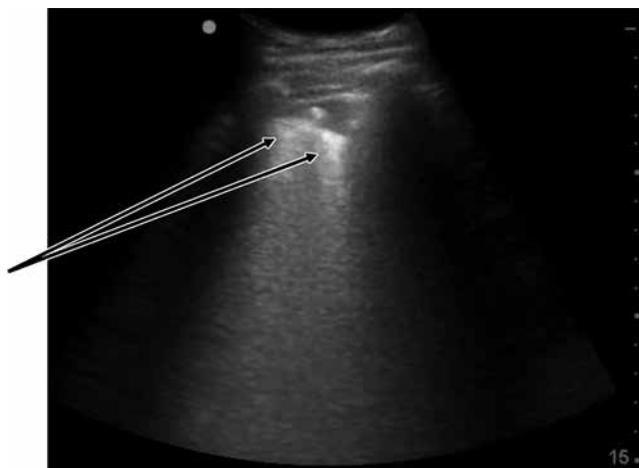


Рис. 5. «Белое легкое». Консолидации (показаны стрелками)

Fig. 5. Gray hepatization. Consolidations (marked by arrows)

Положительной динамикой по УЗИ можно считать уменьшение количества В-линий в одном межреберном промежутке, отсутствие признаков консолидаций и постепенное появление А-линий [12, 31, 37]. УЗИ – сравнительно дешевый инструмент, который может быть использован в условиях отсутствия стационарного КТ. Совсем недавно первые случаи заражения COVID-19 были описаны на западе Африки, в Нигерии. В таких условиях в случае распространения инфекции выполнение КТ легких в разы сложнее, чем УЗИ легких [33].

Рекомендации по защите сотрудников и оборудования

Независимо от того, подозрительный диагноз и/или подтвержденный COVID, профилактика передачи инфекции требует, чтобы все медицинские работники принимали стандартные меры предосторожности в работе с такими пациентами. В настоящее время опубликованы несколько национальных и международных руководств в отношении общих мер предосторожности и профилактики инфекций при ультразвуковом исследовании [8–10, 26, 27]. Центром по контролю и профилактике заболеваний данные меры были разработаны и внедрены [14]. Они включают следующие пункты: 1) сотрудники, выполняющие УЗИ, не должны иметь специфических противопоказаний, в ином случае к работе не допускаются; 2) все сотрудники должны пройти обучение по инфекционному контролю использования средств индивидуальной защиты и тестирование по подгонке респираторов; 3) с целью уменьшения риска передачи инфекции необходимо грамотно спланировать свое расписание работы за счет соблюдения тайминга в приеме пациентов, увеличения интервала времени между ожидающими пациентами и обеспечение адекватной социальной дистанции не менее 2 м друг от друга; 4) ограничить количество посетителей в кабинете, в том числе детей; 5) если у пациента установлен диагноз COVID, то постараться организовать работу таким образом, чтобы не было перекреста потоков; 6) все сотрудники должны соблюдать тщательную гигиену рук до и после всех контактов; руки обрабатывать спиртосодержащими дезинфектантами в соответствии с рекомендациями; 7) желательно работать в двух парах перчаток и менять «верхнюю» пару после каждого пациента; 8) сканирование рекомендовано выполнять одной «грязной» рукой, сохраняя «чистую» на оборудовании; 9) идеально придерживаться правила: «один пакетик с гелем – один пациент» [18]. Нашими зарубежными коллегами, имеющими большой опыт работы с COVID-19, описаны различные процедуры выполнения УЗИ с помощью беспроводного датчика и планшета, с участием двух человек – врача и медицинской сестры. В таких условиях датчик находится у врача, выполняющего исследование, а медицинская сестра находится рядом с врачом, не контактирует с пациентом и отвечает за «заморозку» картинки и сохранение (передачу) информации [13]. Учитывая высокую степень контагиозности COVID-19 и необходимость контакта врача и пациента, необходимо принимать все меры предосторожности в ежедневной практике.

Использование портативных УЗИ-аппаратов и/или оборудования в «красной зоне», без дополнительной необходимости в транспортировке пациента, снижает риск инфицирования медицинского персонала [17]. Обработка этих устройств намного легче за счет их меньшей поверхности.

