

Обзор

Значение инструментальных методов в диагностике пневмонии при коронавирусной инфекции

В.Б. Войтенков[✉], Н.В. Марченко, Н.В. Скрипченко, М.Г. Капитон, М.А. Бедова
ФГБУ «Детский научно-клинический центр инфекционных болезней» ФМБА России, Санкт-Петербург, Россия
[✉]vlad203@inbox.ru

Аннотация

Приоритетным при инфекции, обусловленной коронавирусами, является своевременная диагностика таких ее проявлений, как вирусная пневмония. Наряду с оценкой клинического статуса значимым является применение таких инструментальных методов визуализации, как компьютерная томография (КТ) и рентгенография легких. В оценке легочной паренхимы при вирусных пневмониях, в том числе и вызванных COVID-19, рентгенография малоинформативна. Авторы предлагают тактику ранней инструментальной диагностики поражений легких и их функционального состояния при коронавирусной инфекции. Большой диагностической ценностью при вирусных интерстициальных пневмониях обладает КТ, которую авторы предлагают проводить в первую очередь. В условиях массового поступления пациентов и загруженности КТ предлагается проведение ультразвукового исследования легких как методики динамического наблюдения и скрининга с учетом свойственных ей ограничений. При необходимости объективизации функции легких целесообразно проводить спирометрию согласно установленным стандартам. Авторы отмечают, что для двусторонней интерстициальной вирусной пневмонии характерен рестриктивный паттерн изменений. В случае его выявления оцениваются также диффузионная способность и общая емкость легких.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция, COVID-19, инструментальная диагностика, компьютерная томография, спирометрия.

Для цитирования: Войтенков В.Б., Марченко Н.В., Скрипченко Н.В. и др. Значение инструментальных методов в диагностике пневмонии при коронавирусной инфекции. Педиатрия. Consilium Medicum. 2020; 1: 20–25. DOI: 10.26442/26586630.2020.1.200120

Review

The value of instrumental methods in the diagnostics of pneumonia in coronavirus infection

Vladislav B. Voitenkov[✉], Natalya V. Marchenko, Natalya V. Skripchenko, Marina G. Kapiton, Mariia A. Bedova
Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases, Saint Petersburg, Russia
[✉]vlad203@inbox.ru

Abstract

Main goal in the managing of the coronavirus infections is the timely diagnosis of the viral pneumonia. Along with the key clinical signs main instrumental methods are computed tomography (CT) and lungs X-ray. However, in the lungs tissues evaluation in viral pneumonias, including ones associated with a COVID-19, X-ray are not very informative. We propose the tactic of the early instrumental diagnostic of lung's degree of lesion and functional state in coronavirus infection. As the lung CT is more informative in the evaluation of the state of the lungs, it has to be done in the first place. In case of general lack of resources and high demand for CT, lung ultrasound may be performed as a secondary measure. Limitations and low specificity of lung ultrasound should be considered in evaluation of its results. If some need arise to evaluate the functional state of the lungs, we propose the spirometry. Bilateral interstitial pneumonia would be suspected if restrictive pattern is registered. In that case diffusion capacity and total lung capacity are evaluated as well.

Key words: coronavirus infection, COVID-19, instrumental diagnostics, computed tomography, spirometry.

For citation: Voitenkov V.B., Marchenko N.V., Skripchenko N.V. et al. The value of instrumental methods in the diagnostics of pneumonia in coronavirus infection. Pediatrics. Consilium Medicum. 2020; 1: 20–25. DOI: 10.26442/26586630.2020.1.200120

Введение

Частой причиной развития воспаления легких (пневмонии) являются вирусы, вызывающие вирусные пневмонии (ВП). В мире каждый год регистрируется около 100 млн ВП в детской популяции и 100 млн во взрослой [1]. Клиническая картина ВП различной этиологии может быть сходной, однако чаще они регистрируются у детей и в гериатрической практике, характерен невыраженный лейкоцитоз, различный характер подъема температуры с частым развитием симптомов поражения верхней части дыхательных путей и, как правило, отрицательный прокальцитонинновый тест [2].

Этиологически значимыми чаще всего у детей с ВП являются респираторный синцитиальный вирус, риновирусы, метапневмовирусы человека, бокавирус и вирус парагриппа. У взрослых регистрируется заболеваемость ВП с аденовирусной этиологией (51,9% больных), респираторным синцитиальным вирусом (в 34,3% случаев), у 16,7% выявляется вирус гриппа А и 2,8% – вирус гриппа В [3]. Однако все инфекционные агенты могут быть причиной развития ВП, причем с некоторыми из них в период эпидемического подъема

связан рост инфекционных поражений нижних отделов дыхательных путей. Ярким примером служат коронавирусные инфекции: вирус SARS-CoV (Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus) вызвал эпидемию атипичной пневмонии или тяжелого острого респираторного синдрома в 2003 г. с показателем летальности около 9% [4]; MERS-CoV (Middle East respiratory syndrome) с 2012 г. вызывает вспышки ближневосточного респираторного синдрома, протекающего по типу ВП, с уровнем летальности около 36% [5]; SARS-CoV-2 (ранее 2019-nCoV) в декабре 2019 г. инициировал начало эпидемии тяжелой острой респираторной инфекции, получившей название коронавирусная инфекция COVID-19, летальность оценивается примерно в 2,3% [6].

