

## РЕДАКЦИОННАЯ СТАТЬЯ / EDITORIAL

УДК 615.84+616-073.75

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-3-7-15>

© Ратникова А.К., Гриневич В.Б., Козлов К.В., Кравчук Ю.А., Ратников В.А., 2021 г.

**СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ  
НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19)**<sup>1,2</sup>А. К. Ратникова, <sup>1</sup>В. Б. Гриневич, <sup>1</sup>К. В. Козлов, <sup>1</sup>Ю. А. Кравчук, <sup>2,3</sup>В. А. Ратников\*<sup>1</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия<sup>2</sup>Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л. Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства России, Санкт-Петербург, Россия<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) послужила причиной пандемии, не только обусловившей пересмотр подходов к диагностике и лечению инфекционных заболеваний, но и потребовавшей переоценки роли методов лучевой диагностики в выявлении COVID-19 и его осложнений, оценке эффективности проводимого лечения и верификации проявлений постковидного синдрома. Безусловно, особое внимание при первичной диагностике заболевания обращается на состояние легких, при этом все больше данных свидетельствует о вовлечении в процесс органов желудочно-кишечного тракта, других органов-мишеней. Очевидно, что именно компьютерная томография (КТ) составляет основу лучевой диагностики COVID-19. Однако необходимость контроля лучевой нагрузки на организм пациентов, относительная фокусировка при оценке результатов КТ грудной клетки только на изменениях в легких, недостаточное использование количественных критериев изучения состояния легких и органов брюшной полости служат основанием для оптимизации алгоритмов диагностики заболевания, методики выполнения КТ и оценки полученных результатов.

**Ключевые слова:** новая коронавирусная инфекция, вызванная SARS-CoV-2 (COVID-19), компьютерная томография, лучевая нагрузка, постпроцессорный анализ, рентгеновская плотность, желудочно-кишечный тракт

\*Контакт: Ратников Вячеслав Альбертович, [dr.ratnikov@mail.ru](mailto:dr.ratnikov@mail.ru)

© Ratnikova A.K., Grinevich V.B., Kozlov K.V., Kravchuk Yu.A., Ratnikov V.A., 2021

**MODERN POSSIBILITIES AND PROSPECTS OF USING COMPUTED  
TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF A NEW CORONAVIRUS  
INFECTION (COVID-19)**<sup>1,2</sup>Anna K. Ratnikova, <sup>1</sup>Vladimir B. Grinevich, <sup>1</sup>Konstantin V. Kozlov, <sup>1</sup>Yurii A. Kravchuk, <sup>2,3</sup>Viacheslav A. Ratnikov\*<sup>1</sup>Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia<sup>2</sup>North-Western District Scientific and Clinical Center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia<sup>3</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

The new coronavirus infection (COVID-19) was the cause of the pandemic, which led to a revision of not only approaches to the diagnosis and treatment of infectious diseases, but also required a reassessment of the role of imaging methods in detecting COVID-19 and its complications, evaluating the effectiveness of treatment and verifying the manifestations of post-covid syndrome. Of course, special attention is paid to the condition of the lungs in the initial diagnosis of the disease, while more and more data indicates the involvement of the organs of the gastrointestinal tract and other target organs in the process. It is obvious that computer tomography (CT) is the basis of diagnostics of COVID-19. However, the need to control the radiation dose on patients, the relative focus when evaluating the results of chest CT only on changes in the lungs, the insufficient use of quantitative criteria for studying the condition of the lungs and abdominal organs serve as the basis for optimizing the algorithms for diagnosing the disease, the methods of performing CT and evaluating the results obtained.

**Key words:** new coronavirus infection caused by SARS-CoV-2 (COVID-19), computer tomography, radiation dose, postprocessor analysis, X-ray density, gastrointestinal tract

\*Contact: Ratnikov Viacheslav Albertovich, [dr.ratnikov@mail.ru](mailto:dr.ratnikov@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Ратникова А.К., Гриневич В.Б., Козлов К.В., Кравчук Ю.А., Ратников В.А. Современные возможности и перспективы использования компьютерной томографии в диагностике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // *Лучевая диагностика и терапия*. 2021. Т. 12, № 3. С. 7–15, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-3-7-15>.

**Conflict of interests:** the author stated that there is no potential conflict of interests.

**For citation:** Ratnikova A.K., Grinevich V.B., Kozlov K.V., Kravchuk Yu.A., Ratnikov V.A. Modern possibilities and prospects of using computed tomography in the diagnosis of a new coronavirus infection (COVID-19) // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2021. Vol. 12, No. 3. P. 7–15, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-3-7-15>.

**Введение.** Коронавирусное заболевание 2019 года (COVID-19), вызванное новым коронавирусом 2 типа тяжелого острого респираторного синдрома (SARS-CoV-2), стало причиной того, что 11 марта 2020 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила пандемию, до сих пор представляющую угрозу для глобального общественного здравоохранения: по состоянию на 6 августа 2021 г. в мире число больных COVID-19 достигло 200 840 180, при этом умерло 4 265 903 человека [1, с. 1]. Продолжается ежедневный рост количества новых случаев, отмечается быстрое и широкое распространение COVID-19 на фоне как недостаточного охвата населения вакцинацией, так и отсутствия эффективных противовирусных препаратов, растет также летальность [2, с. 365]. Спектр клинических симптомов COVID-19, требующих дальнейшего изучения, уже не ограничивается респираторными проявлениями и характеризуется вовлечением в процесс других органов-мишеней, а также мульти-системными осложнениями [3, с. 498].

Метод обратной транскрипционной полимеразной цепной реакции (ОТ-ПЦР) считают «золотым стандартом» молекулярной диагностики заболевания [4, с. 35]. Однако даже этот высокоспецифичный тест при клиническом использовании имеет недостаточную чувствительность, что вызывает потребность в обосновании и внедрении в клиническую практику других методов не только для подтверждения диагноза, но и для оценки степени тяжести состояния больных COVID-19.

Уже в процессе диагностики и лечения больных с SARS-CoV стало понятно, что компьютерная томография (КТ) грудной клетки относится к базовым технологиям обследования этой категории пациентов [5, с. 1069].

Опыт борьбы с COVID-19 систем здравоохранения разных стран и ВОЗ в целом подтвердил, что без точных методов визуализации изменений в органах-мишенях, прежде всего в легких, эффективных результатов в борьбе с этим грозным заболеванием добиться невозможно. Особую роль по-прежнему играет КТ, которая за последнее десятилетие стала еще более доступна, эффективна, хотя и сопряжена с трудностями обследования пациентов в крайне тяжелом состоянии, а также с необходимостью мониторинга лучевой нагрузки у больных. Она имеет большое значение как в процессе диагностики и лечения пациентов с COVID-19, определения степени поражения легочной ткани и других органов-мишеней, так и в процессе динамического наблюдения за больными, перенесшими COVID-19 [6, с. 116; 7, с. 1284].

В настоящее время, по данным большинства авторов, качественные КТ-критерии диагностики пневмоний, вызванных COVID-19, основанные на оценке результатов КТ грудной клетки, достаточно глубоко исследованы и обсуждены в литературе [8, с. 82]. Типичные результаты КТ грудной клетки при пневмонии, обусловленной COVID-19, наиболее часто включают двусторонние полисегментарные участки повышенной плотности по типу «матового стекла» (GGO), с нечетким контурами и периферическим распространением, в динамике процесса связанные с консолидацией, утолщением межлобулярной плевры и увеличением диаметров субсегментарных легочных сосудов (>3 мм) [9, с. 3181].

