

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕСТИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕГКИХ ПРИ COVID-19 С ПОМОЩЬЮ УЗИ

Кириллова М.С.¹, Степанова Ю.А.², Курочкина А.И.²

Цель исследования. . Оценить возможности УЗ-исследования легких в диагностике патологических изменений COVID-19.

Материалы и методы. В исследование включили 65 пациентов (50 женщин и 15 мужчин) с подозрением на новую коронавирусную инфекцию (COVID-19), которым с интервалом не более 24 часа было выполнено УЗИ и МСКТ легких.

Пациенты были разделены на две группы: в 1-ю группу включили 48 пациентов в стадии начала и прогрессирования пневмонии, во 2-ю группу – 17 пациентов с признаками выздоровления – нормализации сатурации на самостоятельном дыхании, снижения температуры тела (ниже 37,5°C).

Результаты. Были сопоставлены изменения в легких, выявленные при УЗИ и МСКТ, также была изучена корреляция этих изменений с функцией легких, оцененной по сатурации крови, необходимости в инсуффляции кислорода, неинвазивной и искусственной вентиляции легких.

У пациентов без признаков выздоровления УЗ-тяжесть соответствовала тяжести МСКТ. У пациентов с признаками выздоровления УЗ-тяжесть меньше МСКТ-тяжести как минимум на 25% в большинстве случаев.

При сравнении пациентов, имеющих признаки выздоровления и находящихся в стадии начала заболевания, были выявлены достоверные различия по УЗ-тяжести (1,17 против 2,1 соответственно, $p=0,01$). Важно, что различия по МСКТ-тяжести в этих группах не достоверны.

Была выявлена связь степени дыхательной недостаточности и УЗ-тяжести как в общей группе пациентов, так и по подгруппам. Чем выше степень дыхательной недостаточности, тем больше УЗ-тяжесть, $p=0,00001$.

Заключение. УЗИ легких позволяет заподозрить пневмонию COVID-19, что особенно актуально в период пандемии. У пациентов в стадии начала и разгара пневмонии УЗ-тяжесть заболевания, оцененная по площади поражения, соответствует тяжести МСКТ. У пациентов с признаками выздоровления УЗ-тяжесть существенно меньше тяжести МСКТ.

Ключевые слова: новая коронавирусная инфекция, COVID-19, ультразвуковое исследование, мультиспиральная компьютерная томография, первичная диагностика, консолидация, интерстициальные изменения легких, дыхательная недостаточность.

Контактный автор: Кириллова М.С., e-mail: mkirillovas@gmail.com

Для цитирования: Кириллова М.С., Степанова Ю.А., Курочкина А.И. Определение тяжести патологических изменений легких при COVID-19 с помощью УЗИ. REJR 2021; 11(1):15-27. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-15-27.

Статья получена: 21.12.20

Статья принята: 04.02.21

1 – ГКБ им. В.П. Демидова (ГКБ №68 г. Москвы).
г. Москва, Россия.
2 – ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России.
г. Москва, Россия.

SEVERITY DETERMINATION OF LUNG PATHOLOGICAL CHANGES CAUSED BY COVID-19 USING ULTRASOUND

Kirillova M.S.¹, Stepanova Yu.A.², Kurochkina A.I.²

Purpose. To assess the possibilities of ultrasound examination of the lungs in the diagnosis of COVID-19 pathological changes.

Materials and methods. 65 patients (50 women and 15 men) with suspected novel coronavirus infection (COVID-19), underwent ultrasound and MSCT of the lungs with an interval of no more than 24 hours, were included at the study.

The patients were divided into two groups: the 1st group included 48 patients at the stage of the onset and progression of pneumonia, the 2nd group - 17 patients with signs of recovery - normalization of oxygen saturation on spontaneous breathing, decrease in body temperature (below 37.5 °C).

Results. Changes in the lungs detected by ultrasound and MSCT were compared, and the correlation of these changes with lung function, assessed by blood saturation, the need for oxygen insufflation, non-invasive and mechanical ventilation, was studied.

In patients without signs of recovery, ultrasound severity corresponded to the severity of MSCT. In patients with signs of recovery, the US-severity is less than the MSCT severity by at least 25% in most cases.

When comparing patients with signs of recovery and those at the onset of the disease, significant differences in ultrasound severity were revealed (1.17 versus 2.1, respectively, $p = 0.01$). It is important that the differences in MSCT severity in these groups are not significant.

A correlation was found between the degree of respiratory failure and ultrasound severity both in the general group of patients and in subgroups. The higher the degree of respiratory failure, the greater the US-severity, $P = 0.00001$.

Conclusion. Ultrasound of the lungs allows one to suspect COVID-19 pneumonia, which is especially important during a pandemic. In patients at the onset and peak of pneumonia, the ultrasound severity of the disease, assessed by the area of the lesion, corresponds to the severity of MSCT. In patients with signs of recovery, ultrasound severity is significantly less than the severity of MSCT and is more strongly correlated with impaired lung function.

Keywords: novel coronavirus infection, COVID-19, ultrasound, multispiral computed tomography, primary diagnosis, consolidation, interstitial lung changes, respiratory failure.

Corresponding author: Kirillova M.S., e-mail: mkirillovas@gmail.com

For citation: Kirillova M.S., Stepanova Yu.A., Kurochkina A.I. Severity determination of lung pathological changes caused by COVID-19 using ultrasound. REJR 2021; 11(1):15-27. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-15-27.

Received: 21.12.20

Accepted: 04.02.21

Инфекция, вызванная новым коронавирусом SARS-CoV-2, включена в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих [1], а 11 марта 2020 г. ВОЗ объявила о начале пандемии COVID-19.

Известно, что наиболее распространенным клиническим проявлением новой коронавирусной инфекции является поражение легких в виде двусторонней пневмонии либо развития острого респираторного дистресс синдрома (ОРДС) [2].

Диагностические методы, основанные на

визуализации патологических очагов легких крайне важны как для установки диагноза, так и для определения тяжести течения пневмонии COVID-19. «Золотым стандартом» в диагностике пневмонии COVID-19 является мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) легких, но она имеет ряд ограничений: слабая доступность данной технологии в широкой практике; необходимость транспортировки пациентов в кабинет МСКТ, что бывает невозможно для тяжёлых нестабильных пациентов, и требует более сложных и длительных противоэпидемических мероприятий; воздействие лучевой нагрузки;

1 - V.P. Demikhova City Clinical Hospital (City Clinical Hospital No. 68 in Moscow).

2 - A.V. Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery. Moscow, Russia.

высокая потребность в МСКТ для диагностики других заболеваний. Важными преимуществами в сравнении с МСКТ обладает рентгенография органов грудной клетки (РГ) с использованием передвижных (палатных) аппаратов: большая доступность, отсутствие необходимости транспортировки пациента, большая пропускная способность и меньшее время для противоэпидемических мероприятий. Однако РГ имеет низкую чувствительность при вирусных пневмониях, особенно при необходимости выявления начальных изменений [2].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) легких также является методом визуализации пневмонии COVID-19, благодаря своей высокой чувствительности к субплевральным изменениям легких. Это простой, быстрый, «прикроватный», доступный, дешевый, не связанный с облучением метод исследования. Отсутствие необходимости транспортировки пациента в отдельный кабинет для исследования и более простая дезинфекция ультразвукового аппарата, особенно портативного, играют существенную роль в ограничении распространения инфекции [3, 4].

Однако множественные ограничения метода: отсутствие визуализации патологии, не достигающей поверхности легкого, невозможность определения глубины распространения видимых изменений и другие ограничения, ставят под сомнение ценность использования УЗИ легких.