Генетический анализ показал, что SARS-CoV-2, также как и MERS-CoV и SARS-CoV, относится к β -коронавирусам. Его гомологическая структура близка к таковой у SARS-CoV [7]. Обусловленная COVID-19 пневмония клинически схожа с таковой при инфекциях, обусловленных SARS-CoV и MERS-CoV [8]. Более того, для проникновения в человеческие клетки SARS-CoV-2 использует

те же рецепторы, что и SARS-CoV [9, 10]. Большинство коронавирусов обладают сходной структурой вируса и путями заражения, в том числе и SARS-CoV-2 [11, 12], следствием чего является схожесть клинических проявлений и течения. SARS-CoV-2 вызывает острую тяжелую пневмонию с высокой летальностью, что объединяет его с клиническими симптомами при инфекциях, вызываемых SARS-CoV и MERS-CoV [13, 14]. У большинства пациентов развиваются лихорадка, сухой кашель, одышка и двухстороннее затемнение, выявляемое при компьютерной томографии (КТ) легких [15]. Пневмония при COVID-19 характеризуется как двусторонняя, интерстициальная, с лимфоцитарной инфильтрацией в альвеолах [16].

Согласно опубликованным первичным данным из больницы Ухани (КНР) наиболее частыми симптомами при дебюте COVID-19 являлись лихорадка (83–99%) и сухой кашель (59,4–82%) [17, 18]. Характерным являлся респираторный дистресс-синдром (около 55% случаев). Среди пациентов с одышкой более 1/2 нуждались в интенсивной терапии, и после поступления в отделение реанимации и интенсивной терапии в 46–65% случаев их состояние в течение короткого времени ухудшалось, вплоть до смерти при явлениях дыхательной недостаточности [19]. Неспособны к самостоятельному дыханию были 89% пациентов [17]. По данным пульсоксиметрии гипоксемия (снижение SpO₂<88%) развивалась более чем у 30% пациентов [16].

У детей респираторные изменения при COVID-19 проявляются одышкой, снижением сатурации крови, тахикардией, признаками дыхательной недостаточности с развитием цианоза, участием вспомогательных мышц в дыхании, втягивании межреберных промежутков и эпигастральной области [16]. У детей пневмония развивается чаще при сочетанной респираторной инфекции (в частности, с риновирусами) [16].

В этой связи приоритетными при COVID-19 являются как своевременная этиологическая верификация заболевания, так и ранняя объективизация тяжести органических поражений. Учитывая ведущую роль, которую пневмония и ее осложнения играют как причинно-значимые факторы высокой летальности, одной из основных задач для клинициста становится ранняя диагностика поражений нижних дыхательных путей. С этой целью для объективизации функционального состояния легких при COVID-19, как и при любой иной этиологии, может применяться спирометрия [20]. Наблюдающиеся при интерстициальной пневмонии рестриктивные нарушения обусловлены процессами, снижающими растяжимость легких и ограничивающими их наполнение воздухом. В начале развития пневмонии, когда объем легких еще не понижен, скоростные показатели и отношение объема форсированного выдоха к форсированной жизненной емкости легких могут увеличиваться вследствие того, что паренхима легких оказывает большее растягивающее действие на дыхательные пути: просвет бронхов увеличивается относительно объема легких [21]. При прогрессировании заболевания происходит уменьшение воздушности легочной ткани. Это проявляется снижением жизненной емкости легких, кривая «поток-объем» становится высокой и узкой. При выявлении на спирограмме рестриктивных нарушений следует измерять диффузионную способность и общую емкость легких [21]. В случае необходимости оценка функции легких также проводится с помощью пульсоксиметрии по общепринятым стандартам [16, 22].

Следует отметить, что основными методами инструментальной диагностики поражений легких, в том числе и вызванных COVID-19, являются рентгенологическое исследование и КТ легких (рис. 1). Рентгенография органов грудной клетки применяется в амбулаторных и стационарных условиях как часть программы обследования при подозрении на поражение легких при коронавирусной инфекции [23].