Отмечено также, что особый интерес все больше вызывают результаты исследований, посвященных изучению ряда количественных параметров оценки КТ грудной клетки у больных COVID-2019 на разных этапах диагностики и лечения [10, с. 6; 11, с. 247; 12, с. 125], а также полуколичественной оценки состояния легких при различной степени тяжести заболевания [13, с. 205; 14, с. 1066].

Лишь в небольшом количестве публикаций нашли отражение данные результатов изучения КТ грудной клетки больных COVID-19 в ближайшем и отдаленном периодах после перенесенного заболевания [15, с. 7; 16, с. 6], при этом анализ осуществлен с использованием как качественных, так и полуколичественных методов постпроцессорной оценки результатов КТ грудной клетки [17, с. 3; 18, с. 370; 19, с. 6].

Несмотря на противоречивые данные в отношении целого ряда лучевых признаков поражения органов-мишеней у больных в периоде реконвалесценции, в отношении фиброза легких, как одного из наиболее очевидных результатов перенесенного COVID-19, мнения большинства исследователей достаточно сходные [20, с. 754; 21, с. 6133; 22, с. 89].

В частности, одно из исследований показало, что примерно у трети больных, перенесших COVID-19, наблюдались фиброзные изменения легких при контрольной КТ грудной клетки через 6 месяцев. Так, по данным X. Нап и соавт. эти изменения были связаны с пожилым возрастом, острым респираторным дистресс-синдромом, более длительным пребыванием в стационаре, исходной тахикардией, неинвазивной механической вентиляцией легких и более высоким исходным баллом изменений в легких по данным КТ грудной клетки [23, с. 184].

Поскольку клиническое течение COVID-19 претерпевает особенности не только дебюта заболевания, его патоморфоза и зависимости от используе-

мых стратегий лечения, необходимы дальнейшие долгосрочные исследования для получения полной исчерпывающей информации о легочных последствиях COVID-19, а также изменениях в других органах-мишенях, в частности, печени, поджелудочной железе, кишечнике. Важно также определить векторы использования фармакологических препаратов, использование которых не только улучшит перспективы стационарного лечения больных COVID-19, но и будет способствовать эффективной реабилитации пациентов, перенесших заболевание, а также профилактировать развитие постковидного синдрома [24, с. 23].

Действительно, не следует уповать на предположения о том, что наличие длительно сохраняющихся изменений в легочной ткани, обусловленных перенесенным COVID-19 и связанных с фиброзными процессами, со временем претерпит обратное развитие и не потребует дополнительных усилий для их коррекции. Этот вполне очевидный вариант саногенеза может иметь место только у части пациентов, не имеющих сопутствующей патологии и перенесших заболевание в более легкой степени [25, с. 217].

Подтверждают данную концепцию результаты ряда исследований, продемонстрировавших, что последствием тяжелых вирусных пневмоний является длительное поражение легких [26, с. 88]. Теоретические предпосылки суждения также основаны на результатах долгосрочных (более 15 лет) проспективных исследований тяжелого острого респираторного синдрома (SARS), проведенных Р. Zhang и соавт. [27, с. 5] и X. Wu и соавт. [28, с. 2795], продемонстрировавших стойкое интерстициальное повреждение легких через несколько месяцев после выздоровления. Важно отметить, что в современных данных литературы практически отсутствуют результаты исследований, направленных на оценку отсроченных изменений в других органах-мишенях, в том числе в органах ЖКТ, после перенесенного COVID-19, особенно в свете поиска путей их первичной и вторичной профилактики.

В связи с этим перспективы использования КТ для определения вариантов развития клинической картины COVID-19 связаны с поиском не только оптимизированных подходов к оценке качественных критериев поражения легочной ткани, но и новых принципов количественного анализа изменений в легочной ткани и других органах-мишенях. Так, по мнению D. Caruso и соавт. [29, с. 571], особое внимание при анализе результатов КТ грудной клетки следует уделять плотностным характеристикам легочной ткани. При этом для количественной оценки хорошо вентилируемого легкого с помощью специального программного обеспечения следует значение затухания  $< -1000$  HU применять для исключения воздуха трахеи из анализа перед программной сегментацией легких. С целью выбора хорошо вентилируемого легкого и последующего

исследования рекомендован диапазон плотности от  $-950$  до  $-700$  HU [30, с. 37; 31, с. 90; 32, с. 628].

Важно отметить, что при написании заключений пациентам с COVID-19 в основном анализируется процент поражения легочной ткани, при этом практически не изучаются абсолютные значения показателей ослабления рентгеновского излучения измененных участков легочной ткани. Более того, существуют некоторые противоречия в плане определения их нормативных показателей [34, с. 138]. Так, за нормальные значения показателей ослабления рентгеновского излучения легочной ткани ряд авторов [35, с. 41] предлагает принимать значения  $-403 \pm 25$  HU, что не согласуется с приведенными выше параметрами, требует дальнейшего накопления и анализа данных, отражающих состояние легочной ткани у больных COVID-19, особенно в процессе динамического наблюдения.

Подход к анализу результатов КТ грудной клетки с использованием количественных и полуколичественных критериев, отражение полученных результатов во врачебных заключениях соответствует требованиям существующих регламентирующих документов [36, с. 32]. Очевидно, необходим также поиск новых эффективных подходов к применению программ постпроцессорного исследования результатов КТ грудной клетки не только применительно к легочной ткани, но и к смежным органам ЖКТ [37, с. 429].

Особую актуальность имеют подходы, способные не только оценить прогнозирование фиброподобных изменений легких при последующем наблюдении, но и соотнести их вероятность с исходными клинико-лабораторными, биохимическими и лучевыми особенностями течения COVID-19, а также с состоянием других органов-мишеней заболевания, в частности, печени, поджелудочной железы, селезенки, билиарного тракта и кишечника [38, с. 1549].

Весьма интересными, показывающими актуальность обсуждаемых вопросов и требующими дальнейшего изучения проблемы, оказались данные D. Caruso и соавт. Авторами показано, что через шесть месяцев наблюдения у 72% пациентов наблюдались поздние осложнения, в частности фиброподобные изменения в легочной ткани. При этом исходные количественные, в том числе плотностные, показатели объема пораженных и хорошо вентилируемых легких показали высокую эффективность в прогнозировании фиброподобных изменений на КТ грудной клетки в период шести месяцев после выписки из стационара ( $AUC > 0,88$ ). Важно отметить также, что такие факторы, как мужской пол, кашель, лимфоцитоз и количественные критерии состояния легких по КТ, были значимыми предикторами фиброзных изменений легочной ткани через шесть месяцев с обратной корреляцией ( $AUC 0,92$ ) [29, с. 571].

За период борьбы с COVID-19, составляющий более полутора лет, сложилось комплексное представление о диагностической значимости КТ, пока-

занятиях к ее проведению и обусловленных использованием КТ рисков для больных. Не вызывает сомнений тот факт, что КТ грудной клетки имеет высокую чувствительность для обнаружения COVID-19. С учетом того, что идентификация вирусной РНК представляет собой стандарт выявления болезни, использование ОТ-ПЦР не может обнаружить все случаи COVID-19, особенно на ранней стадии.

Более того, некоторые исследования показывают, что КТ грудной клетки может быть более чувствительной именно в этой фазе. В зависимости от фазы заболевания чувствительность КТ грудной клетки в выявлении при первичном обращении составила 97,2%, а ОТ-ПЦР — только 84,6% [39, с. 2821].