В нашей стране УЗИ легких у пациентов с COVID-19 пневмонией является лишь дополнительным методом визуализации, не включено в клинические рекомендации и стандарты оказания медицинской помощи по диагностике и лечению внебольничной пневмонии [2].

В последние несколько месяцев появилось большое количество исследований, указывающих на то, что УЗИ легких сравнимо с МСКТ и более информативно, чем стандартная рентгенография для оценки пневмонии и ОРДС [5].

А учитывая многочисленные преимущества метода, актуальные именно для массовых инфекционных заболеваний, вопрос изучения и подтверждения возможностей УЗИ в диагностике COVID-19 крайне важен.

Цель исследования.

Оценить возможности УЗ-исследования легких в диагностике пневмонии COVID-19.

Материалы и методы. В период с марта по май 2020 года в ГКБ им. В.П. Демикова, функционирующей как Ковидный центр, 150 пациентам выполнено УЗИ легких. В исследование включили 65 пациентов (50 женщин и 15 мужчин) с подозрением на новую коронавирусную инфекцию (COVID-19), которым с интервалом не более 24 часа было выполнено УЗИ и МСКТ легких. Возраст пациентов, включенных в исследование, варьировал в пределах от 23 до

98 лет и в среднем составлял 52,8 года.

Всем пациентам оценивали функцию дыхания на момент проведения УЗИ и МСКТ. Не требовали кислородной поддержки на самостоятельном дыхании 47 (72,3%) пациентов, из них имели нормальную сатурацию (больше 95%) 37 (56,9%), и сниженную (от 89% до 94%) – 10 (15,4%). Инсуффляция кислорода требовалась 4 (6,2%) пациентам, неинвазивная вентиляция легких (НИВЛ) проводилась 6 (9,2%) пациентам, искусственная вентиляция легких (ИВЛ) – 8 (12,3%)

Диагноз новая коронавирусная инфекция был установлен на основании положительного результата полимеразной цепной реакции (ПЦР) на содержание РНК SARS-CoV-2 в отделяемом из носоглотки, верхних дыхательных путей, мокроты у 58 пациентов; данный диагноз был поставлен по сочетанию типичной клинической картины и характерным изменениям на МСКТ при отрицательном результате ПЦР у 7 пациентов.

Пациенты были разделены на две группы в зависимости от срока от начала заболевания и от наличия у них признаков выздоровления – нормализации сатурации на самостоятельном дыхании, снижения температуры тела (ниже 37,5°C), положительной динамики по другим имеющимся жалобам (боли в грудной клетке, чувство заложенности в груди). В 1-ую группу вошли 48 (73,8%) пациентов, которые находились в стадии начала или разгара заболевания; во 2-ую группу – 17 (26,2%) пациентов, которые имели перечисленные выше признаки выздоровления или выраженной положительной динамики, а также у этих пациентов срок от начала заболевания составлял более 7 дней.

МСКТ легких выполнялась в нативном режиме в положении пациента лежа на спине, оценивались распространенность и виды поражения легких, степень вероятности COVID-19.

С помощью МСКТ оценивалась тяжесть поражения легочной ткани на основании суммарного объема изменений легочной ткани: участков «матового стекла» и консолидаций. Степень тяжести «1» соответствовала поражению 0-25% паренхимы легких, степень «2» соответствовала поражению 25-50%, «3» – 50-75%, «4» – 75-100% [6].

УЗИ легких проводили по 20-зонному протоколу, используя конвексные и/или линейные датчики с рабочей частотой от 3 до 12 МГц. УЗИ выполнялось по парастернальной, переднеподмышечной, заднеподмышечной, паравертебральной линиям. Горизонтальное деление на зоны осуществлялось приблизительным делением визуализируемого легкого на равные 2 или 3 части. Схема выполнения УЗИ легких представлена на рисунке 1. Увеличение количества осматриваемых зон протокола (с 12-зонного,

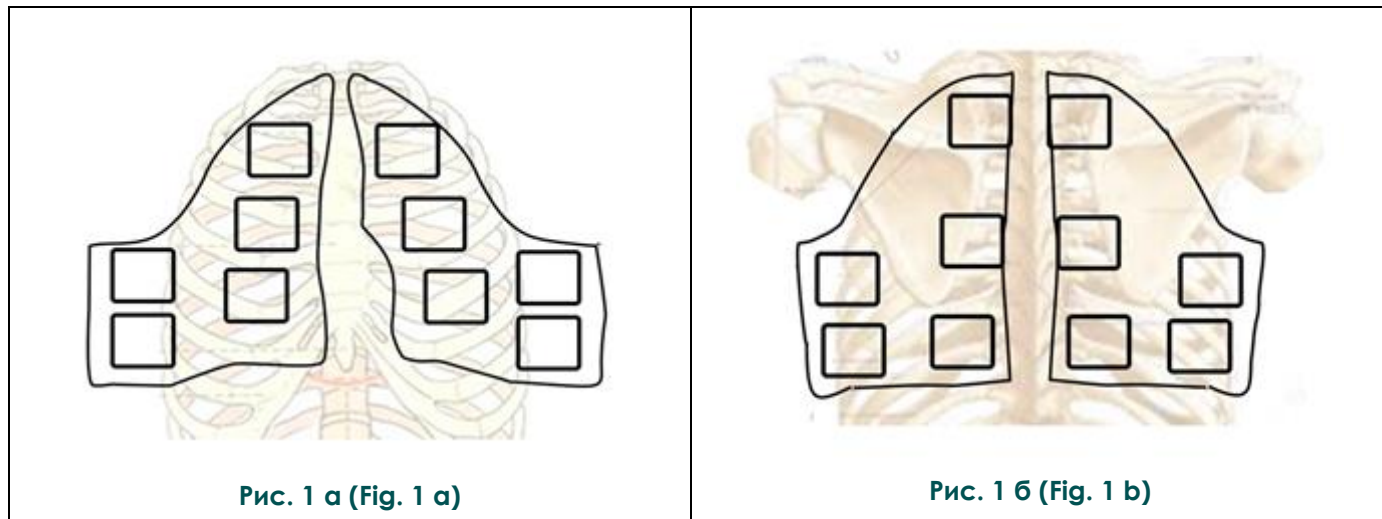


Рис. 1. Схема 20-ти зонного протокола УЗИ легких.

а – передние и переднебоковые зоны; б – задние и заднебоковые зоны.

Fig. 1. Scheme of a 20-zone lung ultrasound protocol.

a – anterior and anterolateral zones; b – posterior and posterolateral zones.

используемого в большинстве исследований [7 - 9] до 20-зонного) выполнено с целью повышения точности диагностики за счет более подробного осмотра максимальной поверхности легких.

Очистка, обеззараживание оборудования и безопасное проведение ультразвукового исследования в условиях COVID-19 осуществлялось в соответствии с официальными рекомендациями [10].

Для облегчения интерпретации данных и удобства динамического контроля ультразвуковые изменения в легких, характерные для COVID-19, классифицировали по уже описанным в литературе градациям [11]: отсутствие патологии, умеренные интерстициальные изменения, выраженные интерстициальные изменения с микроконсолидациями или без них, кортикальные и обширные консолидации.

Статистический анализ выполнен с помощью программы Statistica.

Результаты.

При сопоставлении умеренных и выраженных интерстициальных изменений, выявленных при УЗИ и изменений, визуализируемых при МСКТ в этих же местах, оказалось, что УЗ-признаки, которые формально подходили под одну и ту же градацию, имели различные проявления на МСКТ и, соответственно, по-разному учитывались при оценке тяжести поражения легких. Учитывая это, известная система градации была нами видоизменена и усовершенствована. Наряду с общеизвестными характеристиками В-линий (отходят от плевральной линии, достигают нижней границы экрана, стирают горизонтальные А-линии, двигаются вместе с плевральной линией (рис. 2)),

нами были выделены еще два признака В-линии – насыщенность и толщина.