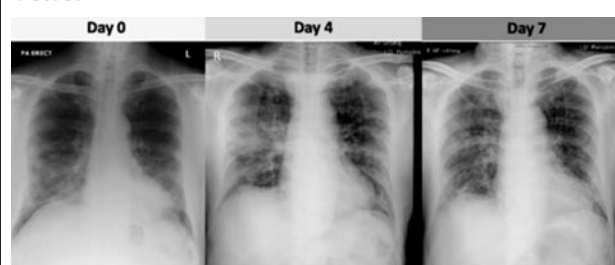
Таблица 1. Основные рентгенологические паттерны при ВП, в частности COVID-19

Table 1. The main radiological patterns in community-acquired pneumonia (CAP), in particular COVID-19

Рентгенография	СКТ
Усиление легочного рисунка	Симптом «матового стекла»
Двусторонние слабоинтенсивные участки затемнений на фоне деформированного усиленного рисунка	Утолщение междольковых и внутридольковых перегородок (ретикулярные изменения, симптом crazy-paving)
	Участки консолидации
	Распространение очагов поражения от периферических отделов к корням легких
	Локальное расширение сосудов
	Тракционные бронхоэктазы

Рис. 1. Рентгенограммы пациента мужского пола, 1, 4 и 7-й дни заболевания COVID-19.

Fig. 1. Radiographs of a male patient, days 1, 4, and 7 of COVID-19 disease.



Примечание. На 1-й рентгенограмме визуализируется консолидация нижней доли правого легкого, которая сохраняется на 4-й день заболевания с наличием множественных участков консолидации в средней доле правого легкого. На 7-й день заболевания отмечается регресс участков консолидации средней доли правого легкого. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/ryct.2020200034>

Note. On the 1st radiograph, the consolidation of the lower lobe of the right lung is visualized, which remains on the 4th day of the disease with the presence of multiple sites of consolidation in the middle lobe of the right lung. On the 7th day of the disease, there is a regression of the sites of consolidation of the middle lobe of the right lung. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/ryct.2020200034>

Причем уже рядом авторов отмечено, что при COVID-19 нередко изменения в легких начинают проявляться раньше, чем диагностировано само заболевание методом полимеразной цепной реакции [24].

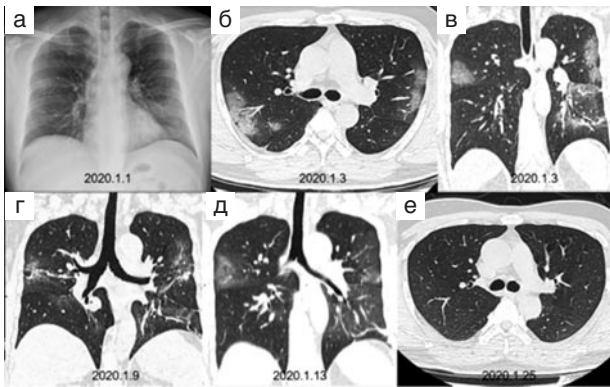
Из пациентов с COVID-19, нуждающихся в госпитализации, 69% имели патологические изменения при проведении рентгенографии грудной клетки в момент поступления, а 80% имели патологические изменения примерно через 10–12 дней после появления первых симптомов [25].

Чрезвычайно значимым является тот факт, что рентгенография малоинформативна в оценке состояния легочной паренхимы, особенно при вирусных инфекциях, в частности и при COVID-19, что представлено на рис. 2. На рентгенограммах органов грудной клетки инфильтративные изменения носят малозаметный характер в виде слабоинтенсивных теней в левом и правом легком, при этом объем поражения легочной ткани может быть оценен не в полной мере и, соответственно, привести к недооценке тяжести состояния больного (рис. 2, а), тогда как при КТ имеется возможность визуализации всех отделов легких с регистрацией максимального количества участков инфильтрации, что позволяет в последующем динамически наблюдать и оценивать выявленные изменения в легких в ходе течения заболевания вплоть до выздоровления (рис. 2, б–е).

Особенностью рентгенологической картины у детей является возможность выявления ателектазов за счет малого диаметра бронхиального дерева (рис. 3).

Рис. 2: а – рентгенограмма грудной клетки, полученная на 7-й день появления симптомов. В верхней доле правого легкого и нижней доле левого легкого визуализируется слабоинтенсивная инфильтрация легочной паренхимы; б, в – срезы СКТ, отображающие двусторонние многофокальные инфильтративные изменения по типу «матового стекла»; г – срез СКТ на 15-й день заболевания, где отображена динамика процесса в виде наличия участков консолидации; д – 19-й день заболевания, визуализируется частичный регресс инфильтративных изменений; е – 31-й день заболевания, полное разрешение отмеченных ранее патологических процессов.