Однако оценивать возможности проведения КТ грудной клетки при скрининге на COVID-19 необходимо с учетом соотношения риска и пользы для больных. Известно, что медицинская визуализация — самый крупный антропогенный источник облучения, который составляет в среднем около 0,6 мЗв/год [40, с. 28]. Стандартная доза КТ грудной клетки находится в диапазоне 1,8 мЗв, но протокол с низкой дозой оказался эффективным для выявления инфекции COVID-19 и с дозой около 0,2 мЗв [41, с. 4357]. Представленные данные требуют системного анализа, поскольку необходимость получения той или иной дополнительной информации, особенно при использовании КТ, должна соотноситься с потенциальным побочным эффектом избыточной лучевой нагрузки.

Широкомасштабное внедрение КТ грудной клетки при диагностике COVID-19, даже при столь незначительных дозах, может значительно увеличить лучевую нагрузку на пациентов. Именно поэтому крайне важно понимать, что выполнять КТ-исследования смежных областей, особенно с искусственным контрастированием, следует по строгим показаниям. Представленные факты подтверждают данные Sh. Goldberg-Stein и соавт., свидетельствующие, что частота выявления патологии при КТ брюшной полости и таза у пациентов с симптомами COVID-19 составила 57%. Это демонстрирует, что почти половина КТ-исследований не предоставила к получению дополнительной диагностической информации, хотя привела к необходимости транспортировки пациентов в кабинет КТ и нежелательной лучевой нагрузке. Отмечено также, что более молодой возраст, мужской пол и более низкий уровень гемоглобина были независимыми предикторами выявления изменений по данным КТ в брюшной полости и малом тазу [42, с. 2619].

Проблема радиационного облучения пациентов, связанного с методиками КТ, не является новой. С учетом развития пандемии COVID-19, она приобрела новый смысл. Так, в большом многоцентровом исследовании, представленном F. Nomaounieh и соавт., были проанализированы данные 782 пациентов из 54 медицинских учреждений в 28 странах.

Менее половины медицинских учреждений использовали КТ для первичной диагностики пневмонии COVID-19, а три четверти применяли КТ для оценки тяжести и особенностей течения заболевания. Индекс дозы, полученной пациентом при КТ грудной клетки, варьировал в зависимости от использованных КТ-сканеров (7–11 мГр;  $p < 0,001$ ), количества рядов детекторов (8–9 мГр;  $p < 0,001$ ), года выпуска КТ-установки (7–10 мГр;  $p = 0,006$ ) и методов реконструкции (7–10 мГр;  $p = 0,03$ ). Многофазные КТ-исследования грудной клетки, выполненные в 20% случаев (11 из 54), были связаны с более высокой дозой облучения и продолжительностью протоколов в сравнении с однофазными КТ-исследованиями грудной клетки, выполненными в 80% случаев (43 из 54) ( $p = 0,008$ ) [43, с. 148].

Представленные результаты свидетельствуют, что использование КТ, а также протоколы сканирования и дозы облучения у пациентов с COVID-19 показали большие различия в разных медицинских учреждениях вне зависимости от стран. Отмечено, что многим пациентам с COVID-19 исследования выполняли несколько раз, в том числе с помощью многофазных протоколов КТ.

Интерпретация результатов КТ грудной клетки рентгенологом — это особый метод распознавания COVID-19 по его характерным паттернам, которые включают периферические изменения по типу «матового стекла», но, к сожалению, этот показатель часто имеет низкую специфичность в различии COVID-19 от других пневмоний [44, с. 49; 45, с. 6].

Использование принципов искусственного интеллекта (ИИ) при анализе результатов КТ грудной клетки существенно расширяет диапазон возможностей современной лучевой диагностики как поражения легких при COVID-19, так и его последствий. С помощью искусственного интеллекта рентгенологи смогли отличить лучевые признаки поражения легких при COVID-19 от пневмонии другого происхождения при КТ грудной клетки, а модель ИИ имела более высокую точность тестирования (96% против 85%,  $p < 0,001$ ), чувствительность (95% против 79%,  $p < 0,001$ ) и специфичность (96% против 88%,  $p = 0,002$ ), чем радиологи. В независимом наборе тестов модель ИИ достигла точности 87%, чувствительности 89% и специфичности 86%. С помощью ИИ рентгенологи достигли более высокой средней точности (90% против 85%,  $p < 0,001$ ), чувствительности (88% против 79%,  $p < 0,001$ ) и специфичности (91% против 88%,  $p = 0,001$ ) [46, с. 162].

Известно, что клинические проявления COVID-19 достаточно вариабельны: от бессимптомной инфекции до тяжелой пневмонии с острым респираторным дистресс-синдромом и полиорганной недостаточностью, приводящими к летальным исходам. При этом многим пациентам требуется не только госпитализация, но и перевод в отделения реанима-



ции и интенсивной терапии [47, с. 11; 48, с. 1063; 49, с. 509].

Постоянное изучение особенностей клинического течения COVID-19 требует дальнейшего поиска доступных, быстрых и точных маркеров, позволяющих не только определять течение и прогноз COVID-19, но и способных обеспечить улучшение индивидуального клинического ведения и мониторинга прогрессирования этой инфекции с помощью комплексного подхода на основе доказательной медицины [50, с. 3].

По мнению ряда авторов, пожилой возраст, сопутствующие заболевания, включая гипертензию, диабет, ожирение, а также патологию органов ЖКТ и сердечно-сосудистые заболевания, определяют прогрессирующее, более тяжелое течение COVID-19, требующее обязательного выполнения КТ грудной клетки [51, с. 22; 52, с. 919].

Установлено, что особый вклад в формирование тяжелых вариантов течения COVID-19 вносит наличие изменений органов ЖКТ как в анамнезе, так и на фоне его лечения [53, с. 1832]. К наиболее частым симптомам поражения желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) у пациентов с COVID-19 относят снижение аппетита (вплоть до анорексии), тошноту, рвоту, изжогу, дискомфорт, боли в эпигастрии и правом подреберье, метеоризм, диарею [54, с. 152].

Важная особенность инфекции COVID-19 — высокая частота выявления этих симптомов, что обусловлено как непосредственным поражением органов ЖКТ коронавирусом SARS-CoV-2, так и обострением хронической гастроэнтерологической патологии, особенно на фоне ее комплексной терапии с использованием противовирусных, антибактериальных и кортикостероидных препаратов [55, с. 5430].

Методы лучевой диагностики составляют основу выявления пневмоний, вызванных COVID-19, а также их осложнений, используются для верификации изменений органов грудной клетки и других органов-мишеней в процессе комплексного лечения больных и динамического наблюдения. В комплексе с клиническими, клинико-лабораторными и инструментальными лучевые методы применяются для выявления и оценки характера патологических изменений в других анатомических областях, в качестве вспомогательных технологий при выполнении инвазивных (интервенционных) медицинских вмешательств у больных с новой коронавирусной инфекцией SARS-CoV-2 [24, с. 22].

Легочные проявления COVID-19, как правило, затмевают абдоминальные симптомы заболевания, хотя в некоторых сообщениях [56, с. 919] указывается, что до 57% пациентов с COVID-19 легкой степени тяжести предъявляют жалобы, связанные с патологией органов ЖКТ как самостоятельного характера, так и в сочетании с легочными симптомами. Если проводится КТ брюшной полости, то рентгенолог может быть первым, кто может предположить

COVID-19, когда визуализация оснований легких при проведении КТ органов брюшной полости покажет типичные лучевые признаки поражения легких при COVID-19 [57, с. 604; 58, с. 608].