Тем не менее ультразвуковой аппарат может потенциально участвовать в передаче инфекции [34]. Всемирной федерацией ультразвуковой диагностики в медицине и биологии (WFUMB) разработана рекомендация по очистке датчиков. Последовательность выполнения следующая: 1) отсоедините датчик от прибора; 2) снимите защитный чехол с датчика и утилизируйте его; 3) ополосните контактную поверхность датчика под проточной водой; 4) очистите датчик влажной марлевой салфеткой или другой тканью с небольшим количеством неабразивного жидкого мыла; 5) вновь ополосните датчик под проточной водой; 6) с помощью салфетки и дезинфицирующего средства очистите остальные части датчика, включая кабель и рукоять; 7) высушите датчик с помощью полотенца. По возможности рекомендовано сократить использование до 1 датчика. Все неиспользуемые датчики хранить отдельно в закрытом чистом месте [7].

Заключение

Ультразвук легких в условиях пандемии COVID-19 является чувствительным и специфичным методом диагностики. Простота в использовании, скорость, неинвазивность, отсутствие ионизирующего излучения и главное минимизация риска заражения медицинского персонала – это все важные характеристики, помогающие клиницисту принимать взвешенные и быстрые диагностические и лечебные решения. В условиях пандемии и массового поступления больных ультразвуком легких занимает свою диагностическую нишу, помогая сохранить человеческий ресурс и сыграть ключевую роль в клинической практике.

Вклад авторов. Старостин Д.О. – литературный поиск, подготовка обзора литературы, оформление в соответствии с правилами журнала; Кузовлев А.Н. – подготовка концепции обзора литературы, редактирование обзора литературы.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Conflict of Interests. The authors state that they have no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия № 6 от 28.04.2020. <https://base.garant.ru/73964533/>
2. Клинические рекомендации. «Внебольничная пневмония». 2018. <http://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii/>
3. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 15 ноября 2012 г. № 919н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи взрослому населению по профилю "анестезиология и реаниматология"». <https://www.rosminzdrav.ru/documents/9128-prikaz-ministerstva-zdravoohraneniya-rossiyskoy-federatsii-ot-15-noyabrya-2012-g-919n-ob-utverzhenii-poryadka-okazaniya-meditsinskoy-pomoschi-vzrosloму-naseleniyu-po-profilyu-anesteziologii-i-reanimatologii>
4. Приказ Минтруда России от 27.08.2018 г. № 554н «Об утверждении профессионального стандарта "Врач – анестезиолог-реаниматолог"». <https://rg.ru/2018/09/18/mintrud-prikaz554-site-dok.html>
5. Профессиональный стандарт «Врач ультразвуковой диагностики». Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19 марта 2019 № 161н. <https://rg.ru/2019/04/18/mintrud-prikaz161-site-dok.html>
6. Сафонов Д. В., Шахов Б. Е. Ультразвуковая диагностика воспалительных заболеваний легких: учебное пособие. – М.: Видар, 2011. – 120 с.
7. Abramowicz J. S., Basseal J. Заявление о позиции WFUMB: как безопасно проводить ультразвуковое исследование и обеззараживать ультразвуковое оборудование в условиях COVID-19 (перевод на русский язык). Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2020. – № 1. – P. 12–23.
8. Abramowicz J. S., Evans D. H., Fowlkes J. B. et al. Guidelines for cleaning transvaginal ultrasound transducers between patients // *Ultrasound Med. Biol.* – 2017. – Vol. 43. – P. 1076–1079.
9. ACEP. American College of Emergency Physicians Guideline for Ultrasound Transducer Cleaning and Disinfection // *Ann. Emerg. Med.* – 2018. – Vol. 72, № 4. – P. 45–47.
10. Basseal J., Westerway S., Juraja M. et al. Guidelines for reprocessing ultrasound transducers // *Australas J. Ultras. Med.* – 2017. – Vol. 20. – P. 30–40.
11. Bouhemad B., Brisson H., Le-Guen M. et al. Bedside ultrasound assessment of positive endexpiratory pressure-induced lung recruitment // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2011. – Vol. 183. – P. 341–347.