Fig. 2: a – chest x-ray obtained on the 7th day of the onset of symptoms. In the upper lobe of the right lung and lower lobe of the left lung, low-intensity infiltration of the pulmonary parenchyma is visualized; b, c – sections of SCT, showing bilateral multifocal infiltrative changes in the type of "frosted glass"; d – section of SCT on the 15th day of the disease, where the dynamics of the process are displayed in the form of the presence of consolidation sites; e – the 19th day of the disease, a partial regression of infiltrative changes is visualized; f – the 31st day of the disease, full resolution, marked early pathological processes.



<https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.20200269>

Необходимостью срочного выполнения спиральной КТ (СКТ) при подозрении на COVID-19 является отсутствие основного рентгенологического паттерна на рентгенограммах – симптома «матового стекла», несмотря на тяжесть состояния больного (табл. 1).

Следует отметить, что на КТ не следует полагаться как на основной диагностический/скрининговый метод исследования для COVID-19, так как в 18% случаев при легком течении заболевания на КТ не выявлено патологических изменений, а при тяжелом течении заболевания патологические изменения не выявляются в 3% случаев. Таким образом, КТ является дополнительным методом диагностики при COVID-19. Однако при ретроспективном исследовании установлено, что в 54% случаев у пациентов с бессимптомным течением болезни при КТ наблюдались патологические изменения легких [25].

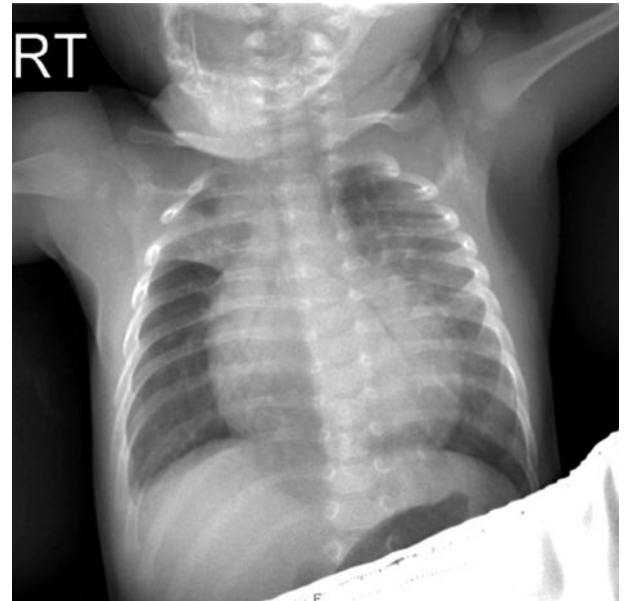
С.П. Морозов и соавт. рекомендуют КТ органов грудной клетки к использованию в диагностическом процессе в следующих случаях [27]:

- в амбулаторных условиях у пациентов с подозрением на COVID-19 (в том числе как метод 2-й линии после рентгенографии органов грудной клетки);
 - в стационарных условиях для диагностики, дифференциальной диагностики и оценки динамических изменений (в том числе для контроля терапевтической эффективности, оценки готовности к выписке).
- Ряд авторов [27] рекомендуют проводить КТ в стационарных условиях у пациентов с подозрением или верифицированной COVID-19 в следующих случаях:
- в день госпитализации для начального обследования;
 - повторно через 2–3 дня при недостижении требуемого терапевтического эффекта;
 - через 5–7 дней при отсутствии или улучшении динамики симптомов.

Анализ литературы показал, что некоторыми авторами отмечено 4 стадии патологических изменений в легких на КТ [25, 26]:

Рис. 3. Ателектаз верхней доли правого легкого. Множественные инфильтраты по всему легочному полю слева.

Fig. 3. Atelectasis of the upper lobe of the right lung. Multiple infiltrates throughout the pulmonary field on the left.



<https://radiopaedia.org/cases/respiratory-syncytial-virus-rsv-pneumonia?lang=us>

Таблица 2. Вариант низкодозного протокола

Table 2. Low-dose protocol variant

	Стандартный протокол	Низкодозный протокол
Pitch	1,490	1,490
Rotation time	0,4	0,4
kV	120	120
mAs	127	23
DLP	300–400 mGy·cm (5,1–6,8 мЗв)	60-70 mGy·cm (0,7–1,5 мЗв)

- ранняя/начальная стадия (0–4 дня): КТ без патологических изменений или только уплотнение легочной ткани по типу «матового стекла»;
- прогрессивный этап (5–8 дней): увеличение количества уплотнений легочной ткани по типу «матового стекла» и утолщение междолькового и внутридолькового интерстиция;
- пиковый этап (9–13 дней): консолидация легочной ткани;
- стадия абсорбции (более 14 дней): при улучшении течения заболевания появляются фиброзные тяжи, полное исчезновение патологических изменений через 1 мес и более.