В ряде исследований показано, что необходимость оценки органов брюшной полости и ее дополнительной визуализации возрастала в связи с возрастом больных COVID-19 (отношение шансов [OR], 1,03 на год увеличения;  $p=0,001$ ) и поступлением в отделение интенсивной терапии (ОИТ) (OR, 17,3;  $p<0,001$ ). Аномалии кишечной стенки по данным КТ были выявлены у 31% (13 из 42) и связаны с поступлением в ОИТ (OR, 15,5;  $p=0,01$ ). Изменения кишечника включали пневматоз или газ в воротной вене, что было отмечено по результатам анализа КТ-изображений у 20% пациентов, находящихся в ОИТ. При оказании данной категории больных хирургической помощи ( $n=4$ ) установлено необычное состояние кишки — она имела желтый окрас ( $n=3$ ), у двух больных имел место инфаркт кишечника. Патоморфологические данные подтвердили ишемический энтерит с пятнистым некрозом и наличие микротромбозов в артериолах ( $n=2$ ). Показанием к проведению УЗИ с прицельным исследованием правого верхнего квадранта живота были отклонения клинико-биохимических результатов исследований печени (87%), при этом в 54% (у 20 из 37 больных) было выявлено увеличение желчного пузыря с признаками застоя желчи [59, с. 211].

Актуальность проблемы гастроэнтерологических проявлений COVID-19 подтверждает сообщение F. Bianco и соавт., посвященное анализу возможностей КТ с контрастным усилением. В частности, при картине острого живота КТ органов грудной клетки и брюшной полости с контрастным усилением позволила выявить классические особенности пневмонии COVID-19, а также уровни жидкости в тонкой кишке, наличие воздуха в ее стенке с сопутствующим отеком брыжейки и перитонеальной свободной жидкостью, что было трактовано как проявления острого ишемического колита вследствие COVID-19 и послужило основанием для экстренной лапаротомии [60, с. 1218].

По мере накопления клинических данных становится понятным, что у пациентов со средней или тяжелой степенью тяжести течения COVID-19 значительно выше частота сосудистых осложнений в области живота и таза, и для определения стратегии ведения больных требуется использование КТ-ангиографии [61, с. 3495]. Авторы подтвердили наличие функциональной взаимосвязи состояния легких и органов ЖКТ, показали при этом, что наиболее частые несосудистые изменения брюшной полости и таза наблюдались в желчном пузыре — 20%, печени — 20% и почках — 15,6%. Более высокие показатели поражения легких по данным КТ были достоверно связаны с наличием признаков поражения кишечника (OR 1,28, 95% ДИ 1,01–

1,63,  $p < 0,05$ ) и холестаза (OR 13,3, 95% ДИ 1,28–138,9,  $p < 0,05$ ).

Представленные результаты подчеркивают важность персонализированного подхода в построении алгоритмов комплексной диагностики поражения органов-мишеней при COVID-19, что наиболее актуально в отношении методов визуализации, сопряженных с лучевой нагрузкой. Особый интерес представляют данные S. Маппа и соавт., представивших обзор возможностей мультимодальной визуализации органов грудной клетки у больных COVID-19 с применением рентгенографии, КТ, магнитно-резонансной томографии (МРТ), позитронно-эмиссионной томографии/КТ (ПЭТ/КТ), УЗИ и эхокардиографии [62, с. 8]. По мнению авторов, рентгенография грудной клетки и КТ добавляют объем диагностической информации к доказательству того, что полисегментарные, двусторонние, преимущественно периферические и базиллярные изменения в легких по типу «матовых стекол», а также фокусы со смешанным изменением плотности легочной ткани являются наиболее частыми находками при визуализации грудной клетки. Учитывая низкую чувствительность к обнаружению незначительных изменений легких, рентгенография грудной клетки может быть нечувствительной в выявлении ранней или легкой формы заболевания. Однако она может эффективно применяться для сортировки пациентов, наблюдения за ними, в том числе в палатах ОИТ.

В настоящее время считается, что результаты КТ грудной клетки демонстрируют модель временной эволюции COVID-19, типичную для организации пневмонии как реакции на острое повреждение легких. По мнению S. Маппа и соавт. [62, с. 10] использование МРТ и ПЭТ/КТ представляется весьма трудоемким, его результаты предстоит всесторонне осмыслить, однако по уже полученным сведениям результаты МРТ и ПЭТ/КТ соответствуют характерным клинико-лучевым данным, полученным при использовании КТ. Также, по мнению авторов, целесообразно сместить фокус дальнейших исследований на изучение долгосрочных последствий инфекции COVID-19.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является одним из наиболее эффективных альтернативных методов визуализации изменений органов брюшной полости у пациентов с COVID-19, особенно при невозможности их транспортировки в кабинет КТ из-за тяжести состояния. Выполнение УЗИ также целесообразно при мониторинге больных с патологией органов брюшной полости на стационарном этапе и в амбулаторных условиях. Важным достоинством УЗИ следует считать не только высокую контрастность мягких тканей и функциональность методики, но и отсутствие лучевой нагрузки. По данным M. A. Abdelmohsen и соавт. УЗИ достаточно часто выполнялось в стационаре для лечения больных

COVID-19. Наиболее частыми сонографическими наблюдениями были гепатомегалия (у 23 пациентов из 41 — 56%) и заболевания билиарной системы (у 17 пациентов из 41 — 41,4%), при этом результаты визуализации коррелировали с клиническими и лабораторными данными [63, с. 5].

В соответствии с современной патофизиологической концепцией развития COVID-19 отмечается нарушение функционального состояния оси кишечник–легкие [64, с. 7]. Также важным элементом функционирования и взаимодействия легких и ЖКТ является печень. В целом ряде исследований показано, что кроме типичных клинических проявлений COVID-19 (лихорадки, кашля, утомляемости) у пациентов были желудочно-кишечные симптомы (диарея — у 12,17%; тошнота или рвота — у 7,83%; отсутствие аппетита — у 7,83%). У некоторых пациентов с COVID-19 наблюдались нарушения функции печени. Значительные различия в уровнях печеночных трансаминаз, альбумина, С-реактивного белка наблюдались среди разных групп, были более выражены при тяжелом течении заболевания [65, с. 429].

Результаты КТ верхних отделов брюшной полости, в том числе выполненной как продолжение протокола исследования грудной клетки, позволили выявить неоднородность и пониженную плотность печени, изменения по ходу желчных протоков. С одной стороны, выявленная с помощью функциональных тестов печени и КТ верхнего этажа брюшной полости совокупность клинико-лучевых симптомов COVID-19 коррелировала с тяжестью состояния больных, а с другой — позволила на более ранних сроках заболевания вносить коррективы в лечебную стратегию [66, с. 737].

**Заключение.** Поскольку пандемия COVID-19 продолжает разрастаться во всем мире, развиваются и наши знания относительно ее эпидемиологии, способов передачи и различных клинических проявлений. В этом плане не являются исключением и принципы лучевой диагностики COVID-19, особенностей его течения и осложнений. Совершенно очевидно, что КТ органов грудной клетки представляет собой базовую технологию визуализации изменений в легких и других органах-мишенях у больных COVID-19.

