



ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ
И ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

ISSN 2712-8490 (Print)

DIGITAL DIAGNOSTICS

Рецензируемый научный медицинский журнал

1 Том | Volume 1 Выпуск | Issue

ТЕМА ВЫПУСКА:

COVID-19 в мегаполисе

2020



ЭКО • ВЕКТОР

<https://journals.eco-vector.com/DD>

УЧРЕДИТЕЛИ

- ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»
- ООО «Эко-Вектор»

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург, Аптекарский переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: <https://eco-vector.com>

РЕКЛАМА

Отдел рекламы

Тел.: +7 495 308 83 89

РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией

Елена Андреевна Филиппова
Email: ddjournal@eco-vector.com
Тел: +7(965)0127072

ПОДПИСКА

Подписка на печатную версию через интернет:

www.journals.eco-vector.com/
www.akc.ru
www.pressa-rf.ru

OPEN ACCESS

В электронном виде журнал распространяется бесплатно — в режиме немедленного открытого доступа

ИНДЕКСАЦИЯ

- РИНЦ
- Google Scholar
- Ulrich's International Periodicals Directory
- WorldCat

Оригинал-макет

подготовлен в издательстве Эко-вектор.
Литературный редактор: *М.Н. Шошина*
Корректор: *М.Н. Шошина*
Вёрстка: *Ф.А. Игнащенко*
Обложка: *И.С. Феофанова*

Сдано в набор 15.11.2020
Подписано в печать 25.12.2020
Формат 60 × 88%. Печать офсетная.
Печ. л. 9,0. Усл. печ. л. 8,37.
Уч.-изд. л. 4,9. Тираж 500 экз.
Заказ №

© ООО «Эко-Вектор», 2020

ISSN 2712–8490 (Print)

Digital Diagnostics

Том 1 | Выпуск 1 | 2020
ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор

Синицын Валентин Евгеньевич, д.м.н., профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0002-5649-2193

Заместитель главного редактора

Морозов Сергей Павлович, д.м.н., профессор (Москва, Россия)
ORCID: 0000-0001-6545-6170

Редакционная коллегия

Андрейченко Анна Евгеньевна, к.ф.-м.н. (Москва, Россия) ORCID: 0000-0001-6359-0763
Berlin Leonard, профессор (Иллинойс, США) ORCID: 0000-0002-0717-0307
Беляев Михаил Геннадьевич, к.ф.-м.н. (Москва, Россия) ORCID: 0000-0001-9906-6453
Bisdas Sotirios, MBBS, MD, PhD (Лондон, Великобритания) ORCID: 0000-0001-9930-5549
Гомболевский Виктор Александрович, к.м.н. (Москва, Россия) ORCID: 0000-0003-1816-1315
Frija Guy, профессор (Париж, Франция) ORCID: 0000-0003-0415-0586
Guglielmi Giuseppe, MD, профессор (Фоджа, Италия) ORCID: 0000-0002-4325-8330
Holodny Andrei, д.м.н. (Нью-Йорк, США) ORCID: 0000-0002-1159-2705
Li Hongjun, MD, профессор, (Пекин, КНР)
Кульберг Николай Сергеевич, к.ф.-м.н., (Москва, Россия) ORCID: 0000-0001-7046-7157
Mannelli Lorenzo, MD (Нью-Йорк, США) ORCID: 0000-0002-9102-4176
Мокиенко Олеся Александровна, к.м.н. (Москва, Россия) ORCID: 0000-0002-7826-5135
Neri Emanuele, д.м.н. (Пиза, Италия) ORCID: 0000-0001-7950-4559
van Ooijen Peter, к.м.н. (Гронинген, Нидерланды) ORCID: 0000-0002-8995-1210
Oudkerk Matthijs, профессор (Гронинген, Нидерланды) ORCID: 0000-0003-2800-4110
Ros Pablo Riera, MD, MPH, PhD, профессор (Нью-Йорк, США) ORCID: 0000-0003-3974-0797
Rovira Alex, профессор (Барселона, Испания) ORCID: 0000-0002-2132-6750
Решетников Роман Владимирович, к.ф.-м.н., (Москва, Россия) ORCID: 0000-0002-9661-0254
Румянцев Павел Олегович, д.м.н. (Москва, Россия) ORCID: 0000-0002-7721-634X

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://journals.eco-vector.com/DD/>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя — издательства «Эко-Вектор».