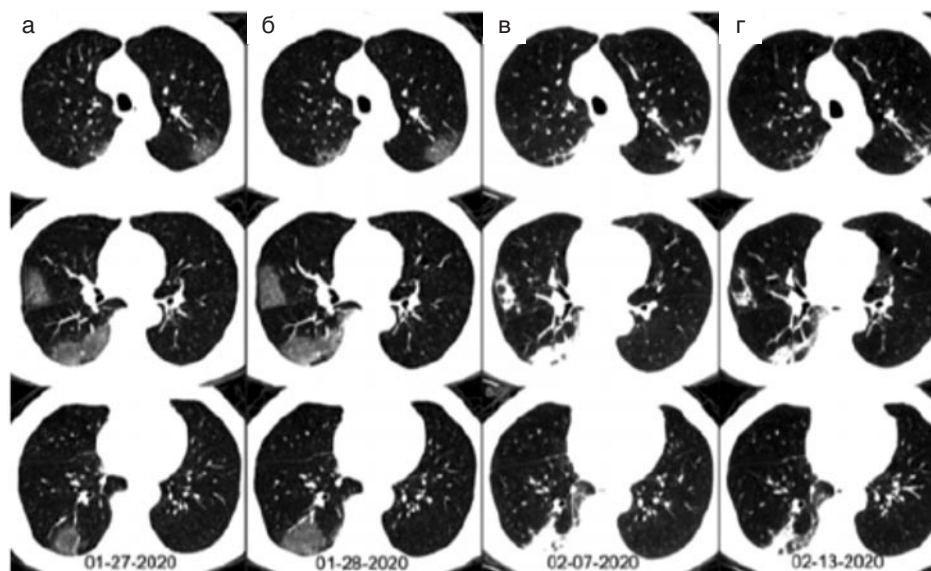
Авторы предлагают вариант низкодозного протокола на примере аппарата Philips Ingenuity 128, имеющегося в отделении лучевой диагностики ФГБУ ДНКЦИБ (табл. 2).

Диагностический протокол, выполняемый в стандартных условиях, дает лучевую нагрузку пациенту в диапазоне от 5,1 до 6,8 мЗв. Учитывая клиническую необходимость проведения динамического контрольного исследования органов грудной клетки с небольшими временными интервалами через 3–7 дней, требуется модификация протокола со снижением показателей mAs, что, соответственно, позволяет уменьшать лучевую нагрузку на пациента до 1,5 мЗв и оценивать в динамике течение заболевания.

Сказанное свидетельствует о том, что с помощью СКТ возможен мониторинг состояния патологических изменений в легких у пациентов с COVID-19, однако

Рис. 4. Динамическое наблюдение при COVID-19 [24]. КТ грудной клетки 62-летнего мужчины с жалобами на сохраняющиеся в течение 2 нед лихорадку и одышку, беспокоящие в течение 1 дня. Результаты исследования материала, полученного при заборе мазка из носоглотки, методом полимеразной цепной реакции на выявление РНК SARS-CoV-2 были отрицательными как 3 февраля, так и 11 февраля 2020 г.: а – КТ грудной клетки с несколькими аксиальными изображениями демонстрирует множественные очаги «матового стекла» в обоих легких; б – КТ грудной клетки фиксирует многократное увеличение площади поражения; в – КТ грудной клетки с признаками прогрессирования заболевания от симптома «матового стекла» к мультифокальной организованной консолидации; г – КТ грудной клетки с явлениями частичной организации измененного вещества легких в виде фиброза.

Fig. 4. Fig. 4 Dynamic surveillance with COVID-19 [24]. A chest CT scan of a 62-year-old man with complaints of persisting fever and shortness of breath for 2 weeks, disturbing for 1 day. The results of the study of the material obtained by taking a smear from the nasopharynx by polymerase chain reaction to detect SARS-CoV-2 RNA were negative both on February 3 and February 11, 2020: a – CT of the chest with several axial images shows multiple foci of "frosted glass" in both lungs; b – CT of the chest fixes a multiple increase in the area of the lesion; c – chest CT scan with signs of disease progression from the "frosted glass" symptom to multifocal organized consolidation; d – CT of the chest with the phenomena of the partial organization of the altered lung matter in the form of fibrosis.



необходимы протоколы со сниженной дозой лучевой нагрузки на любых типах КТ-сканеров (рис. 4).

Благодаря анализу имеющихся данных выявлено, что в условиях массового поступления пациентов при пандемии COVID-19 трудным является оперативное применение КТ или рентгенографии легких [28]. Поэтому для экспрессной диагностики пневмонии, в том числе и у детей, может быть применено ультразвуковое исследование (УЗИ) легких, в том числе и при COVID-19 [28]. По данным G. Soldati и соавт. (2020 г.) на ранних стадиях развития пневмонии с помощью УЗИ легких выявляются протяженные, чаще билатеральные вертикальные артефакты либо небольшие области белого легкого у части пациентов. На развернутой стадии пневмонии эти паттерны консолидируются и становятся более видимыми [29]. Данные, получаемые с помощью этой методики, отличаются невысокой специфичностью и зависят от профессионализма врача, но могут служить источником дополнительной информации для клинического специалиста.