Высокая скорость КТ-исследования грудной клетки и его диагностическая эффективность, достаточно подробно обсуждаемая и общепринятая клинико-лучевая семиотика поражения легких COVID-19, возможность применения постпроцессорной оценки полученных результатов, управление протоколами снижения лучевой нагрузки на больных, особенно в процессе динамического наблюдения, возможность выполнения исследований с искусственным контрастированием, в том числе КТ-ангиографии у тяжелых пациентов, — вот неполный перечень преимуществ КТ.

Вместе с тем перспективы дальнейшего применения КТ в изучении мультисистемного поражения

организма при COVID-19 связаны с более широким внедрением в клиническую практику систем искусственного интеллекта, протоколов количественной оценки состояния легких как на разных этапах развития заболевания, так и в процессе реабилитации.

Необходим дальнейший поиск критериев оценки состояния органов ЖКТ, в том числе при постпроцессорном анализе результатов использования стандартных протоколов КТ органов грудной клетки. Особое внимание при этом следует уделять изучению не только кишки, ее диаметра, состояния стенки, но и качественным и количественным критериям (линейным размерам, плотности) печени, поджелудочной железы, билиарного тракта и селезенки. С учетом имеющихся в литературе данных, перспективными следует признать индексы соотношения рентгеновской плотности паренхиматозных органов ЖКТ.

Важно отметить, что с учетом целого ряда факторов (эпидемиологических, экономических, деонто-

логических) особое значение приобретает необходимость получения дополнительных объемов диагностической информации при анализе результатов КТ не за счет увеличения количества зон исследования (без клинических показаний для этого), без увеличения времени исследования и соответственно без дополнительной лучевой нагрузки, а именно за счет эффективного применения протоколов и программ постпроцессорного анализа данных уже полученных КТ-сканов при стандартном исследовании и минимальной лучевой нагрузке на пациентов.

Вполне очевидно, что полученные дополнительные данные в сочетании с клинико-лабораторными и биохимическими особенностями течения COVID-19 позволят оптимизировать индивидуальные подходы к прогнозу заболевания, выбору лечебных стратегий, определению принципов первичной и вторичной профилактики проявлений постковидного синдрома.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report. Weekly epidemiological and operational updates. Accessed August 4, 2021. <https://covid19.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>. P. 1–13.
- Tay M.Z., Poh C.M., Rénia L., MacAry P.A., Ng L.F.P. The trinity of COVID-19: immunology, inflammation and intervention // *Nature reviews. Immunology*. 2020. Vol. 20, No. 1. P. 363–374. doi: 10.1038/s41577-020-0311-8.
- Huang C., Wang Y., Li X., Ren L., Zhao J., Hu Y., Zhang L., Fan G., Xu J., Gu X., Cheng Z., Yu T., Xia J., Wei Y., Wu W., Xie X., Yin W., Li H., Liu M., Xiao Y., Gao H., Guo L., Xie J., Wang G., Jiang R., Gao Z., Jin Q., Wang J., Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China // *Lancet*. 2020. Vol. 395, No. 10223. P. 497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5.
- Ai T., Yang Z., Hou H., Zhan C., Chen C., Lv W., Tao Q., Sun Z., Xia L. Correlation of chest CT and RTPCR testing in coronavirus disease 2019 (COVID-19) in China: a report of 1014 cases // *Radiology*. 2020. Vol. 296, No. 1. E32–40. doi: 10.1148/radiol.202000642
- Chang Y.C., Yu C.J., Chang S.C., Galvin J.R., Liu H.-M., Hsiao Ch.-H., Kuo P.-H., Chen K.-Yu., Franks T.J., Huang K.-M., Yang P.-C. Pulmonary sequelae in convalescent patients after severe acute respiratory syndrome: evaluation with thin-section CT // *Radiology*. 2005. Vol. 236, No. 3. P. 1067–1075. doi: 10.1148/radiol.2363040958.
- Fang Y., Zhang H., Xie J., Lin M., Ying L., Pang P., Ji W. Sensitivity of chest CT for COVID-19: comparison to RT-PCR // *Radiology*. 2020. Vol. 296, No. 3. E115–117. doi: 10.1148/radiol.202000432.
- Li Y., Xia L. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): role of chest CT in diagnosis and management // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 214, No. 6. P. 1280–1286. doi: 10.2214/AJR.20.22954.
- Caruso D., Zerunian M., Polici M., Pucciarelli F., Polidori T., Rucci C., Guido G., Bracci B., De Dominicis C., Laghi A. Chest CT features of COVID-19 in Rome, Italy // *Radiology*. 2020. Vol. 296, No. 2. E79–85. doi: 10.1148/radiol.2020021237.
- Caruso D., Polidori T., Guido G., Nicolai M., Bracci B., Cremona A., Zerunian M., Polici M., Pucciarelli F., Rucci C., Dominicis C., Girolamo M.D., Argento G., Sergi D., Laghi A. Typical and atypical COVID-19 computed tomography findings // *World Journal of Clinical Cases*. 2020. Vol. 8, No. 15. P. 3177–3187. doi: 10.12998/wjcc.v8.i15.3177.
- Huang L., Han R., Ai T., Yu P., Kang H., Tao Q., Xia L. Serial quantitative chest ct assessment of covid-19: deep-learning approach // *Radiology: Cardiothoracic Imaging*. 2020. Vol. 2, No. 2, P. 1–8. e200075. doi: 10.1148/rct.202000075.
- Caruso D., Polici M., Zerunian M., Pucciarelli F., Polidori T., Guido G., Rucci C., Bracci B., Muscogiuri E., De Dominicis C., Laghi A. Quantitative chest CT analysis in discriminating COVID-19 from non-COVID-19 patients // *La Radiologia Medica*. 2021. Vol. 126. P. 243–249. doi: 10.1007/s11547-020-01291-y.
- Shen C., Yu N., Cai S., Zhou J., Sheng J., Liu K., Zhou H., Guo Y., Niu G. Quantitative computed tomography analysis for stratifying the severity of coronavirus disease 2019 // *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 123–129. doi: 10.1016/j.jpaha.2020.03.004.
- Chung M., Bernheim A., Mei X., Zhang N., Huang M., Zeng X., Cui J., Xu W., Yang Y., Fayad Z.A., Jacobi A., Li K., Li S., Shan H. CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) // *Radiology*. 2020. Vol. 295, No. 1. P. 202–207. doi: 10.1148/radiol.202000230.
- Zhan J., Li H., Yu H., Liu X., Zeng X., Peng D., Zhang W. 2019 novel coronavirus (COVID-19) pneumonia: CT manifestations and pattern of evolution in 110 patients in Jiangxi, China // *European Radiology*. 2021. Vol. 31. P. 1059–1068. doi: 10.1007/s00330-020-07201-0.
- Tabatabaei S.M.H., Rajebi H., Moghaddas F., Ghasemiadi M., Talari H. Chest CT in COVID-19 pneumonia: what are the findings in mid-term follow-up? // *Emergency Radiology*. 2020. P. 1–9. doi: 10.1007/s10140-020-01869-z.
- Zhao Y.M., Shang Y.M., Song W.B., Li Q.Q., Xie H., Xu Q.F., Jia J.L., Li L.M., Mao H.L., Zhou X.M., Luo H., Gao Y.F., Xu A.G. Follow-up study of the pulmonary function and related physiological characteristics of COVID-19 survivors three months after recovery // *Eclinical Medicine*. 2020. Vol. 25, No. 100463. P. 1–9. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100463.
- Hu Q., Guan H., Sun Z., Huang L., Chen C., Ai T., Pan Y., Xia L. Early CT features and temporal lung changes in COVID-19 pneumonia in Wuhan, China // *European Journal of Radiology*. 2020. Vol. 128, No. 109017. P. 1–7. doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109017.
- Huang G., Gong T., Wang G., Wang J., Guo X., Cai E., Li S., Li X., Yu Y., Lin L. Timely diagnosis and treatment shortens the time to resolution of coronavirus disease (COVID-19) pneumonia and lowers the highest and last CT scores from sequential chest CT // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 215, No. 2. P. 367–373. doi: 10.2214/AJR.20.23078.
- Liu N., He G., Yang X., Chen J., Wu J., Ma M., Lu W., Li Q., Cheng T., Huang X. Dynamic changes of chest CT follow-up in coronavirus disease-19 (COVID-19) pneumonia: relationship to clinical typing // *BMC Medical Imaging*. 2020. Vol. 20, No. 1: 92. P. 1–8. doi: 10.1186/s12880-020-00491-2.
- Yu M., Liu Y., Xu D., Zhang R., Lan L., Xu H. Prediction of the development of pulmonary fibrosis using serial thin-section CT and clinical features in patients discharged after treatment for COVID-19 pneumonia // *Korean Journal of Radiology*. 2020. Vol. 21, No. 6. P. 746–755. doi: 10.3348/kjr.2020.0215.
- Ojha V., Mani A., Pandey N.N., Sharma S., Kumar S. CT in coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic review of chest CT findings in 4410 adult patients // *European Radiology*. 2020. Vol. 30, No. 11. P. 6129–6138. doi: 10.1007/s00330-020-06975-7.
- Salehi S., Abedi A., Balakrishnan S., Gholamrezanezhad A. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic review of imaging findings in 919 Patients // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 215, No. 1. P. 87–93. doi: 10.2214/AJR.20.23034.
- Han X., Fan Y., Alwalid O., Li N., Jia X., Yuan M., Li Y., Cao Y., Gu J., Wu H., Shi H. Six-month follow-up chest CT findings after severe COVID-19 pneumonia // *Radiology*. 2021. Vol. 299. E177–186. doi: 10.1148/radiol.202120315.3.
- Кучеренко Н.Г., Ратникова А.К., Гриневич В.Б., Ткаченко Е.И., Кравчук Ю.А. Клиника и семиотика поражения органов пищеварения при новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2020. Т. 186, № 2. С. 20–26. [Кучеренко Н.Г., Ратникова А.К., Гриневич В.Б., Ткаченко Е.И., Кравчук Ю.А. Clinic and