Добавление новых характеристик В-линий повлияло на перераспределение выявляемых изменений легких внутри градаций.

Умеренные интерстициальные изменения соответствуют неизменной утолщенной неровной плевральной линии и множественным В-линиям (больше 2 шт.). Характеристика В-линий в этой градации на основе новых признаков: неинтенсивные «полупрозрачные» (эхогенность которых ниже эхогенности плевральной линии), тонкие (максимальная толщина до 3 мм в месте отхождения от плевральной линии) без микроконсолидаций (рис. 3). Данные изменения были выявлены у 28 пациентов, они не соответствовали никаким субплевральным изменениям на МСКТ.

Выраженные интерстициальные изменения при УЗИ выглядят как сливающиеся между собой В-линии любой интенсивности (толщина более 1 см), часто с формированием фокальных участков сплошного экзогенного фона за плевральной линией – зон «белого легкого». Такие изменения выявлялись в начальную фазу и фазу разгара пневмонии COVID-19 и в 100% случаев соответствовали субплевральным зонам матового стекла такого же размера на МСКТ. Даже при множественном и тяжелом поражении отмечались неравномерность и очаговость выраженных интерстициальных изменений с визуализацией А-линий между ними, в отличие от диффузного поражения легкого, например, при отеке.

В градацию выраженных интерстициальных изменений нами также были добавлены несливающиеся, в том числе и единичные вы-



Рис. 2 а (Fig. 2 а)

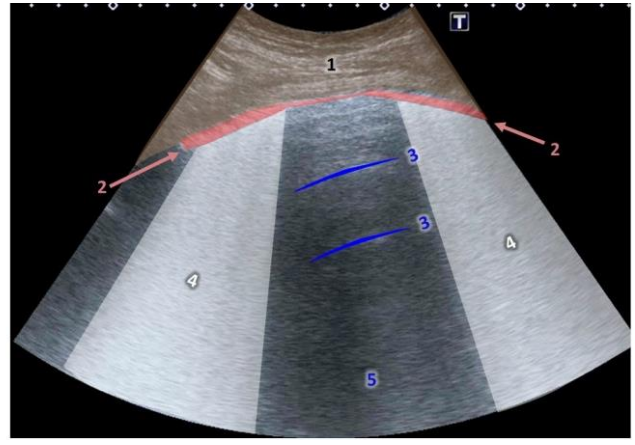


Рис. 2 б (Fig. 2 б)

Рис. 2. УЗИ. В-линий или артефакты хвоста кометы.

а – эхограмма; б – схематическое изображение. 1 – передняя грудная стенка; 2 – плевральная линия; 3 – А-линия; 4 – выраженные интерстициальные изменения «белое легкое»; 5 – нормальное легкое.

Fig. 2. Ultrasound. B-lines or comet tail artifacts.

а – echogram; б – schematic representation. 1 – anterior chest wall; 2 – pleural line; 3 – A-line; 4 – pronounced interstitial changes "white lung"; 5 – normal lung.

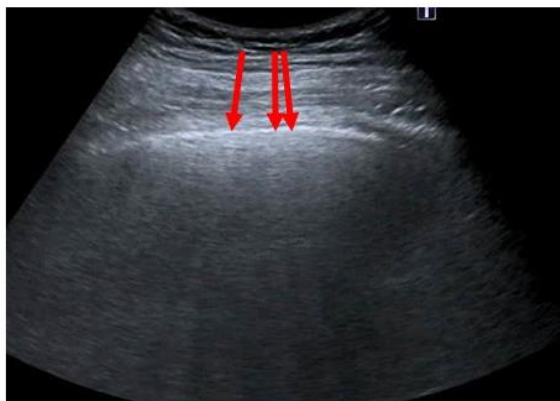
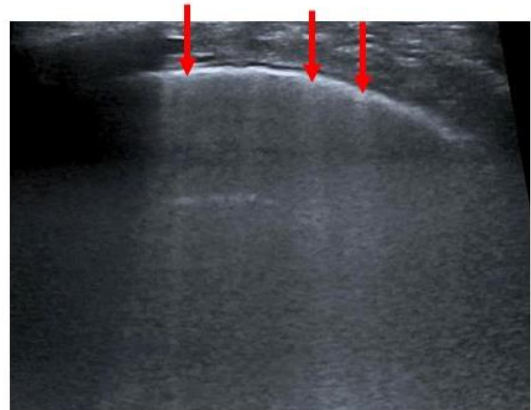
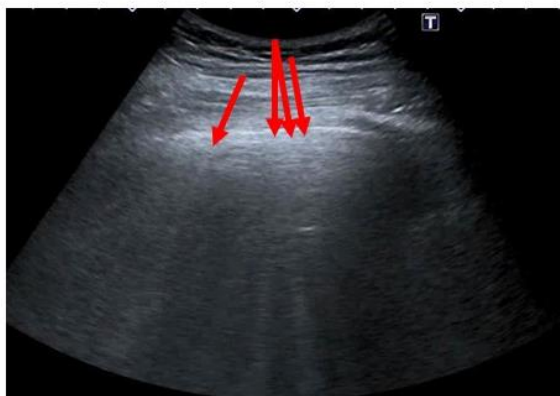


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. УЗ-изображение неутолщенных неинтенсивных В-линий (красные стрелки).

Fig. 3. Ultrasound image of non-thickened low-intensity B-lines (red arrows).

сокой интенсивности утолщенные В-линии (эхогенность которых соответствует эхогенности плевральной линии, а толщина более 3 мм в месте отхождения от плевральной линии), как с микроконсолидациями, так и без них (рис. 4). Такие одиночные утолщенные и/или интенсивные В-линии встречались при уменьшении и уплотнении зон «матового стекла» на МСКТ на стадии реконвалесценции.

Выраженные интерстициальные изменения были выявлены у 50 пациентов.

Кортикальные и сегментарные консолидации визуализировались в виде гипоэхогенных безвоздушных зон – зон «опеченения» легочной ткани, часто с воздушной аэробронхограммой, и были выявлены у 21 пациента. В режиме ЦДК кровотока в визуализируемых консолидациях не регистрировали ни у одного больного (100% наблюдений). Долевые и более обширные консолидации в нашем исследовании не встречались. Субплеврально расположенные консолидации, выявляемые при УЗИ легких, соответствовали консолидациям при МСКТ.

Оценку по грациям проводили в каждой зоне сканирования и фиксировали в протоколе. Для дальнейшей оценки тяжести поражения легких мы рассчитывали площадь пора-

жения легочной ткани как процент пораженной поверхности легких относительно всей поверхности легких. Для этого подсчитывали количество зон (точек), в которых были выявлены выраженные интерстициальные изменения или консолидации любых размеров. Умеренные интерстициальные изменения при подсчете количества зон не учитывали.

Площадь поражения высчитывали по формуле:

$$S = n/N \cdot 100,$$

где S – площадь поражения легочной ткани в %, n – число зон с выявленными указанными изменениями, N – общее число зон, на которое было условно разделены легкие.

В описанном исследовании общее число зон равнялось 20 (т.к. использовался 20-зонный протокол). Однако на основании формулы степень тяжести может быть определена и при использовании других протоколов, содержащих не менее 12 зон.