В проведенных ранних исследованиях с начала пандемии COVID-19 продемонстрировано, что УЗИ легких является ценным, быстрым и простым инструментом для диагностики, сортировки и мониторинга легочных поражений у пациентов с COVID-19. Ультрасонография обладает достаточно высокой чувствительностью в диагностике поражений легких при COVID-19 и является достойной альтернативой КТ, применение которой имеет ряд ограничений во время пандемии с большим числом заболевших. Кроме того, не все стационары оснащены компьютерными томографами, и даже при их наличии трудность выполнения КТ может быть связана с тяжелым состоянием пациента. В этой ситуации методом выбора может быть ультрасонография. Наряду с достаточно высокой чувствительностью ультрасонографии, есть и другие преимущества: доступность, быстрота, исследование проводится непосредственно у постели пациента, отсутствие радиации, портативность – быстрота и легкость перемещения,

можно повторять несколько раз, легче проводить дезинфекцию оборудования, низкая стоимость оборудования по сравнению с другими методами визуализации. Немаловажно, что сонография легких является простым методом (как в выполнении, так и в интерпретации результатов), поэтому это исследование могут проводить врачи нерадиологической специальности, имеющие соответствующую подготовку. Этот метод диагностики становится все более популярным среди врачей как простой и быстрый инструмент диагностики у постели пациента. В то же время следует отметить, что ультрасонография имеет ограничения при исследовании легких: так как не все области легких доступны визуализации (например, невозможно исследовать зоны под лопатками), или если поражение легкого расположено глубоко и не достигает плевральной линии (так как УЗИ доступны субплевральные зоны, однако тяжелые распространяющиеся поражения легочной ткани, как правило, достигают плевральной линии). Отрицательные результаты ультрасонографии не могут полностью исключить поражение легких, особенно при очень ранних, начальных стадиях поражения легочной ткани (как и при других исследованиях: рентгенографии и КТ легких). Поэтому могут понадобиться повторные исследования в динамике при клиническом подозрении на пневмонию COVID-19 [30].

Одним из осложнений ВП (в том числе и COVID-19) является **острый респираторный дистресс-синдром** (ОРДС). Ежегодно в России регистрируется 170 тыс. случаев.

ОРДС – ВП:

- при гриппе А/Н1N1 – тяжелая острая дыхательная недостаточность, летальность составляет от 15 до 55%;
- SARS (SARS-CoV, тяжелый острый респираторный синдром, атипичная пневмония) – летальность от 10–17% (до 40%);
- MERS (MERS-CoV, ближневосточный респираторный синдром) – летальность от 37% (35–60%).

Особенности лучевой диагностики при ОРДС.

Анализ литературы показал, что на ранней стадии ОРДС чаще определяется только диффузное усиление легочного рисунка за счет сосудистого компонента и интерстициального отека легких вне зависимости от этиологического фактора. Наблюдаются однородные и диффузные изменения в обоих легких, выраженное снижение пневматизации легочной ткани, преимущественно в базальных отделах легких.

Помимо этого УЗ-сканирование легких с анализом ультразвуковых артефактов, вызванных воздухом, паренхимой легкого, грудной стенкой и плеврой, позволяет быстро и точно провести дифференциальный диагноз причин развития ОРДС [31].

Выводы

Приоритетным при инфекции, обусловленной коронавирусами, является своевременная диагностика таких ее проявлений, как ВП. Наряду с оценкой клинического статуса значимым является использование таких инструментальных методов визуализации, как КТ, рентгенография легких и ультрасонография. В оценке легочной паренхимы при вирусных интерстициальных пневмониях, в том числе и вызванных COVID-19, рентгенография не всегда информативна. В этих случаях большей диагностической ценностью обладает КТ. Однако в условиях массового поступления пациентов и отсутствия возможности оперативного применения КТ или рентгенографии легких для выявления пневмонии при COVID-19 обоснованным является проведение УЗИ легких. Данные, получаемые с помощью этой методики, отличаются невысокой специфичностью и являются оператор-зависимыми, но могут служить источником дополнительной информации для клинициста.

В случаях необходимости объективизации функции легких может быть проведена спирометрия согласно установленным стандартам, где для двусторонней интерстициальной ВП характерен рестриктивный паттерн изменений. При выявлении функциональных нарушений в легких целесообразно оценить диффузионную способность и общую емкость легких.

В целом предлагаемый алгоритм визуализационной диагностики пациентов с COVID-19 с поражением нижних дыхательных путей может быть следующим [27]:

1. Симптомы и клинические признаки ОРВИ отсутствуют (даже на фоне релевантных анамнестических данных) – применение лучевых исследований не показано.