REFERENCES

1. *Vremennye metodicheskie rekomendatsii. Profilaktika, diagnostika i lechenie novoy koronavirusnoy infektsii (COVID-19)*. [Provisional guidelines on prevention, diagnostics and treatment of the new coronavirus infection (COVID-19)]. Version no. 6 as of 28.04.2020. <https://base.garant.ru/73964533/>
2. *Klinicheskie rekomendatsii. Vnebolnichnaya pnevmoniya*. [Clinical guidelines. Community-acquired pneumonia]. 2018. <http://spulmo.ru/obrazovatelnye-resursy/federalnye-klinicheskie-rekomendatsii/>
3. Edict no. 919n by the Russian Ministry of Health as of 15.11.2012 On Approval of Procedure for Medical Care Provision to Adult Population in the Profile of Anesthesiology and Intensive Care. (In Russ.). <https://www.rosminzdrav.ru/documents/9128-prikaz-ministerstva-zdravoohraneniya-rossiyskoy-federatsii-ot-15-noyabrya-2012-g-919n-ob-utverzhenii-poryadka-okazaniya-meditsinskoy-pomoschi-vzrosloму-naseleniyu-po-profilyu-anesteziologii-i-reanimatologii>
4. Edict no. 554n by the Russian Ministry of Labor and Social Welfare as of 27.08.2018 On Approval of the Professional Standard for the Resuscitation Anesthetist. (In Russ.) <https://rg.ru/2018/09/18/mintrud-prikaz554-site-dok.html>
5. Edict no. 161n by the Russian Ministry of Labor and Social Welfare as of 19.03.2019 On Approval of the Professional Standard for the Ultrasound Specialist. (In Russ.) <https://rg.ru/2019/04/18/mintrud-prikaz161-site-dok.html>
6. Safonov D.V., Shakhov B.E. *Ultrazvukovaya diagnostika vospalitelnykh zabolevaniy legkikh: uchebnoye posobie*. [The ultrasound diagnostics of inflammatory pulmonary diseases: manual]. Moscow, Vidar Publ., 2011. 120 p.
7. Abramowicz J.S., Basseal J. WFUMB Position Statement: how to perform a safe ultrasound examination and clean equipment in the context of COVID-19. *Ultrazvukovaya i Funktsionalnaya Diagnostika*, 2020, no. 1, pp. 12–23. (In Russ.)
8. Abramowicz J.S., Evans D.H., Fowlkes J.B. et al. Guidelines for cleaning transvaginal ultrasound transducers between patients. *Ultrasound Med. Biol.*, 2017, vol. 43, pp. 1076–1079.
9. ACEP. American College of Emergency Physicians Guideline for Ultrasound Transducer Cleaning and Disinfection. *Ann. Emerg. Med.*, 2018, vol. 72, no. 4, pp. 45–47.
10. Basseal J., Westerway S., Juraja M. et al. Guidelines for reprocessing ultrasound transducers. *Australas J. Ultras. Med.*, 2017, vol. 20, pp. 30–40.
11. Bouhemad B., Brisson H., Le-Guen M. et al. Bedside ultrasound assessment of positive endexpiratory pressure-induced lung recruitment. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2011, vol. 183, pp. 341–347.