Изменения на УЗИ легких отсутствовали у 10 из 65 пациентов, что совпало с результатами МСКТ в 6 случаях, в 4 случаях при МСКТ были выявлены зоны «матового стекла» с различной степенью тяжести, соответствующие COVID-19. Интерстициальные изменения и консолидации,

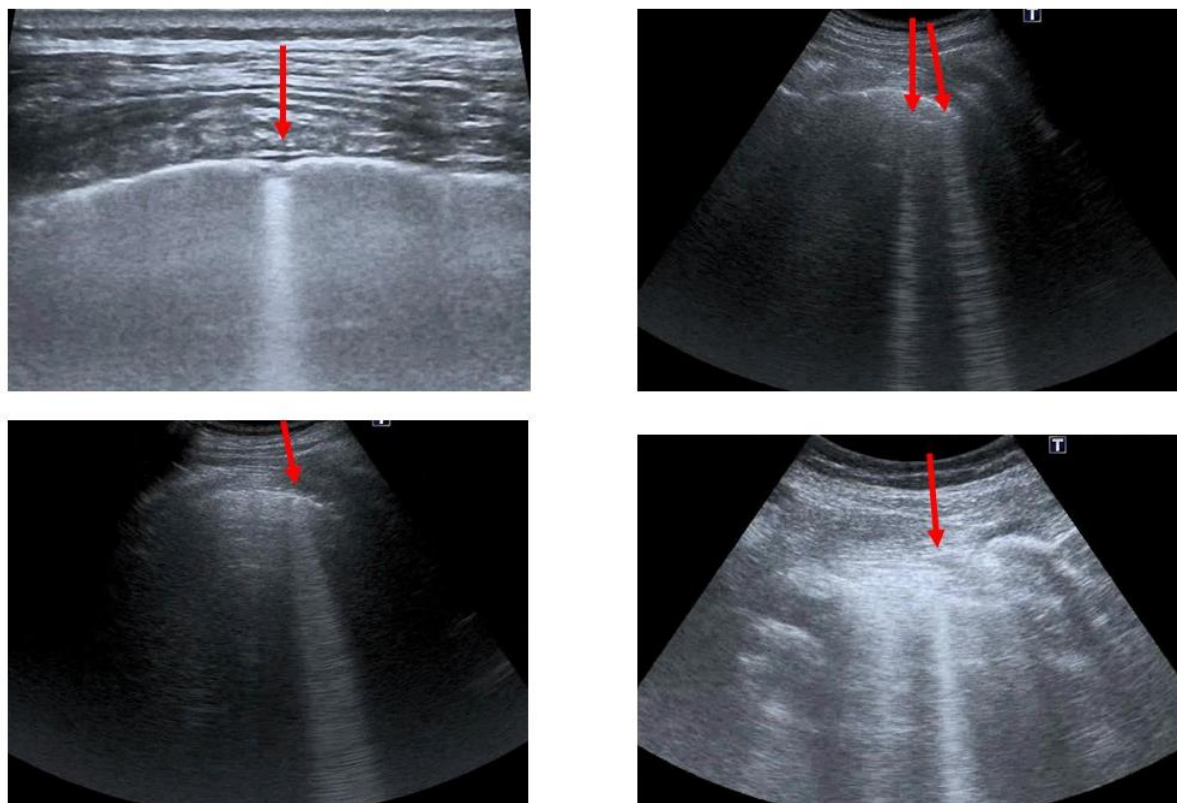


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. УЗ-изображение утолщенных интенсивных В-линий (указаны красными стрелками).

Fig. 4. Ultrasound image of thickened intense B-lines (indicated by red arrows).

характерные для COVID-19 были выявлены с помощью УЗИ у 51 пациента, у них МСКТ-картина соответствовала пневмонии COVID-19 с разной степенью вероятности. Чувствительность метода составила 93%, специфичность 100%.

Пациенты с изменениями на УЗИ были разделены на группы в зависимости от количества зон, в которых были выявлены выраженные интерстициальные изменения и консолидации. В каждой группе была посчитана площадь поражения по указанной выше формуле. Для облегчения сопоставления результатов каждому диапазону площади поражения по аналогии с МСКТ была присвоена степень тяжести от 1 до 4. Результаты представлены в таблице №1.

При статистическом анализе в общей

группе МСКТ-тяжести, т.к. по результатам УЗИ имеется достоверная связь с наличием или отсутствием признаков выздоровления – таблица №4, по результатам МСКТ достоверной связи нет – таблица №5.

Степень дыхательной недостаточности (ДН), оцененная по снижению сатурации крови, необходимости в кислородной поддержке, неинвазивной и искусственной вентиляции легких, имеет взаимосвязь с УЗ-тяжестью. Чем выше степень дыхательной недостаточности, тем больше УЗ-тяжесть, $p=0,00001$. При отсутствии на УЗИ изменений в легких у всех (11 из 11) пациентов не было отмечено дыхательной недостаточности; при УЗ-тяжести «1» у 90% пациентов (19 из 21) также не было дыхательной недостаточности; при УЗ-тяжести «2» у 50% пациентов (6 из 12) не было дыхательной недо-

Таблица №1. Распределение пациентов по степеням УЗ-тяжести заболевания.

Число зон с изменениями при УЗИ	Площадь поражения, посчитанная по формуле в %	Присвоенная степень УЗ-тяжести	Количество пациентов (n=65)
0	0	0	10
1-5	5-25	1	21
6-10	30-50	2	12
11-15	55-75	3	12
16-20	80-100	4	10

группе имеется достоверная связь между УЗ-тяжестью и МСКТ-тяжестью ($p < 0,0001$). У пациентов в стадии начала заболевания (1-ая группа) УЗ-тяжесть соответствовала тяжести МСКТ в 39 случаях из 49 (79,3%) и только в 4 случаях (8%) УЗ-тяжесть была меньше тяжести МСКТ, подробные результаты представлены в таблице №2.

статочности, у 42% отмечалось невыраженное снижение сатурации без необходимости инсуффляции кислорода, одному пациенту потребовалась ИВЛ. При УЗ-тяжести «3» только у 2 пациентов не было дыхательной недостаточности, в 83% (10 из 12) пациентов имелась дыхательная недостаточность, проявляющаяся снижением сатурации как на самостоятельном ды-

Таблица №2. Связь между УЗ-тяжестью и КТ-тяжестью в 1-ой группе.

УЗ-тяжесть	КТ-тяжесть					Всего
	0	1	2	3	4	
0	7 (100%)	0	0	0	0	7
1	0	12 (92,3%)	1 (7,7%)	0	0	13
2	0	1 (12,5%)	5 (62,5%)	2 (25%)	0	8
3	0	0	3 (27,3%)	7 (63,6%)	1 (9,1%)	11
4	0	0	0	2(20%)	8 (80%)	10
Всего	7	13	9	11	9	49

$p < 0,0001$.

У пациентов 2-ой группы (с признаками выздоровления) УЗ-тяжесть меньше МСКТ-тяжести в 76,5%. Например, УЗ-тяжесть, равная «1», соответствует МСКТ тяжести «2», что продемонстрировано в таблице №3.

Степень УЗ-тяжести больше связана с клинической картиной по сравнению со степе-

нии, так и требующая инсуффляции кислорода и вентиляции легких. При УЗ-тяжести «4» у всех пациентов (10 из 10) имелась дыхательная недостаточность, в большинстве случаев (8 из 10) требующая неинвазивной или искусственной вентиляции легких.

При анализе взаимосвязи МСКТ-тяжести

Таблица №3. Связь между УЗ-тяжестью и КТ-тяжестью в 2-ой группе.