FOUNDERS

- Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies
- Eco-Vector

PUBLISHER

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191186, Saint Petersburg Russian Federation

E-mail: info@eco-vector.com

WEB: <https://eco-vector.com>

ADVERTISE

Adv. department

Phone: +7 (495) 308 83 89

EDITORIAL

Executive editor

Elena A. Philippova

Email: ddjournal@eco-vector.com

Phone: +7(965)0127072

SUBSCRIPTION

For print version:

www.journals.eco-vector.com/

www.akc.ru

www.pressa-rf.ru

OPEN ACCESS

Immediate Open Access is mandatory for all published articles

INDEXATION

- Russian Science Citation Index
- Google Scholar
- Ulrich's International Periodicals Directory
- WorldCat

TYPESET

complete in Eco-Vector

Copyeditor: *M.N. Shoshina*

Proofreader: *M.N. Shoshina*

Layout editor: *Ph.Ignashchenko*

Cover: *I.Feofanova*

ISSN 2712–8490 (Print)

Digital Diagnostics

Volume 1 | Issue 1 | 2020

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL

EDITOR-IN-CHIEF

Valentin E. Sinitsyn, MD, PhD, Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-5649-2193

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Sergey P. Morozov, MD, PhD, Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0001-6545-6170

EDITORIAL BOARD

Anna E. Andreychenko, PhD (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0001-6359-0763

Leonard Berlin, Professor (Illinois, United States) ORCID: 0000-0002-0717-0307

Mikhail G. Belyaev, Ph.D., Assistant Professor. (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0001-9906-6453

Sotirios Bisdas, MBBS, MD, PhD (London, United Kingdom) ORCID: 0000-0001-9930-5549

Viktor A. Gombolevskiy, MD, PhD (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0003-1816-1315

Guy Frija, Professor (Paris, France) ORCID: 0000-0003-0415-0586

Giuseppe Guglielmi, MD, Professor (Foggia, Italy) ORCID: 0000-0002-4325-8330

Andrei Holodny, MD (New-York, United States) ORCID: 0000-0002-1159-2705

Hongjun Li, MD, Professor (Beijing, China)

Nikolay S. Kul'berg, PhD (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0001-7046-7157

Lorenzo Mannelli, MD (New-York, United States) ORCID: 0000-0002-9102-4176

Olesya A. Mokienko, MD, PhD (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0002-7826-5135

Emanuele Neri, MD, Associate Professor (Pisa, Italy) ORCID: 0000-0001-7950-4559

Peter van Ooijen, PhD, Assoc. Professor (Groningen, Netherlands) ORCID: 0000-0002-8995-1210

Matthijs Oudkerk, Professor (Groningen, Netherlands) ORCID: 0000-0003-2800-4110

Pablo Riera Ros, MD, MPH, PhD, Professor (New-York, United States) ORCID: 0000-0003-3974-0797

Alex Rovira, Professor (Barcelona, Spain) ORCID: 0000-0002-2132-6750

Roman V. Reshetnikov, PhD (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0002-9661-0254

Pavel O. Romyantsev, MD, PhD (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0002-7721-634X

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://journals.eco-vector.com/DD/>. Full or partial reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the publisher - the Eco-Vector publishing house.

СОДЕРЖАНИЕ

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Морозов С.П., Кузьмина Е.С., Ледихова Н.В., Владзимирский А.В., Трофименко И.А., Мокиенко О.А., Панина Е.В., Андрейченко А.Е., Омелянская О.В., Гомболевский В.А., Полицук Н.С., Шулькин И.М., Решетников Р.В.

Мобилизация научно-практического потенциала службы лучевой диагностики г. Москвы в пандемию COVID-19 5

ОБЗОРЫ

Ветшева Н.Н., Решетников Р.В., Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Мокиенко О.А.

Диагностическая ценность ультразвукового исследования лёгких для выявления COVID-19: систематический обзор и метаанализ 13

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Морозов С.П., Чернина В.Ю., Блохин И.А., Гомболевский В.А.

Прогнозирование исходов при лабораторно верифицированном COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки: ретроспективный анализ 38 051 пациента..... 27

Ярёменко С.А., Ручьёва Н.А., Журавлёв К.Н., Сеницын В.Е.