- semiotics of digestive lesions with coronavirus SARS-CoV-2. *Experimental and Clinical Gastroenterology*, 2021. Vol. 186, No. 2, pp. 20–26 (In Russ.]. doi: 10.31146/1682-8658-ecg-186-2-20-26.
25. Wells A.U., Devaraj A., Desai S.R. Interstitial lung disease after COVID-19 infection: a catalog of uncertainties // *Radiology*. 2021. Vol. 299, No. 1. E216–218. doi: 10.1148/radiol.2021200448.
  26. Salehi S., Reddy S., Gholamrezaeehad A. Long-term pulmonary consequences of coronavirus disease 2019 (COVID-19): what we know and what to expect // *Journal of Thoracic Imaging*. 2020. Vol. 35, No. 4. W87–89. doi: 10.1097/RTI.0000000000000534.
  27. Zhang P., Li J., Liu H., Han N., Ju J., Kou Y., Chen L., Jiang M., Pan F., Zheng Y., Gao Z., Jiang B. Long-term bone and lung consequences associated with hospital-acquired severe acute respiratory syndrome: a 15-year follow-up from a prospective cohort study // *Bone Research*. 2020. Vol. 8. P. 1–8. doi: 10.1038/s41413-020-0084-5.
  28. Wu X., Dong D., Ma D. Thin-section computed tomography manifestations during convalescence and long-term follow-up of patients with severe acute respiratory syndrome (SARS) // *Medical Science Monitor*. 2016. Vol. 22. P. 2793–2799. doi: 10.12659/msm.896985.
  29. Caruso D., Guido G., Zerunian M., Polidori T., Lucertini E., Pucciarelli F., Polici M., Rucci C., Bracci B., Nicolai M., Cremona A., De Dominicis Ch., Laghi A. Postacute sequelae of COVID-19 pneumonia: 6-month chest CT follow-up // *Radiology*. 2021. Vol. 300, No. 3. P. 565–573. https://doi/10.1148/radiol.2021210834.
  30. Chen A., Karwoski R.A., Gierada D.S., Bartholmai B.J., Koo C.W. Quantitative CT analysis of diffuse lung disease // *Radiographics*. 2020. Vol. 40, No. 1. P. 28–43. doi: 10.1148/rg.2020190099.
  31. Colombi D., Bodini F.C., Petrin M., Maffi G., Morelli N., Milanese G., Silva M., Sverzellati N., Michieletti E. Well-aerated lung on admitting chest CT to predict adverse outcome in COVID-19 pneumonia // *Radiology*. 2020. Vol. 296, No. 2. E86–96. doi: 10.1148/radiol.2020201433.
  32. Vernuccio F., Giambelluca D., Cannella R., Lombardo F.P., Panzuto F., Midiri M., Cabassa P. Radiographic and chest CT imaging presentation and follow-up of COVID-19 pneumonia: a multicenter experience from an endemic area // *Emergency Radiology*. 2020. Vol. 27, No. 6. P. 623–632. doi: 10.1007/s10140-020-01817-x.
  33. Cha M.H., Regueiro M., Sandhu D.S. Gastrointestinal and hepatic manifestations of COVID-19: A comprehensive review // *World Journal of Gastroenterology*. 2020. Vol. 26, No. 19. P. 2323–2332. doi: 10.3748/wjg.v26.i19.2323.
  34. Громов А.И., Петрайкин А.В., Кульберг Н.С., Ким С.Ю., Морозов С.П., Сергунова К.А., Усанов М.С. Проблема точности денситометрических показателей в современной многослойной компьютерной томографии. *Медицинская визуализация*. 2016. № 6. С. 133–142. [Gromov A.I., Petraikin A.V., Kulberg N.S., Kim S.Yu., Morozov S.P., Sergunova K.A., Usanov M.S. The Problem of X-Ray Attenuation Estimation Accuracy in Multislice Computed Tomography. *Medical Visualization*, 2016, No. 6, pp. 133–142 (In Russ.)].
  35. Меллер Т.Б., Райф Э. Норма при КТ- и МРТ-исследованиях. М.: МЕДпресс-информ, 2016. 256 с. [Moeller T., Reif E. Normal findings in CT and MRI. Moscow: Publishing house MEDpress-inform, 2008, 256 p. (In Russ.)].
  36. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия-11 (07.05.2021). М., 2021, 224 с. [Temporary methodological recommendations. Prevention, diagnosis and treatment of a new coronavirus infection (COVID-19). Version-11 (07.05.2021). Moscow, 2021, 224 p. (In Russ.)].
  37. Shi H., Han X., Jiang N., Cao Yu., Alvalid O., Gu J., Fan Y., Zheng Ch. Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study // *Lancet. Infectious Diseases*. 2020, Vol. 20, No. 4. P. 425–434. doi: 10.1016/S1473.3099(20)30086-4.
  38. Guler E., Unal N.G., Cinkooglu A., Savas R., Kose T., Pullukcu H., Harman M., Elmas N.Z., Ramaiya N.H., Omer O.A. Correlation of liver-to-spleen ratio, lung CT scores, clinical, and laboratory findings of COVID-19 patients with two consecutive CT scans // *Abdominal Radiology*. 2021. Vol. 46. P. 1543–1551. doi: 10.1007/s00261-020-02805-y.
  39. Kovács, A., Palásti, P., Veréb, D., Bozsik B., Palkó A., Kincses Z.T. The sensitivity and specificity of chest CT in the diagnosis of COVID-19 // *European Radiology*. 2021. Vol. 31. P. 2819–2824. doi: 10.1007/s00330-020-07347-x.
  40. Ribeiro A., Husson O., Drey N., Murray I., May K., Thurston J., Oyen W. Ionising radiation exposure from medical imaging — A review of patient's (un) awareness // *Radiography (Lond)*. 2020. Vol. 26, No. 2. E. 25–30. doi: 10.1016/j.radi.2019.10.002.
  41. Kang Z., Li X., Zhou S. Recommendation of low-dose CT in the detection and management of COVID-2019 // *European Radiology*. 2020. Vol. 30, No. 8. P. 4356–4357. doi: 10.1007/s00330-020-06809-6.
  42. Goldberg-Stein Sh., Fink A., Paroder V., Kobi M., Yee J., Chernyak V. Abdominopelvic CT findings in patients with novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) // *Abdominal Radiology*. 2020. Vol. 45. P. 2613–2623. doi: 10.1007/s00261-020-02669-2.
  43. Homayounieh F., Holmberg O., Al Umairi R. Aly S., Basevičius A., Costa P.R., Darveesh A., Gershan V., Ilves P., Kostova-Lefterova D., Renha S.K., Mohseni I., Rampado O., Rotaru N., Shirazu I., Sinityn V., Turk T., Ty C.V.N., Kalra M.K., Vassileva J. Variations in CT utilization, protocols and radiation doses in COVID-19 pneumonia: results from 28 countries in the IAEA Study // *Radiology*. 2021. Vol. 298, No. 3. E141–151. doi: 10.1148/radiol.2020203453.
  44. Bai H.X., Hsieh B., Xiong Z., Halsey K., Choi J.W., Tran T.M.L., Pan I., Shi L.-B., Wang D.-C., Mei J., Jiang X.-L., Zeng Q.-H., Eggin T.K., Hu P.F., Agarwal S., Xie F.-F., Li S., Healey T., Atalay M.K., Liao W.-H. Performance of radiologists in differentiating COVID-19 from viral pneumonia at chest CT // *Radiology*. 2020. Vol. 296, No. 2. E46–54. doi: 10.1148/radiol.2020200823.
  45. Choi H., Qi X., Yoon S.H., Park S. J., Lee K.H., Kim J.Y., Lee Y.K., Ko H., Kim K.H., Park C.M., Kim Y.-H., Lei J., Hong J.H., Kim H., Hwang E.J., Yoo S.J., Nam J.G., Lee C.H., Goo J.M. Extension of coronavirus disease 2019 (COVID-19) on chest CT and implications for chest radiograph interpretation // *Radiology Cardiothoracic Imaging*. 2020. Vol. 2, No. 2. e200107. P. 1–8. doi: 10.1148/ryct.2020200107.
  46. Bai H.X., Wang R., Xiong Z., Hsieh B., Chang K., Halsey K., Tran T.M.L., Choi J.W., Wang D.-C., Shi L.-B., Mei J., Jiang X.-L., Pan I., Zeng Q.-H., Hu P.-F., Li Y.-H., Fu F.-X., Huang R.Y., Sebros R., Yu Q.-Z., Atalay M.K., Liao W.-H. Artificial intelligence augmentation of radiologist performance in distinguishing COVID-19 from pneumonia of other origin at chest CT // *Radiology*. 2020. Vol. 296. E. 156–165. doi: 10.1148/radiol.2020201491.
  47. Ивашкин В.Т., Шептулин А.А., Зольникова О.Ю., Охлбыстин А.В., Полужктова Е.А., Трухманов А.С., Широкова Е.Н., Гоник М.И., Трофимовская Н.И. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) и система органов пищеварения // *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии*. 2020. Т. 30, № 3. С. 7–13. [Ivashkin V.T., Sheptulin A.A., Zolnikova O.Yu., Okhlobystin A.V., Poluektova E.A., Trukhmanov A.S., Shirokova E.N., Gonik M.I., Trofimovskaya N.I. New Coronavirus Infection (COVID-19) and Digestive System. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*, 2020, Vol. 30, No. 3, pp. 7–13 (In Russ.)]. doi: 10.22416/1382-4376-2020-30-3-7.
  48. Wang D., Hu B., Hu C., Zhu F., Liu X., Zhang J., Wang B., Xiang H., Cheng Z., Xiong Y., Zhao Y., Li Y., Wang X. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China // *Journal of American Medical Association*. 2020. Vol. 323, No. 11. P. 1061–1069. doi: 10.1001/jama.2020.15854.
  49. Chen N., Zhou M., Dong X., Qu J., Gong F., Han Y., Qiu Y., Wang J., Liu Y., Wei Y., Xia J., Yu T., Zhang X., Zhang L. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study // *Lancet*. 2020. Vol. 395, No. 10223. P. 507–513. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.
  50. Moradian N., Ochs H.D., Sedikies C., Hamblin M.R., Camargo C.A. Jr., Martinez J.A., Biamonte J.D., Abdollahi M., Torres P.J., Nieto J.J., Ogino S., Seymour J.F., Abraham A., Cauda V., Gupta S., Ramakrishna S., Sellke F.W., Sorooshian A., Wallace H.A., Martinez-Urbistondo M., Gullte M., Azadbakht L., Esmailzadeh A., Kelishadi R., Esteghamati A., Emam-Djomeh Z., Majdzadeh R., Palit P., Badali H., Rao I., Saboury A.A., Jagan M.R.L., Ahmadi H., Montazeri A., Fadini G.P., Pauly D., Thomas S., Moosavi-Movahed A.A., Aghamohammadi A., Behmanesh M., Rahimi-Movaghar V., Ghavami S., Mehran R., Uddin L.Q., Von Herrath M., Mobasher B., Rezaei N. The urgent need for integrated science to fight COVID-19 pandemic and beyond // *Journal of Translational Medicine*. 2020. Vol. 18, 205, No. 1. P. 1–7. doi: 10.1186/s12967-020-02364-2.
  51. Zheng Z., Peng F., Xu B., Zhao J., Liu H., Peng J., Li Q., Jiang C., Zhou Y., Liu S., Ye C., Zhang P., Xing Y., Guo Y., Tang W. Risk factors of critical and mortal COVID-19 cases: A systematic literature review and meta-analysis // *Journal of Infection*. 2020. Vol. 81, No. 2. E16–25. doi: 10.1016/j.jinf.2020.04.021.
  52. Wan S., Li M., Ye Z., Yang C., Cai Q., Duan S., Song B. CT manifestations and clinical characteristics of 1115 patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19): a systematic review and meta-analysis // *Academic Radiology*. 2020. Vol. 27, No. 7. P. 910–921. doi: 10.1016/j.acra.2020.04.033.
  53. Xiao F., Tang M., Zheng X., Liu Y., Shan H. Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2 // *Gastroenterology*. 2020. Vol. 158, No. 6. P. 1831–1833. doi: 10.1053/j.gastro.2020.02.055.
  54. Гриневич В.В., Губонина И.В., Дошчин В.Л., Котовская Ю.В., Кравчук Ю.А., Пель В.И., Сас Е.И., Сыров А.В., Тарасов А.В., Тарзиманова А.И., Ткачева О.Н., Трухан Д.И. Особенности ведения коморбидных пациентов в период пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Национальный Консенсус 2020 // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2020. Т. 19, № 4. С. 135–172. [Grinevich V.V., Gubonina I.V., Doshchitsin V.L., Kotovskaya Yu.V., Kravchuk Yu.A., Ped V.I., Sas E.I., Syrov A.V., Tarasov A.V., Tarzimanova A.I., Tkacheva O.N., Trukhan D.I. Management of patients with comorbidity during novel coronavirus (COVID-19) pandemic. National Consensus Statement 2020. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2020. Vol. 19, No. 4. P. 135–172 (In Russ.)]. doi: 10.15829/1728-8800-2020-2630.10.
  55. Simsek C., Eruel E., Balaban H.Y. Role of gastrointestinal system on transmission and pathogenesis of SARS-CoV-2 // *World Journal of Clinical Cases*. 2021 Vol. 9, No. 20. P. 5427–5434. doi: 10.12998/wjcc.v9.i20.5427.11.