УЗ-тяжесть	КТ-тяжесть					Всего
	0	1	2	3	4	
0	0	2 (50%)	1 (25%)	1(25%)	0	4
1	0	1 (12,5%)	1 (7,7%)	0	0	8
2	0	0	2 (50%)	2 (25%)	0	4
3	0	0	0	1 (100%)	0	1
4	0	0	0	0	0	0
Всего	0	3	8	6	0	17

p=0,00002.

Таблица №4. Распределение по степени тяжести по УЗИ в изучаемых группах.

Степень тяжести по УЗИ	Общая группа,	1-ая группа (пациенты без признаков выздоровления)	2-ая группа (пациенты с признаками выздоровления)	Сравнение двух пропорций (долей) p
Нет изменений (0)	11	7 (14,3%)	4 (23,5%)	>0.05
Умеренные (1-2)	33	21 (42,8%)	12 (70,6%)	0,049
Тяжелые (3-4)	22	21 (42,9%)	1 (6%)	0,007
Всего	66	49	17	

p=0,02, проценты по столбцам.

Таблица №5. Распределение по степени тяжести по МСКТ в изучаемых группах.

Степень тяжести по КТ	Общая группа,	1-ая группа (пациенты без признаков выздоровления)	2-ая группа (пациенты с признаками выздоровления)	Сравнение двух пропорций (долей) p
Нет изменений (0)	7	7 (14,3%)	0	>0.05
Умеренные (1-2)	34	22 (44,9%)	12 (70,6%)	>0.05
Тяжелые (3-4)	25	20 (40,8%)	5 (29,4%)	>0.05
Всего	66	49	17	

p=0,11, проценты по столбцам.

и ДН выявлено, что только тяжелая степень («3» и «4») по МСКТ говорит о наличии дыхательной недостаточности. Однако если при тяжелой степени по данным УЗИ она имела в 73% случаев, то при МСКТ лишь в 52%.

Таким образом, установлено, что УЗ-тяжесть больше взаимосвязана с функцией легких по сравнению с МСКТ-тяжестью.

Также выявлено, что в группе пациентов, у которых УЗ-тяжесть меньше МСКТ-тяжести, оказалось достоверно меньше (p=0,02) больных с дыхательной недостаточностью (24%) чем в группе, в которой УЗ-тяжесть больше МСКТ-тяжести (83%). В этой же группе функция легких оказалась существенно лучше (p=0,02), при оценке по сатурации, потребности в кислороде или в вентиляции легких. У большинства пациентов, которые нуждались в вентиляции легких

(14 наблюдений) УЗ-тяжесть была больше или равна МСКТ-тяжести (13 наблюдений или 93%)

Итак, разница между УЗ- и МСКТ-тяжестью связана с функцией легких и, если УЗ-тяжесть больше, это свидетельствует о тяжелом состоянии пациента.

Обсуждение.

В представленной работе у всех пациентов с выявленной на МСКТ COVID-19 пневмонией также были обнаружены характерные изменения на МСКТ, т.е. специфичность УЗИ составила 100%, а чувствительность – 93%. Говорит ли это о том, что УЗИ легких можно использовать для установки диагноза новой коронавирусной инфекции?

При анализе литературы нам встретилось много работ, в которых получены схожие с нами результаты, свидетельствующие о высо-

кой информативности УЗИ легких в диагностике COVID-19, схожей с МСКТ [12 - 14] или даже превышающей чувствительность МСКТ [15]. Более того, появились данные о возможности стратифицировать вероятность COVID-19 по данным УЗИ как низкую, среднюю или высокую [16].

При этом очень важно понимать, что большинство приведенных исследований, в том числе наше, проводилось в особых условиях – условиях пандемии и массового поступления пациентов только с диагнозом новая коронавирусная инфекция или подозрением на неё. Т.е. количество другой легочной патологии на этом фоне было резко снижено, соответственно, и возможность проведения полноценного анализа информативности метода, прежде всего специфичности, резко ограничена.

Необходимо добавить, что имеется большое количество патологии, так же проявляющейся именно очаговыми интерстициальными изменениями, как с консолидациями, так и без: саркоидоз [17, 18], пневмония при гриппе и других вирусных поражениях [19, 20], ушиб легкого [21], очаговый интерстициальный фиброз [3, 22], острый респираторный дистресс-синдром [3, 23], туберкулез [24]. Картина очагового интерстициального синдрома также часто наблюдается на границе с пневмонической консолидацией, зоной инфаркта легкого, ателектаза и новообразования [25].

При тяжелом течении COVID-19 и обширном поражении легкого возникает необходимость проводить дифференциальный диагноз и с заболеваниями, проявляющимися диффузными интерстициальными изменениями: отек легкого любой этиологии, диффузные легочные заболевания (фиброз, саркоидоз, диссеминированный туберкулез) [3, 26].

То есть, несмотря на то, что доказана высокая чувствительность и специфичность УЗИ к интерстициальным изменениям (87,6% и 84,2% соответственно), при этом УЗ-метод не может помочь в установлении этиологии этих изменений [26, 27]. Именно поэтому итальянские врачи в работе с метафорическим названием «не все, что блестит сегодня, окажется золотом завтра» призывают с осторожностью подходить к диагностике пневмонии COVID-19 с помощью УЗИ из-за вероятности ошибок, сопряженных с дальнейшей неверной тактикой ведения пациентов [28].

Мы согласны с нашими итальянскими коллегами, что УЗИ легких не может самостоятельно установить или подтвердить диагноз COVID-19. Но считаем, что можно заподозрить диагноз вирусной пневмонии при УЗ-картине очаговых интерстициальных изменений с или без консолидаций при сочетании нескольких условий:

- 1) исследование выполняется во время эпидемии вируса, вызывающего пневмонию;
- 2) у пациента отмечается клиническая картина ОРВИ;
- 3) у пациента нет заболеваний легких в анамнезе.

В этом случае вероятность ложноположительного результата минимальна.

В нашем исследовании также выявлено, что УЗ-тяжесть соответствует МСКТ-тяжести в группе пациентов в стадии начала и прогрессирования пневмонии, и достоверно меньше МСКТ-тяжести в группе пациентов с признаками разрешения заболевания. И действительно, во второй группе у большинства пациентов при сохранении обширных поражений на МСКТ, площадь поражения при УЗИ не соответствовала, т.е. была значительно меньше. У нескольких пациентов даже не было выявлено изменений при МСКТ-тяжести 2 и 3. Почему такое несоответствие отмечается именно в группе выздоравливающих? Дело в том, что периферическое уменьшение зон матового стекла и консолидаций при разрешении пневмонии приводит к тому, что между поверхностью легкого и патологическим участком восстанавливается легочная ткань нормальной воздушности [29], что делает их недоступными для УЗИ. И действительно, если посмотреть на динамику патологических изменений на МСКТ (рис. 5), можно увидеть, что периферические очаги, уменьшаясь, перестают достигать плевральной линии.

При анализе литературных данных были выявлены результаты, противоречащие нашим данным о возможности оценки тяжести поражения легочной ткани с помощью УЗИ легких. Так, в Консенсусном заявлении РАСУДМ утверждается, что любая оценка по ультразвуковым градациям, используемая при COVID-19, не соответствует клиническим степеням тяжести и выраженности изменений по данным компьютерной томографии [11]. Нужно понимать, что в данной работе говорится об оценке тяжести лишь по градациям без учета площади поражения. И нельзя не согласиться, что при наличии информации только о выраженных интерстициальных изменениях (а это тяжелая степень потери воздушности легких), например, в обоих легких, действительно невозможно сделать вывод о тяжести течения пневмонии. Ведь данные изменения могут занимать 1-2 зону в каждом легком, и тогда это будет соответствовать легкому течению COVID-19, а могут визуализироваться во всех зонах сканирования, и тогда состояние пациента будет крайне тяжелое.