Сравнение частоты и характера внебольничных пневмоний до начала и во время эпидемии COVID-19 в многопрофильной больнице..... 37

НАБОРЫ ДАННЫХ

Морозов С.П., Андрейченко А.Е., Блохин И.А., Гележе П.Б., Гончар А.П.,

Николаев А.Е., Павлов Н.А., Чернина В.Ю., Гомболевский В.А.

MosMedData: датасет 1110 компьютерных томографий органов грудной клетки, выполненных во время эпидемии COVID-19 49

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

Васильев Ю.А., Бажин А.В., Масри А.Г., Васильева Ю.Н., Панина О.Ю., Сеницын В.Е.

MPT лёгких беременной пациентки с пневмонией COVID-19 61

НЕКРОЛОГИ

Профессор Анатолий Ильич Шехтер 71

CONTENTS

LETTERS TO THE EDITOR

- Morozov S.P., Kuzmina E.S., Ledikhova N.V., Vladzimirskyy A.V., Trofimenko I.A., Mokienko O.A., Panina E.V., Andreychenko A.E., Omelyanskaya O.V., Gombolevskiy V.A., Polishhuk N.S., Shulkin I.M., Reshetnikov R.V.**
Mobilizing the academic and practical potential of diagnostic radiology during the COVID-19 pandemic in Moscow 5

REVIEWS

- Vetsheva N.N., Reshetnikov R.V., Leonov D.V., Kulberg N.S., Mokienko O.A.**
Diagnostic value of lung ultrasound in COVID-19: systematic review and meta-analysis 13

ORIGINAL STUDIES

- Morozov S.P., Chernina V.Yu., Blokhin I.A., Gombolevskiy V.A.**
Chest computed tomography for outcome prediction in laboratory-confirmed COVID-19: A retrospective analysis of 38,051 cases 27
- Yaremenko S.A., Rucheva N.A., Zhuravlev K.N., Sinitsyn V.E.**
The frequency and character of community-acquired pneumonia comparison before and during the COVID-19 epidemic in the multi-specialty hospital 37

DATA SETS

- Morozov S.P., Andreychenko A.E., Blokhin I.A., Gelezhe P.B., Gonchar A.P., Nikolaev A.E., Pavlov N.A., Chernina V.Yu., Gombolevskiy V.A.**
MosMedData: data set of 1110 chest CT scans performed during the COVID-19 epidemic 49

CASE REPORTS

- Vasilev Yu.A., Sergunova K.A., Bazhin A.V., Masri A.G., Vasileva Yu.N., Panina O.Yu., Sinitsyn V.E.**
Chest MRI of a pregnant woman with COVID-19 pneumonia 61

OBITUARY

- Professor Anatoly I. Shekhter 71

Мобилизация научно-практического потенциала службы лучевой диагностики г. Москвы в пандемию COVID-19

© С.П. Морозов¹, Е.С. Кузьмина¹, Н.В. Ледихова¹, А.В. Владзимирский¹,
И.А. Трофименко¹, О.А. Мокиенко¹, Е.В. Панина¹, А.Е. Андрейченко¹,
О.В. Омелянская¹, В.А. Гомболевский¹, Н.С. Полищук¹, И.М. Шулькин¹,
Р.В. Решетников^{1, 2*}

¹ ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

Уже в начале первой волны пандемии COVID-19 для компьютерной томографической (КТ) диагностики поражения лёгких у пациентов с подозрением на вирусную пневмонию в Москве была сформирована сеть амбулаторных КТ-центров (АКТЦ) с круглосуточным режимом работы. Введение шкалы «КТ 0-4» позволило проводить эффективную маршрутизацию. Для предотвращения распространения инфекции среди пациентов и персонала было введено зонирование АКТЦ с разбиением на «красную», «буферную» и «зелёную» зоны. В рамках мобилизации службы лучевой диагностики создан Московский референс-центр, осуществляющий контроль качества, экспертные дистанционные консультации и организационно-методическое сопровождение. Разработано несколько дистанционных курсов и обучающих вебинаров. Для распознавания признаков COVID-19 и оценки степени тяжести были подключены сервисы искусственного интеллекта. Разработанная стратегия службы лучевой диагностики г. Москвы обеспечила готовность к высокой нагрузке на систему здравоохранения города и позволила минимизировать потери среди медицинского персонала. Специалисты службы внесли существенный вклад в эффективное сдерживание распространения инфекции за счёт доступной, своевременной и качественной диагностики и маршрутизации.