12. Buonsenso D., Pata D., Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound // *Lancet Respir. Med.* - 2020. - Vol. 8, № 5. - P. 27.
13. Buonsenso D., Piano A., Raffaelli F. et al. Pointof 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, № 5. - P. 2776-2780.
14. CDC. Center for Disease Control Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Patients with Suspected or Confirmed Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Healthcare Settings. 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>.
15. Demi L., van Hoeve W., van Sloun R. J. G. et al. Determination of a potential quantitative measure of the state of the lung using lung ultrasound spectroscopy // *Sci. Rep.* - 2017. - Vol. 7. - P. 12746.
16. Demi M., Prediletto R., Soldati G. et al. Physical mechanisms providing clinical information from ultrasound lung images: hypotheses and early confirmations // *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control.* - 2020. - Vol. 67. - P. 612-623.
17. Fang Y., Zhang H., Xie J. et al. Sensitivity of chest CT for COVID-19: comparison to RT-PCR // *Radiology.* - 2020. - Vol. 19. - P. 200432.
18. Guidance on Preparing Workplaces for COVID-19. United States Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. 2020. <https://www.hssl.org/?abstract&did=835167>.
19. Huang Y., Wang S., Liu Y. et al. A preliminary study on the ultrasonic manifestations of peripulmonary lesions of non-critical novel coronavirus pneumonia (COVID-19) // *SSRN.* - 2020. - Vol. 1. - P. 14.
20. Jin Y. H., Cai L., Cheng Z. S. et al. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version) // *Mil. Med. Res.* - 2020. - Vol. 7, № 1. - P. 4.
21. Lichtenstein D.A. Lung Ultrasound in the Critically ill. The BLUE Protocol. *Cham // Springer.* - 2016. - 376. Vol. 1. - P. 376. doi: 10.1007/978-3-319-15371-1.
22. Lichtenstein D. A. Lung ultrasound in the critically ill // *Ann. Intens. Care.* - 2014. - Vol. 4. - <https://doi.org/10.1186/2110-5820-4-1>.
23. Lichtenstein D., Mezière G. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure // *Chest.* - 2008. - Vol. 134. - P. 117-125.
24. Mayo P.H., Copetti R., Feller-Kopman D. et al. Thoracic ultrasonography: a narrative review // *Intens. Care Med.* - 2019. - Vol. 45. - P. 1200-1211.
25. Mojoli F., Bouhemad B., Mongodi S. et al. Lung ultrasound for critically ill patients // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* - 2019. - Vol. 199. - P. 701-714.
26. Muller T., Martiny H., Merz E. et al. DEGUM Recommendations on Infection Prevention in Ultrasound and Endoscopic Ultrasound // *Ultraschall Med.* - 2018. - Vol. 39. - P. 284-303.
27. Nyhsen C. M., Humphreys H., Koerner R. J. et al. Infection prevention and control in ultrasound – best practice recommendations from the European Society of Radiology Ultrasound Working Group // *Insights Imaging.* - 2017. - Vol. 8. - P. 523-535.
28. Ong S. W. X., Tan Y. K., Chia P. Y. et al. Air, surface, environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient // *J. Am. Med. Association.* - 2020. - Vol. 323, № 16. - P. 1610-1612.
29. Pan F., Ye T., Sun P. et al. Time course of lung changes of chest CT during recovery from 2019 novel coronavirus (COVID-19) pneumonia // *Radiology.* - 2020. - Vol. 295. - P. 3.
30. Peng Q., Wang X., Zhang. L. Findings of lung ultrasonography of novel coronavirus pneumonia during the 2019–2020 epidemic // *Intens. Care Med.* - 2020. - Vol. 1. - P. 2.
31. Pereira E. Jr., Bethlem M., Vieira A. et al. Lung ultrasound in COVID-19 pandemic. Should be used for diagnosis and monitoring from now on? // *WINFOCUS.* - 2020. - Vol. 1. - P. 1-3.
32. Poggiali E., Dacrema A., Bastoni D. et al. Can Lung US Help Critical Care Clinicians in the Early Diagnosis of Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia? // *Radiology.* - 2020. - 200847. - Vol. 1. - P. 1-3. doi:10.1148/radiol.2020200847.
33. Sign A., Mei X., Huang M. et al. Chest CT findings in coronavirus disease-19 (COVID-19): relationship to duration of Infection // *Radiology.* - 2020. - Vol. 20. - P. 200463.
34. Skowronek P., Wojciechowski A., Leszczynski P. et al. Can diagnostic ultrasound scanners be a potential vector of opportunistic bacterial infection? // *Med. Ultrason.* - 2016. - Vol. 18. - P. 326-331.
35. Soldati G., Demi M., Inchingolo R. et al. On the physical basis of pulmonary sonographic interstitial syndrome // *J. Ultrasound Med.* - 2016. - Vol. 35. - P. 2075-2086.