В тех работах, где учитывалась не только тяжесть самих изменений, но и их распространенность по зонам, выявлена связь УЗ- и МСКТ-тяжести [16, 30 - 32].

Данные об принципиальных различиях

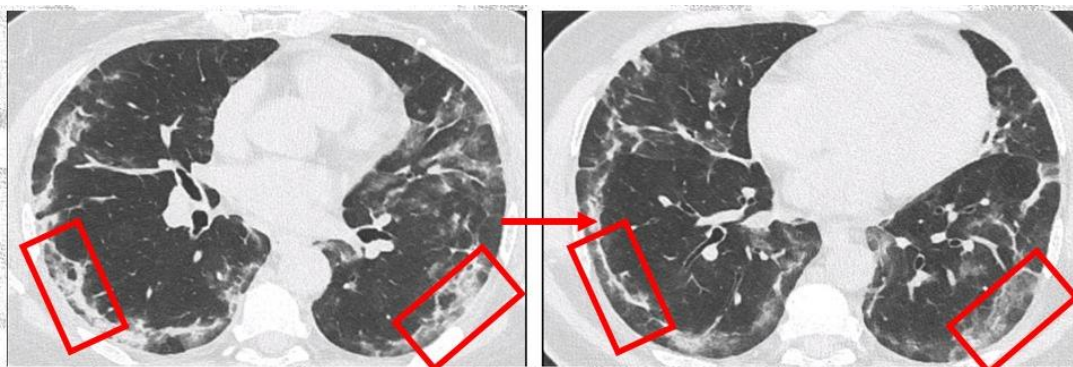


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. МСКТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость.

Уменьшение патологических очагов при МСКТ в динамике.

Fig. 5. MSCT, chest, axial views.

Reduction of pathological foci with MSCT in dynamics.

УЗ- и МСКТ-тяжести у пациентов с признаками разрешения пневмонии в указанных исследованиях отсутствовали. Вероятно, это связано с тем, что данная категория выздоравливающих больных не была представлена в этих работах.

Взаимосвязь между функцией легких и результатами УЗИ легких убедительно демонстрируется в работах последние 15 лет [33, 34]. Проводятся исследования на эту тему и при COVID-19 [7], где показано, что суммарный балл УЗИ (показатель тяжести потери воздушности легких) имеет значительную отрицательную корреляцию с индексом оксигенации. Эти данные совпадают с нашими результатами, но нами выявлено, что УЗ-тяжесть больше коррелирует с функцией дыхания по сравнению с МСКТ-тяжестью. Отмечено, что разница между УЗ- и МСКТ-тяжестью связана с функцией легких и, если УЗ-тяжесть больше, это свидетельствует о тяжелом состоянии пациента и наоборот. Необходимы дополнительные исследования чувствительности УЗИ как метода оценки субплевральных изменений, требует подтверждения возможность прогнозирования течения заболевания по разнице в оценке тяжести по УЗИ и МСКТ.

Наше исследование возможности УЗД легочного поражения при COVID-19 продолжается, в том числе исследуется, какая будет последующая динамика заболевания в течение 2-5 дней в зависимости от того, различается ли оценка тяжести УЗИ и МСКТ-методов.

Список литературы:

1. Постановление Правительства РФ от 31 января 2020 г. N 66 "О внесении изменения в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих". Режим доступа: <https://base.garant.ru/73492109/> (дата обращения

Таким образом, УЗИ легких при COVID-19 является перспективным методом визуализации патологии легких, который может своевременно дать клиницистам важную объективную информацию, в дополнение к уже имеющимся показателям МСКТ.

Заключение.

В период пандемии COVID-19 с помощью УЗИ можно заподозрить поражение легких, вызванное SARS-CoV2 у пациентов с клинической картиной ОРВИ без сопутствующих заболеваний легких. При этом у пациентов в стадии начала и прогрессирования заболевания степень УЗ-тяжести соответствует МСКТ-тяжести.

У пациентов с признаками выздоровления УЗ-тяжесть в большинстве случаев меньше МСКТ-тяжести на 25% и более, либо сохраняющиеся изменения на МСКТ часто не выявляются при УЗИ.

По сравнению с МСКТ-тяжестью – УЗ-тяжесть больше связана с функцией дыхания. Разница между УЗ- и МСКТ-тяжестью связана с функцией легких и, если УЗ-тяжесть больше, это свидетельствует о наличии у пациента дыхательной недостаточности.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

10.04.2020).

2. Временные методические рекомендации "Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)". Версия № 6 от 28.04.2020. Режим доступа:

http://static.Consultant.ru/obj/file/doc/minzdrav_280420.pdf, свободный. Загл. с экрана. 30.04.2020.

3. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaiwas M., Lichtenstein D.A., Mathis G., Kirkpatrick A.W., Melniker L., Gargani L., Noble V.E., Via G., Dean A., Tsung J.W., Soldati G., Copetti R., Bouhemed B., Reissig A., Agricola E., Rouby J.J., Arbelot C., Liteplo A., Sargsyan A., Silva F., Hoppmann R., Breikreutz R., Seibel A., Neri L., Storti E., Petrovic T. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38 (4): 577-591.
4. Nazerian P., Volpicelli G., Vanni S., Gigli C., Betti L., Bartolucci M., Zanobetti M., Ermini F.R., Iannello C., Grifoni S. Accuracy of lung ultrasound for the diagnosis of consolidations when compared to chest computed tomography. *Am J Emerg Med.* 2015; 33 (5): 620-625.
5. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N., Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (5): 849-850.
6. Морозов С.П., Проценко Д.Н. Сметанина С.В. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов Препринт № ЦДТ - 2020 - II Версия 2; 80 с. (дата обращения 17.04.2020).
7. Fengxue Zhu, Xiujuan Zhao, Tianbing Wang, Zhenzhou Wang, Fuzheng Guo, Haiyan Xue, Panpan Chang, Hansheng Liang, Wentao Ni, Yaxin Wang, Lei Chen, Baoguo Jiang, Ultrasonic Characteristics and Severity Assessment of Lung Ultrasound in COVID-19 Pneumonia in Wuhan, China: A Retrospective, Observational Study, *Engineering*, 2020, ISSN 2095-8099.
8. Vieira, A.L.S., Pazeli Júnior, J.M. & Bastos, M.G. Role of point-of-care ultrasound during the COVID-19 pandemic: our recommendations in the management of dialytic patients. *Ultrasound* 2020; J 12: 30.
9. Mafort TT, Lopes AJ, da Costa CH, da Cal MS, Lopes MC, da Silva BRA, Faria LF, Faria AC, Costa W, Salles REB, de Castro MCS, Rufino R. Changes in lung ultrasound of symptomatic healthcare professionals with COVID-19 pneumonia and their association with clinical findings. *J Clin Ultrasound.* 2020; 48 (9): 515-521.
10. 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: 12-23.
11. 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 COVID-19 (версия 2). *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* 2020; 1: 46-77.
12. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N., Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (5): 849-850.
13. Lin H., Zhang B., Kou H., Zhao Y., Li K., Wu D., Zhao S., Ren L., Lin X., Zhang Z., Chen Z., Shan X., Huang Y., Wu S., Lv F., Application Value of Lung Ultrasound in Asymptomatic Patients with Confirmed COVID-19. *Advanced Ultrasound in Diagnosis and Therapy*, 2020, 4 (2): 67-72.
14. Poggiali E., Dacrema A., Bastoni D., Tinelli V., Demichele E., Mateo Ramos P., Marcianò T., Silva M., Vercelli A., Magnacavallo A. Can Lung US Help Critical Care Clinicians in the Early Diagnosis of Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia? *Radiology.* 2020; 295 (3): E6.
15. Yang Y., Huang Y., Gao F., Yuan L., Wang Z. Lung ultrasonography versus chest CT in COVID-19 pneumonia: a two-centered retrospective comparison study from China. *Intensive Care Med.* (2020). Published: 25 May 2020
16. Volpicelli G., Lamorte A., Villén T. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46: 1445-1448.
17. Piprek M., Kryger M., Kosiak W., Dubaniewicz-Wybieńska M., Skotarczak M., Słomiński J., Dubaniewicz A. The utility of transthoracic lung ultrasound in assessing pulmonary sarcoidosis. *European respiratory journal.* 2019; 54: PA1947.
18. Doğan C., Kiral N., Parmaksız E.T., Çağlayan B., Sağme S.B., Salepci B., Fidan A., Cömert S.Ş. Ultrasonographic evaluation of lung parenchyma involvement in sarcoidosis. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis.* 2019; 36 (2): 130-140.
19. Testa A., Soldati G., Copetti R., Giannuzzi R., Portale G., Gentiloni-Silveri N. Early recognition of the 2009 pandemic influenza A (H1N1) pneumonia by chest ultrasound. *Crit Care.* 2012; 16 (1): R30.
20. Wang J., Xu H., Yang X., Zhao D., Liu S., Sun X., Huang J.A., Guo Q. Cardiac complications associated with the influenza viruses A subtype H7N9 or pandemic H1N1 in critically ill patients under intensive care. *Braz J Infect Dis.* 2017; 21 (1): 12-18.
21. Soldati G., Testa A., Sher S., Pignataro G., La Sala M., Gentiloni Silveri N. Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department. *Chest.* 2008; 133: 204-211.
22. Gargani L., Doveri M., D'Errico L., Frassi F., Bazzichi M.L., Delle Sedie A., Scali M.C., Monti S., Mondillo S., Bombardieri S., Caramella D., Picano E. Ultrasound lung comets in systemic sclerosis: a chest sonography hallmark of pulmonary interstitial fibrosis. *Rheumatology (Oxford).* 2009; 48 (11): 1382-1387.
23. Copetti R., Soldati G., Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc Ultrasound.* 2008; 6: 16.
24. Montuori M, Casella F, Casazza G, Franzetti F, Pini P, Invernizzi C, Torzillo D, Rizzardini G, Galli M, Cogliati C. Lung ultrasonography in pulmonary tuberculosis: A pilot study on diagnostic accuracy in a high-risk population. *Eur J Intern Med.* 2019; 66: 29-34.
25. Dietrich C.F., Mathis G., Blaiwas M., Volpicelli G., Seibel A., Wastl D., Atkinson N.S., Cui X.W., Fan M., Yi D. Lung B-line artefacts and their use. *J Thorac Dis.* 2016; 8 (6): 1356-1365.
26. Soldati G., Demi M. The use of lung ultrasound images for the differential diagnosis of pulmonary and cardiac interstitial pathology. *J Ultrasound.* 2017; 20 (2): 91-96.
27. Cui A., Wang R., Li W.-J., Zhao J., Xie F., Yuan X.-Y. Ultrasonographic features of typical HRCT signs of interstitial lung diseases. *European Respiratory Journal.* 2017; 50 (suppl 61): PA873.
28. Vetrugno L., Bove T., Orso D., Bassi F., Boero E., Ferrari G.

Lung Ultrasound and the COVID-19 "Pattern": Not All That Glitters Today Is Gold Tomorrow [published online ahead of print, 2020 May 8]. *J Ultrasound Med.* 2020; 10.1002/jum.15327.

29. Зайратьянц О.В., Самсонова М.В., Михалева Л.М., Черняев А.Л., Мишнев О.Д., Крупнов Н.М., Калинин Д.В. Патологическая анатомия COVID-19: Атлас. Под общей ред. О.В. Зайратьянца. М., ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2020. 140 с.

30. Man M.A., Dantes E., Domokos Hancu B., Bondor C.I., Ruscovan A., Parau A., Motoc N.S., Marc M. Correlation between Transthoracic Lung Ultrasound Score and HRCT Features in Patients with Interstitial Lung Diseases. *J Clin Med.* 2019; 8 (8): 1199.

31. Vetrugno L., Bove T., Orso D., Barbariol F., Bassi F., Boero E., Ferrari G., Kong R. Our Italian experience using lung ultrasound for identification, grading and serial follow-up of severity of lung involvement for management of patients with COVID-19.

References:

1. Decree of the Government of the Russian Federation of January 31, 2020 N 66 "On amending the list of diseases that pose a danger to others." Access mode: <https://base.garant.ru/73492109/> (in Russian).

2. Interim guidelines "Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)". Version No. 6 dated April 28, 2020. Access mode: http://static.consultant.ru/obj/file/doc/minzdrav_280420.pdf, free. Title from the screen. 04/30/2020 (in Russian).

3. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaiwas M., Lichtenstein D.A., Mathis G., Kirkpatrick A.W., Melniker L., Gargani L., Noble V.E., Via G., Dean A., Tsung J.W., Soldati G., Copetti R., Bouhemad B., Reissig A., Agricola E., Rouby J.J., Arbelot C., Liteplo A., Sargsyan A., Silva F., Hoppmann R., Breitkreutz R., Seibel A., Neri L., Storti E., Petrovic T. International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38 (4): 577-591.

4. Nazerian P., Volpicelli G., Vanni S., Gigli C., Betti L., Bartolucci M., Zanobetti M., Ermini F.R., Iannello C., Grifoni S. Accuracy of lung ultrasound for the diagnosis of consolidations when compared to chest computed tomography. *Am J Emerg Med.* 2015; 33 (5): 620-625.

5. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N., Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (5): 849-850.

6. Morozov S.P., Protsenko D.N., Smetanina S.V. Radiology diagnosis of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of the results Preprint No. CDT - 2020 - II Version 2; 80 s. (in Russian).

7. Fengxue Zhu, Xiujian Zhao, Tianbing Wang, Zhenzhou Wang, Fuzheng Guo, Haiyan Xue, Panpan Chang, Hansheng Liang, Wentao Ni, Yaxin Wang, Lei Chen, Baoguo Jiang, Ultrasonic Characteristics and Severity Assessment of Lung Ultrasound in COVID-19 Pneumonia in Wuhan, China: A Retrospective, Observational Study, *Engineering*, 2020, ISSN 2095-8099.

8. Vieira, A.L.S., Pazeli Júnior, J.M. & Bastos, M.G. Role of point-of-care ultrasound during the COVID-19 pandemic: our recommendations in the management of dialytic patients. *Ultrasound*

Echocardiography. 2020; 37 (4): 625-627.

32. Chen Y.T., de Gracia M.M., Dieztacon A., Agudo-Fernandez S., Alonso-Gonzalez R., Fuertes P.R., Parra-Gordo L. Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with coronavirus disease 2019 (covid-19) *Medrxiv.* 2020.05.08.20095117;

33. Lichtenstein DA, Goldstein I, Mourgeon E. Mourgeon et al comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 2004; 100: 9-15.

34. Intensive Care Society. Focused Ultrasound for Intensive Care [online]. 2020. Available https://www.ics.ac.uk/ICS/FUSIC/ICS/FUSIC/FUSIC_Accreditation.aspx?hkey=c88fa5cd-5c3f-4c22-b007-53e01a523ce8 (accessed 28 Aug 2020).

2020; J 12: 30.