Ключевые слова: КТ; COVID-19; искусственный интеллект.

Как цитировать

Морозов С.П., Кузьмина Е.С., Ледихова Н.В., Владзимирский А.В., Трофименко И.А., Мокиенко О.А., Панина Е.В., Андрейченко А.Е., Омелянская О.В., Гомболевский В.А., Полищук Н.С., Шулькин И.М., Решетников Р.В. Мобилизация научно-практического потенциала службы лучевой диагностики г. Москвы в пандемию COVID-19 // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):5-12. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD51043>



Mobilizing the academic and practical potential of diagnostic radiology during the COVID-19 pandemic in Moscow

Sergey P. Morozov¹, Ekaterina S. Kuzmina¹, Natalya V. Ledikhova¹, Anton V. Vladzimirskyy¹, Irina A. Trofimenko¹, Olesya A. Mokienko¹, Elena V. Panina¹, Anna E. Andreychenko¹, Olga V. Omelyanskaya¹, Victor A. Gombolevskiy¹, Nikita S. Polishchuk¹, Igor M. Shulkin¹, Roman V. Reshetnikov^{1, 2*}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

At the beginning of the first wave of the COVID-19 pandemic, a network of outpatient CT centers (OCTC) for lung pathology diagnostics in patients with suspected viral pneumonia with the round-the-clock operation was formed in Moscow. The introduction of the "CT 0-4" scale allowed for effective routing. To prevent the spread of infection among patients and staff, OCTC zoning was introduced, dividing into "red," "buffer," and "green" zones. As part of the mobilization of the Radiology Service, the Moscow Reference Center was established, aimed at quality control, remote expert consultations, and organizational and methodological support. Several online courses and training webinars have been developed. Artificial Intelligence services were connected to recognize the signs of COVID-19 and assess the severity.

The developed strategy of the Moscow Radiology Service ensured readiness for the high burden on the city health care system and minimized losses among medical personnel. The experts significantly contributed to effective infection control through accessible, timely, and high-quality diagnostics and routing.

Keywords: CT; COVID-19; artificial intelligence.

To cite this article

Morozov SP, Kuzmina ES, Ledikhova NV, Vladzimirskyy AV, Trofimenko IA, Mokienko OA, Panina EV, Andreychenko AE, Omelyanskaya OV, Gombolevskiy VA, Polishchuk NS, Shulkin IM, Reshetnikov RV. Mobilizing the academic and practical potential of diagnostic radiology during the COVID-19 pandemic in Moscow. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):5-12. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD51043>



调动莫斯科辐射诊断服务处在COVID-19大流行中的科学和实际潜力

Sergey P. Morozov¹, Ekaterina S. Kuzmina¹, Natalya V. Ledikhova¹, Anton V. Vladzimirskyy¹, Irina A. Trofimenko¹, Olesya A. Mokienko¹, Elena V. Panina¹, Anna E. Andreychenko¹, Olga V. Omelyanskaya¹, Victor A. Gombolevskiy¹, Nikita S. Polishchuk¹, Igor M. Shulkin¹, Roman V. Reshetnikov^{1, 2*}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

在2019冠状病毒第一波大流行开始之际，莫斯科已经建立了一个24小时运转的门诊CT诊断中心，用于对疑似病毒性肺炎患者肺部损伤的计算机断层扫描（CT）诊断。CT0—CT4量表的引入允许高效路由。为防止感染在患者和工作人员之间的传播，门诊CT中心被分为《红色》、《缓冲》和《绿色》区。作为辐射诊断服务动员的一部分，成立了莫斯科基准中心，进行质量控制、专家远程咨询以及组织和方法支助。还编制了几个远程学习课程和网络讨论会。人工智能服务被用于识别COVID-19的迹象和评估疾病的严重程度。莫斯科辐射诊断服务处制定的战略确保为该市医疗系统的高负荷做好准备，并使医务人员的死亡率降至最低。该服务处的专家通过可达性、及时和高质量的诊断和路由，为有效遏制疫情传播作出了重大贡献。