12. Buonsenso D., Pata D., Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. *Lancet Respir. Med.*, 2020, vol. 8, no. 5, pp. 27.
13. Buonsenso D., Piano A., Raffaelli F. et al. Pointof 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, pp. 2776-2780.
14. CDC. Center for Disease Control Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Patients with Suspected or Confirmed Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Healthcare Settings. 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>.
15. Demi L., van Hoeve W., van Sloun R.J.G. et al. Determination of a potential quantitative measure of the state of the lung using lung ultrasound spectroscopy. *Sci. Rep.*, 2017, vol. 7, pp. 12746.
16. Demi M., Prediletto R., Soldati G. et al. Physical mechanisms providing clinical information from ultrasound lung images: hypotheses and early confirmations. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control.*, 2020, vol. 67, pp. 612-623.
17. Fang Y., Zhang H., Xie J. et al. Sensitivity of chest CT for COVID-19: comparison to RT-PCR. *Radiology*, 2020, vol. 19, pp. 200432.
18. Guidance on Preparing Workplaces for COVID-19. United States Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. 2020. <https://www.hssl.org/?abstract&did=835167>.
19. Huang Y., Wang S., Liu Y. et al. A preliminary study on the ultrasonic manifestations of peripulmonary lesions of non-critical novel coronavirus pneumonia (COVID-19). *SSRN*, 2020, vol. 1, pp. 14.
20. Jin Y.H., Cai L., Cheng Z.S. et al. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version). *Mil. Med. Res.*, 2020, vol. 7, no. 1, pp. 4.
21. Lichtenstein D.A. Lung Ultrasound in the Critically ill. The BLUE Protocol. *Cham. Springer*, 2016, 376, vol. 1, pp. 376. doi: 10.1007/978-3-319-15371-1.
22. Lichtenstein D.A. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann. Intens. Care*, 2014, vol. 4. <https://doi.org/10.1186/2110-5820-4-1>.
23. Lichtenstein D., Mezière G. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure. *Chest*, 2008, vol. 134, pp. 117-125.
24. Mayo P.H., Copetti R., Feller-Kopman D. et al. Thoracic ultrasonography: a narrative review. *Intens. Care Med.*, 2019, vol. 45, pp. 1200-1211.
25. Mojoli F., Bouhemad B., Mongodi S. et al. Lung ultrasound for critically ill patients. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 2019, vol. 199, pp. 701-714.
26. Muller T., Martiny H., Merz E. et al. DEGUM Recommendations on Infection Prevention in Ultrasound and Endoscopic Ultrasound. *Ultraschall Med.*, 2018, vol. 39, pp. 284-303.
27. Nyhsen C.M., Humphreys H., Koerner R.J. et al. Infection prevention and control in ultrasound – best practice recommendations from the European Society of Radiology Ultrasound Working Group. *Insights Imaging*, 2017, vol. 8, pp. 523-535.
28. Ong S.W.X., Tan Y.K., Chia P.Y. et al. Air, surface, environmental, and personal protective equipment contamination by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) from a symptomatic patient. *J. Am. Med. Association*, 2020, vol. 323, no. 16, pp. 1610-1612.
29. Pan F., Ye T., Sun P. et al. Time course of lung changes of chest CT during recovery from 2019 novel coronavirus (COVID-19) pneumonia. *Radiology*, 2020, vol. 295, pp. 3.
30. Peng Q., Wang X., Zhang. L. Findings of lung ultrasonography of novel coronavirus pneumonia during the 2019–2020 epidemic. *Intens. Care Med.*, 2020, vol. 1, pp. 2.
31. Pereira E.Jr., Bethlem M., Vieira A. et al. Lung ultrasound in COVID-19 pandemic. Should be used for diagnosis and monitoring from now on? *WINFOCUS*, 2020, vol. 1, pp. 1-3.
32. Poggiali E., Dacrema A., Bastoni D. et al. Can Lung US Help Critical Care Clinicians in the Early Diagnosis of Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia? *Radiology*, 2020, 200847, vol. 1, pp. 1-3. doi:10.1148/radiol.2020200847.
33. Sign A., Mei X., Huang M. et al. Chest CT findings in coronavirus disease-19 (COVID-19): relationship to duration of Infection. *Radiology*, 2020, vol. 20, pp. 200463.
34. Skowronek P., Wojciechowski A., Leszczynski P. et al. Can diagnostic ultrasound scanners be a potential vector of opportunistic bacterial infection? *Med. Ultrason.*, 2016, vol. 18, pp. 326-331.
35. Soldati G., Demi M., Inchingolo R. et al. On the physical basis of pulmonary sonographic interstitial syndrome. *J. Ultrasound Med.*, 2016, vol. 35, pp. 2075-2086.