2. Симптомы и клинические признаки ОРВИ есть – рекомендуется выполнение рентгенографии органов грудной клетки.

3. Симптомы и клинические признаки ОРВИ есть, но имеется подозрение на COVID-19 (в том числе на основе анамнестических данных) – рекомендуется выполнение КТ органов грудной клетки.

4. С целью мониторинга верифицированной ВП, вызванной 2019-nCoV (COVID-19), может быть применена следующая тактика: проведение КТ или рентгенография органов грудной клетки; у пациентов в критическом состоянии, находящихся в отделениях интенсивной терапии и реанимации, при невозможности их транспортировки или отсутствии возможности выполнения КТ – проведение УЗИ легких (дополнительный метод).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests. The authors declare that there is not conflict of interests.

Литература/References

1. Ruuskanen O, Lahti E, Jennings LC et al. Viral pneumonia. *Lancet* 2011; 377 (9773): 1264–75. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)61459-6

- Galván JM, Rajas O, Aspa J. Review of Non-Bacterial Infections in Respiratory Medicine: Viral Pneumonia. *Arch Bronconeumol* 2015; 51 (11): 590–7. DOI: 10.1016/j.arbres.2015.02.015
- Горенчук А.Н., Куликов П.В., Жоголев С.Д. и др. Этиологическая характеристика острых болезней органов дыхания у военнослужащих западного военного округа в 2014–2019 гг. *Вестн. Рос. военно-медицинской академии*. 2020; 1 (69): 81–6. [Gorenchuk A.N., Kulikov P.V., Zhogolev S.D. et al. Etiologicheskaya kharakteristika ostryykh boleznei organov dykhanii u voennosluzhashchikh zapadnogo voennogo okruga v 2014–2019 gg. *Vestn. Ros. voenno-meditsinskoj akademii*. 2020; 1 (69): 81–6 (in Russian).]
- Sorensen MD, Sorensen B, Gonzalez-Dosal R et al. Severe acute respiratory syndrome (SARS): development of diagnostics and antivirals. *Ann New York Acad Sci* 2006; 1067 (1): 500. DOI: 10.1196/annals.1354.072
- Distribution of confirmed cases of MERS-CoV by place of infection and month of onset, from March 2012 to 2 December 2019. Available at: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/distribution-confirmed-cases-mers-cov-place-infection-and-month-onset-march-2012>
- Novel Coronavirus (2019-nCoV). Situation Report – 8. World Health Organization. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200128-sitrep-8-ncov-cleared.pdf?sfvrsn=8b671ce5_2
- Yu F, Du L, Ojcius DM et al. Measures for diagnosing and treating infections by a novel coronavirus responsible for a pneumonia outbreak originating in Wuhan, China. *Microbes Infect* 2020; 22 (2): 74–9. DOI: 10.1016/j.micinf.2020.01.003
- Song Z, Xu Y, Bao L et al. From SARS to MERS, Thrusting Coronaviruses into the Spotlight. *Viruses* 2019; 11 (1): 59. DOI: 10.3390/v11010059
- Lu R, Zhao X, Li J et al. Genomic characterization and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* 2020; 395 (10224): 565–74. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30251-8
- Wan Y, Shang J, Graham R et al. Receptor recognition by novel coronavirus from Wuhan: An analysis based on decade-long structural studies of SARS. *J Virol* 2020; 94 (7): e00127–20.
- Yuan Y, Cao D, Zhang Y et al. Cryo-EM structures of MERS-CoV and SARS-CoV spike glycoproteins reveal the dynamic receptor binding domains. *Nat Commun* 2017; 8: 15092.
- Hulswit RJ, de Haan CA, Bosch BJ. Coronavirus Spike Protein and Tropism Changes. *Adv Virus Res* 2016; 96: 29–57.
- Khan S, Ali A, Siddique R, Nabi G. Novel coronavirus is putting the whole world on alert. *J Hosp Infect* 2020; 104 (3): 252–3.
- Huang C, Wang Y, Li X, Ren L. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020; 395: 497–506.
- Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet* 2020; 395 (10223): 507–13.
- Никифоров В.В., Суранова Т.Г., Миронов А.Ю., Забозлаев Ф.Г. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): этиология, эпидемиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика. Учебно-методическое пособие. М.: Академия постдипломного образования ФГБУ «ФНКЦ ФМБА России», 2020. [Nikiforov V.V., Suranova T.G., Mironov A.Yu., Zabozaev F.G. New coronavirus infection (COVID-19): etiology, epidemiology, clinic, diagnosis, treatment and prevention. Teaching aid. Moscow: Akademiya postdiplomnogo obrazovaniia FGBU "FNKTS FMBA Rossii", 2020 (in Russian).]
- Huang C, Wang Y, Li X, Ren L. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet* 2020; 395: 497–506.
- Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet* 2020; 395 (10223): 507–13.
- Li YC, Bai WZ, Hashikawa T. The neuroinvasive potential of SARS-CoV2 may play a role in the respiratory failure of COVID-19 patients. *J Med Virol* 2020; DOI: 10.1002/jmv.25728
- ARTP COVID19 Update – 18th March 2020.
- Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю. и др. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. *Пульмонология*. 2014; 6: 11–24. DOI: 10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24 [Chuchalin A.G., Aisanov Z.R., Chikina S.Yu. et al. Federal'nye klinicheskie rekomendatsii Rossiyskogo respiratornogo obshchestva po ispol'zovaniyu metoda spirometrii. *Pul'monologiya*. 2014; 6: 11–24. DOI: 10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24 (in Russian).]
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V et al. Standardization of spirometry. *Eur Respir J* 2005; 26: 319–38.
- Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): этиология, эпидемиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика. Учебно-методическое пособие №21. М., 2020. [New coronavirus infection (COVID-19): etiology, epidemiology, clinic, diagnosis, treatment and prevention. Teaching aid №21. Moscow, 2020 (in Russian).]