9. Mafort TT, Lopes AJ, da Costa CH, da Cal MS, Lopes MC, da Silva BRA, Faria LF, Faria AC, Costa W, Salles REB, de Castro MCS, Rufino R. Changes in lung ultrasound of symptomatic healthcare professionals with COVID-19 pneumonia and their association with clinical findings. *J Clin Ultrasound.* 2020; 48 (9): 515-521.

10. Abramowicz J.S., Basseal J. WFUMB Position Statement: How to perform a safe ultrasound examination and clean equipment in the context of COVID-19 (translation into Russian) // *Ultrasound and functional diagnostics.* 2020. № 1. С. 12–23 (in Russian).

11. Mitkov V.V., Safonov D.V., Mitkova M.D., Alekhin M.N., Katrich A.N., Kabin Yu.V., Vetsheva N.N., Khudorozhkova E.D. RASUDM Consensus Statement on COVID-19 Lung Ultrasound (Version 2). *Ultrasound and functional diagnostics.* 2020; 1: 46-77 (in Russian).

12. Peng Q.Y., Wang X.T., Zhang L.N., Chinese Critical Care Ultrasound Study Group (CCUSG). Findings of lung ultrasonography of novel corona virus pneumonia during the 2019-2020 epidemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46 (5): 849-850.

13. Lin H., Zhang B., Kou H., Zhao Y., Li K., Wu D., Zhao S., Ren L., Lin X., Zhang Z., Chen Z., Shan X., Huang Y., Wu S., Lv F., Application Value of Lung Ultrasound in Asymptomatic Patients with Confirmed COVID-19. *Advanced Ultrasound in Diagnosis and Therapy*, 2020, 4 (2): 67-72.

14. Poggiali E., Dacrema A., Bastoni D., Tinelli V., Demichele E., Mateo Ramos P., Marcianò T., Silva M., Vercelli A., Magnacavallo A. Can Lung US Help Critical Care Clinicians in the Early Diagnosis of Novel Coronavirus (COVID-19) Pneumonia? *Radiology.* 2020; 295 (3): E6.

15. Yang Y., Huang Y., Gao F., Yuan L., Wang Z. Lung ultrasonography versus chest CT in COVID-19 pneumonia: a two-centered retrospective comparison study from China. *Intensive Care Med.* (2020). Published: 25 May 2020

16. Volpicelli G., Lamorte A., Villén T. What's new in lung ultrasound during the COVID-19 pandemic. *Intensive Care Med.* 2020; 46: 1445–1448.

17. Piprek M., Kryger M., Kosiak W., Dubaniewicz-Wybieralska M., Skotarczak M., Słomiński J., Dubaniewicz A. The utility of transthoracic lung ultrasound in assessing pulmonary sarcoido-

sis. *European respiratory journal*. 2019; 54: PA1947.

18. Doğan C., Kiral N., Parmaksız E.T., Çağlayan B., Sağmen S.B., Salepçi B., Fidan A., Cömert S.Ş. *Ultrasonographic evaluation of lung parenchyma involvement in sarcoidosis*. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis*. 2019; 36 (2): 130-140.

19. Testa A., Soldati G., Copetti R., Giannuzzi R., Portale G., Gentiloni-Silveri N.. *Early recognition of the 2009 pandemic influenza A (H1N1) pneumonia by chest ultrasound*. *Crit Care*. 2012; 16 (1): R30.

20. Wang J., Xu H., Yang X., Zhao D., Liu S., Sun X., Huang J.A., Guo Q. *Cardiac complications associated with the influenza viruses A subtype H7N9 or pandemic H1N1 in critically ill patients under intensive care*. *Braz J Infect Dis*. 2017; 21 (1): 12-18.

21. Soldati G., Testa A., Sher S., Pignataro G., La Sala M., Gentiloni Silveri N. *Occult traumatic pneumothorax: diagnostic accuracy of lung ultrasonography in the emergency department*. *Chest*. 2008; 133: 204-211.

22. Gargani L., Doveri M., D'Errico L., Frassi F., Bazzichi M.L., Delle Sedie A., Scali M.C., Monti S., Mondillo S., Bombardieri S., Caramella D., Picano E. *Ultrasound lung comets in systemic sclerosis: a chest sonography hallmark of pulmonary interstitial fibrosis*. *Rheumatology (Oxford)*. 2009; 48 (11): 1382-1387.

23. Copetti R., Soldati G., Copetti P. *Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome*. *Cardiovasc Ultrasound*. 2008; 6: 16.

24. Montuori M, Casella F, Casazza G, Franzetti F, Pini P, Invernizzi C, Torzillo D, Rizzardini G, Galli M, Cogliati C. *Lung ultrasonography in pulmonary tuberculosis: A pilot study on diagnostic accuracy in a high-risk population*. *Eur J Intern Med*. 2019; 66: 29-34.

25. Dietrich C.F., Mathis G., Blaiwas M., Volpicelli G., Seibel A., Wastl D., Atkinson N.S., Cui X.W., Fan M., Yi D. *Lung B-line artefacts and their use*. *J Thorac Dis*. 2016; 8 (6): 1356-1365.

26. Soldati G., Demi M. *The use of lung ultrasound images for the differential diagnosis of pulmonary and cardiac interstitial*

pathology. *J Ultrasound*. 2017; 20 (2): 91-96.

27. Cui A., Wang R., Li W.-J., Zhao J., Xie F., Yuan X.-Y. *Ultrasonographic features of typical HRCT signs of interstitial lung diseases*. *European Respiratory Journal*. 2017; 50 (suppl 61): PA873.

28. Vetrugno L., Bove T., Orso D., Bassi F., Boero E., Ferrari G. *Lung Ultrasound and the COVID-19 "Pattern": Not All That Glitters Today Is Gold Tomorrow [published online ahead of print, 2020 May 8]*. *J Ultrasound Med*. 2020; 10.1002/jum.15327.

29. Zayratyants O.V., Samsonova M.V., Mikhaleva L.M., Chernyaev A.L., Mishnev O.D., Krupnov N.M., Kalinin D.V. *Pathological anatomy of COVID-19: Atlas*. Ed. by O.V. Zayratyants. M., SBI "NIIOZMM DZM", 2020. 140 p (in Russian).

30. Man M.A., Dantes E., Domokos Hancu B., Bondor C.I., Ruscovan A., Parau A., Motoc N.S., Marc M. *Correlation between Transthoracic Lung Ultrasound Score and HRCT Features in Patients with Interstitial Lung Diseases*. *J Clin Med*. 2019; 8 (8): 1199.

31. Vetrugno L., Bove T., Orso D., Barbariol F., Bassi F., Boero E., Ferrari G., Kong R. *Our Italian experience using lung ultrasound for identification, grading and serial follow-up of severity of lung involvement for management of patients with COVID-19*. *Echocardiography*. 2020; 37 (4): 625-627.

32. Chen Y.T., de Gracia M.M., Dieztacon A., Agudo-Fernandez S., Alonso-Gonzalez R., Fuertes P.R., Parra-Gordo L. *Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with coronavirus disease 2019 (covid-19)* *Medrxiv*. 2020.05.08.20095117;

33. Lichtenstein DA, Goldstein I, Mourgeon E. *Mourgeon et al comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome*. *Anesthesiology* 2004; 100: 9-15.

34. *Intensive Care Society. Focused Ultrasound for Intensive Care [online]. 2020. Available https://www.ics.ac.uk/ICS/FUSIC/ICS/FUSIC/FUSIC_Accreditation.aspx?hkey=c88fa5cd-5c3f-4c22-b007-53e01a523ce8 (accessed 28 Aug 2020).*