36. Soldati G., Demi M., Smargiassi A. et al. The role of ultrasound lung artifacts in the diagnosis of respiratory diseases // *Expert. Rev. Respir. Med.* - 2019. - Vol. 13. - P. 163-172.
37. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? // *J. Ultrasound Med.* - 2020. - Vol. 10. - P. 1002.
38. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Lung ultrasonography and vertical artifacts: the shape of air // *Respiration.* - 2015. - Vol. 90. - P. 86.
39. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Lung ultrasonography may provide an indirect estimation of lung porosity and airspace geometry // *Respiration.* - 2014. - Vol. 88. - P. 458-468.
40. Soldati G., Smargiassi A., Mariani A. A. et al. Novel aspects in diagnostic approach to respiratory patients: is it the time for a new semiotics? // *Multidiscip. Respir. Med.* - 2017. - Vol. 12. - P. 15.
41. Soummer A., Perbet S., Brisson H. et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress // *Crit. Care Med.* - 2012. - Vol. 40, № 7. - P. 2064-2072.
42. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M. et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound // *Intens. Care Med.* - 2012. - Vol. 38, № 4. - P. 577-591.
43. Yoon S.H., Lee K.H., Kim J.Y. et al. Chest radiographic and CT findings of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): analysis of nine patients treated in Korea // *Korean J. Radiol.* - 2020. - Vol. 21. - P. 494-500.
44. Yuhui W., Chengjun D., Yue H. et al. Temporal Changes of CT Findings in 90 Patients with COVID-19 Pneumonia: A Longitudinal Study // *Radiology.* - 2020. - Vol. 1. - P. 1-21. doi:10.1148/radiol.2020200843.
45. World Health Organization. Infection prevention and control during health care when COVID-19 is suspected Interim guidance. 2020. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331495>.
46. World Health Organisation. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report. 2020. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>.
47. Wuzhu L., Shushan Z., Binghui C. 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. 1. - P. 1-15. doi: 10.1055/a-1154-8795.
36. Soldati G., Demi M., Smargiassi A. et al. The role of ultrasound lung artifacts in the diagnosis of respiratory diseases. *Expert. Rev. Respir. Med.*, 2019, vol. 13, pp. 163-172.
37. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? *J. Ultrasound Med.*, 2020, vol. 10, pp. 1002.
38. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Lung ultrasonography and vertical artifacts: the shape of air. *Respiration*, 2015, vol. 90, pp. 86.
39. Soldati G., Smargiassi A., Inchingolo R. et al. Lung ultrasonography may provide an indirect estimation of lung porosity and airspace geometry. *Respiration*, 2014, vol. 88, pp. 458-468.
40. Soldati G., Smargiassi A., Mariani A.A. et al. Novel aspects in diagnostic approach to respiratory patients: is it the time for a new semiotics? *Multidiscip. Respir. Med.*, 2017, vol. 12, pp. 15.
41. Soummer A., Perbet S., Brisson H. et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress. *Crit. Care Med.*, 2012, vol. 40, no. 7, pp. 2064-2072.
42. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M. et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intens. Care Med.*, 2012, vol. 38, no. 4, pp. 577-591.
43. Yoon S.H., Lee K.H., Kim J.Y. et al. Chest radiographic and CT findings of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): analysis of nine patients treated in Korea. *Korean J. Radiol.*, 2020, vol. 21, pp. 494-500.
44. Yuhui W., Chengjun D., Yue H. et al. Temporal Changes of CT Findings in 90 Patients with COVID-19 Pneumonia: A Longitudinal Study. *Radiology*, 2020, vol. 1, pp. 1-21. doi:10.1148/radiol.2020200843.
45. World Health Organization. Infection prevention and control during health care when COVID-19 is suspected Interim guidance. 2020. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/331495>.
46. World Health Organisation. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report. 2020. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>.
47. Wuzhu L., Shushan Z., Binghui C. 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. 1, pp. 1-15. doi: 10.1055/a-1154-8795.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГБНУ «НИИ общей реаниматологии
им. В. А. Неговского»,
107031, Москва, ул. Петровка, д. 25, стр. 2.

Старостин Даниил Олегович

ассистент кафедры анестезиологии и реаниматологии.

E-mail: starostin_daniil@mail.ru

ORCID 0000-0002-5069-6080

Кузовлев Артем Николаевич

доктор медицинских наук, заместитель директора,
руководитель.

E-mail: artem_kuzovlev@mail.ru

ORCID 0000-0002-5930-0118

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

V.A. Negovsky Scientific Research Institute of General
Reanimatology,
25, Build. 2, Petrovka St., Moscow, 107031.

Daniil O. Starostin

Assistant of Anesthesiology and Intensive Care Department.

Email: starostin_daniil@mail.ru

ORCID 0000-0002-5069-6080

Artem N. Kuzovlev

Doctor of Medical Sciences,
Deputy Director, Head.

Email: artem_kuzovlev@mail.ru

ORCID 0000-0002-5930-0118