56. Han C., Duan C., Zhang S., Spiegel B., Shi H., Wang W., Zhang L., Lin R., Liu J., Ding Z., Hou X. Digestive symptoms in COVID-19 patients with mild disease severity: clinical presentation, stool viral RNA testing, and outcomes // *American Journal of Gastroenterology*. 2020. Vol. 115, No. 6. P. 916–923. doi: 10.14309/ajg.0000000000000664.
57. Dane B., Brusca-Augello G., Kim D., Katz D.S. Unexpected findings of coronavirus disease (COVID-19) at the lung bases on abdominopelvic CT // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 215, No. 3. P. 603–606. doi: 10.2214/ajr.20.23240.
58. Siegel A., Chang P.J., Jarou Z.J., Paushter D.M., Harmath C.B., Arevalo J.B., Dachman A. Lung base findings of coronavirus disease (COVID-19) on abdominal CT in patients with predominant gastrointestinal symptoms // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 215, No. 3. P. 607–609. doi: 10.2214/AJR.20.23232.
59. Bhayana R., Som A., Li M.D., Carey D.E., Anderson M.A., Blake M.A., Catalano O., Gee M.S., Hahn P.F., Harisinghani M., Kilcoyne A., Lee S.I., Mojtahed A., Pandharipande P.V., Pierce T.T., Rosman D.A., Saini S., Samir A.E., Simeone J.F., Gervais D.A., Velmahos G., Misdraji J., Kambadakone A. Abdominal imaging findings in COVID-19: preliminary observations // *Radiology*. 2020. Vol. 297, No. 1. E207–215. doi: 10.1148/radiol.2020201908.
60. Bianco F., Ranieri A.J., Paterniti G., Pata F., Gallo G. Acute intestinal ischemia in a patient with COVID-19 // *Techniques in Coloproctology*. 2020. Vol. 24. P. 1217–1218. doi: 10.1007/s10151-020-02255-0.
61. Vadvala H.V., Shan A., Fishman E.K., Gawande R.S. CT angiography of abdomen and pelvis in critically ill COVID-19 patients: imaging findings and correlation with the CT chest score // *Abdominal Radiology*. 2021. Vol. 46. P. 3490–3500. doi: 10.1007/s00261-021-03164-y.
62. Manna S., Wruble J., Maron S.Z., Toussie D., Voutsinas N., Finkelstein M., Cedillo M.A., Diamond J., Eber C., Jacobi A., Chung M., Bernheim A. COVID-19: A multimodality review of radiologic techniques, clinical utility, and imaging features radiology // *Cardiothoracic Imaging*. 2020. Vol. 2, No. 3. e200210. P. 1–11. doi: 10.1148/ryct.2020200210.
63. Abdelmohsen M.A., Alkandari B.M., Gupta V.K., ElBeheiry A.A. Diagnostic value of abdominal sonography in confirmed COVID-19 intensive care patients // *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2020. Vol. 51, No. 198. P. 1–7. doi: 10.1186/s43055-020-00317-9.
64. Ahlawat S.A., Sharma K.K. Immunological co-ordination between gut and lungs in SARS-CoV-2 infection // *Virus Research*. 2020. Vol. 286, No. 198103. P. 1–10. doi: 10.1016/j.virusres.2020.198103.
65. Zhang C., Shi L., Wang F.S. Liver injury in COVID-19: management and challenges // *Lancet. Gastroenterology Hepatology*. 2020. Vol. 5, No. 5. P. 428–430. doi: 10.1016/S2468-1253(20)30057-1.
66. Lei P., Zhang L., Han P., Zheng C., Tong Q., Shang H., Yang F., Hu Y., Li X., Song Y. Liver injury in patients with COVID-19: clinical profiles, CT findings, the correlation of the severity with liver injury // *Hepatology International*. 2020. Vol. 14. P. 733–742. doi: 10.1007/s12072-020-10087-1.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 09.08.2021 г.