24. Ai T, Yang Z, Hou H et al. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases. *Radiology* 2020; p. 200642. DOI: 10.1148/radiol.2020200642
25. Knipe H, Bell DJ et al. COVID-19. <https://radiopaedia.org/articles/covid-19-3>
26. Handbook of COVID-19 Prevention and Treatment. Ed. by T.Liang. Zhejiang University School of Medicine, 2020.
27. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В. и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов. Сер.: Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики. Вып. 65. М.: ГБУЗ НПКЦ ДИТ ДЗМ, 2020.
[Morozov S.P., Protsenko D.N., Smetanina S.V. et al. Radiation diagnosis of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results. Series: Best Practices in Radiation and Instrumental Diagnostics. Vyp. 65. Moscow: GBUZ NPKTs DiT DZM, 2020 (in Russian).]
28. Buonsenso D, Piano A, Raffaelli F et al. Point-of-Care Lung Ultrasound findings in novel coronavirus disease-19 pneumonia: a case report and potential applications during COVID-19 outbreak. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2020; 24 (5): 2776–80. DOI: 10.26355/eurrev_202003_20549
29. Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R et al. Is there a role for lung ultrasound during the COVID-19 pandemic? *J Ultrasound Med* 2020. DOI: 10.1002/jum.15284
30. Lung Ultra Sound and COVID-19 Pandemic. <http://sonomir.wordpress.com/>
31. Власенко А.В. Острый респираторный дистресс-синдром – что нового в 2020 году? https://mosgorzdrav.ru/uploads/imperavi/ru-RU/present_30032020_vlasenko.pdf [Vlasenko A.V. Acute Respiratory Distress Syndrome – What's New in 2020? https://mosgorzdrav.ru/uploads/imperavi/ru-RU/present_30032020_vlasenko.pdf (in Russian).]

Информация об авторах / Information about the authors

Войтенков Владислав Борисович – канд. мед. наук, зав. отд-нием функциональных методов диагностики ФГБУ ДНКЦИБ. E-mail: vlad203@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0448-7402>

Марченко Наталья Викторовна – канд. мед. наук, зав. отд-нием лучевой диагностики ФГБУ ДНКЦИБ. E-mail: gmv2006@mail.ru

Скрипченко Наталья Викторовна – д-р мед. наук, проф., засл. деятель науки РФ, зам. дир. по научной работе ФГБУ ДНКЦИБ. E-mail: snv@niidi.ru

Капитон Марина Геннадьевна – врач-рентгенолог рентгенодиагностического отд-ния при отд-нии лучевой диагностики ФГБУ ДНКЦИБ. E-mail: kapiton-m@ya.ru

Бедова Мария Алексеевна – мл. науч. сотр. отд. функциональных и лучевых методов диагностики ФГБУ ДНКЦИБ. E-mail: dr.bedova@yandex.ru

Vladislav B. Voitenkov – Cand. Sci. (Med.), Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases. E-mail: vlad203@inbox.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0448-7402>

Natalya V. Marchenko – Cand. Sci. (Med.), Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases. E-mail: gmv2006@mail.ru

Natalya V. Skripchenko – D. Sci. (Med.), Prof., Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases. E-mail: snv@niidi.ru

Marina G. Kapiton – radiologist, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases. E-mail: kapiton-m@ya.ru

Mariia A. Bedova – Research Assistant, Pediatric Research and Clinical Center for Infectious Diseases. E-mail: dr.bedova@yandex.ru

Статья поступила в редакцию / The article received: 15.04.2020

Статья принята к печати / The article approved for publication: 20.04.2020