#### Вклад авторов:

Вклад в концепцию и план исследования — А.К.Ратникова, В.Б.Гриневич, К.В.Козлов. Вклад в сбор данных — А.К.Ратникова, Ю.А.Кравчук, В.А.Ратников. Вклад в анализ данных и выводы — А.К.Ратникова, В.Б.Гриневич, К.В.Козлов, В.А.Ратников. Вклад в подготовку рукописи — А.К.Ратникова, В.Б.Гриневич, К.В.Козлов, Ю.А.Кравчук, В.А.Ратников.

#### Сведения об авторах:

**Ратникова Анна Константиновна** — врач-кардиолог высшей категории, заведующая отделением 2 кафедры (терапии усовершенствования врачей) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; врач-кардиолог приемного отделения федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г.Соколова» Федерального медико-биологического агентства России; 194291, Санкт-Петербург, пр. Культуры, д. 4; e-mail: smile\_elephant@mail.ru; SPIN-код: 4086–7164; ORCID 0000–0003–3279–6448;

**Гриневич Владимир Борисович** — доктор медицинских наук, профессор, заведующий 2 кафедрой (терапии усовершенствования врачей) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: grinevich\_vb@mail.ru; SPIN-код: 1178–0242; Author ID 584771; ORCID 0000–0002–1095–8787;

**Козлов Константин Вадимович** — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры инфекционных болезней (с курсом медицинской паразитологии и тропических заболеваний) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: kosstiak@mail.ru; SPIN-код: 7927–9076; Author ID 695979; ORCID 0000–0002–4398–7525;

**Кравчук Юрий Алексеевич** — доктор медицинских наук, доцент, профессор 2-й кафедры (терапии усовершенствования врачей) федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: kravchuk2003@mail.ru; SPIN-код: 6767–5189; Author ID 355377; ORCID 0000–0001–8347–0531;

**Ратников Вячеслав Альбертович** — доктор медицинских наук, профессор, заместитель генерального директора-медицинский директор федерального государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г.Соколова» Федерального медико-биологического агентства России; 194291, Санкт-Петербург, пр. Культуры, д. 4; врач-рентгенолог; профессор научно-клинического и образовательного центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» Института высоких медицинских технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: dr.ratnikov@mail.ru; SPIN-код: 4110–0454; Author ID 419179; ORCID 0000–0002–9645–8408.

Открыта подписка на 1-е полугодие 2022 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» 42177