关键词：计算机断层扫描；COVID-19；人工智

引用本文：

Morozov SP, Kuzmina ES, Ledikhova NV, Vladzimirskyy AV., Trofimenko IA, Mokienko OA, Panina EV, Andreychenko AE, Omelyanskaya OV, Gombolevskiy VA, Polishchuk NS, Shulkin IM, Reshetnikov RV. 调动莫斯科辐射诊断服务处在COVID-19大流行中的科学和实际潜力. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):5–12. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD51043>

收到：24.11.2020

接受：02.12.2020

发布时间：30.12.2020



Москва — крупный оживлённый мегаполис с развитой сетью транспортных магистралей и аэропортов — всегда будет находиться в зоне повышенного риска при возникновении эпидемии инфекционного заболевания. Неудивительно, что 26% всех зарегистрированных в России случаев COVID-19 приходится на долю столицы [1], что уверенно держит её в списке городов-мировых лидеров по числу инфицированных¹. Несмотря на это, опыт Москвы в чём-то уникален. Пиковая заболеваемость в первую волну эпидемии здесь пришлась на 7 мая 2020 г., когда было зарегистрировано 53 случая на 100 000 населения [1], в то время как жёсткие меры по самоизоляции были введены ещё 29 марта 2020 г.² Для сравнения, в крупных городах Испании, Германии, Италии и США период времени между датами введения режима карантина и пиковой заболеваемости составил 12 ± 3 дня³ [2–4]. Такое медленное распространение эпидемии во многом связано с разработкой и принятием своевременных мер организациями Департамента здравоохранения г. Москвы, ключевая роль в которых принадлежит первичному звену медицинской помощи.

Центральными задачами системы здравоохранения при пандемии являются ограничение распространения заболевания и снижение количества летальных исходов. По этой причине под наблюдением в стационарах должны находиться именно те пациенты, которым это необходимо, в то время как для инфицированных SARS-CoV-2 без признаков вирусной пневмонии оптимальными будут домашнее лечение и карантин. В противном случае ресурсы системы здравоохранения окажутся перегруженными, что неизбежно приведёт к падению качества оказываемых услуг и, как следствие, росту количества нежелательных результатов лечения.

«Золотым стандартом» скрининга на COVID-19 являются диагностические тесты, основанные на детекции вирусной РНК с помощью полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР). Однако этому методу свойственны низкая чувствительность [5], длительное время выполнения, изменчивая вероятность ложноотрицательных результатов [6] и зависимость от наличия и качества реагентов. В частности, недостаток наборов для экстракции вирусной РНК стал

существенной проблемой в лабораториях по всему миру⁴. Наконец, несмотря на то, что ОТ-ПЦР позволяет оценить степень тяжести заболевания по величине вирусной нагрузки [7], при диагнозе результат теста классифицируют исключительно как положительный либо отрицательный, что добавляет к списку недостатков метода дефицит клинической информации.

Одним из распространённых клинических проявлений COVID-19 является вирусная пневмония [8]. Компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК), не будучи классическим методом диагностики острой респираторной вирусной инфекции, обладает при этом высокой чувствительностью в отношении уплотнений лёгочной ткани — типичных симптомов COVID-19. В связи с этим служба лучевой диагностики г. Москвы разработала и успешно внедрила стратегию (рисунок), ключевым понятием в которой стала концепция «клинически подтверждённого случая COVID-19».

В рамках этой концепции основанием для положительного диагноза является комбинация симптомов острой респираторной инфекции и характерных изменений в лёгких. Для оценки объёма уплотнённой лёгочной ткани специалисты службы разработали эмпирическую визуальную шкалу «КТ 0–4», разделённую на пять категорий [9]. Здесь категория КТ-0 присваивается пациентам без признаков пневмонии; последующие категории различаются ростом объёма уплотнений в наиболее поражённом лёгком с шагом 25%. Так, КТ ОГК стала основным методом диагностики COVID-19 в Москве в условиях пандемии.

Введение шкалы «КТ 0–4» позволило проводить эффективную маршрутизацию: пациентам категорий КТ-0, КТ-1 и КТ-2 назначали наблюдение на дому с применением телемедицинских технологий, тогда как более тяжёлые больные подлежали немедленной госпитализации в стационар. Такая стратегия оптимизировала нагрузку на городские клинические больницы и полностью себя оправдала. Согласно нашим оценкам, менее 5% пациентов категорий КТ-0–КТ-2 в итоге была назначена госпитализация из-за ухудшения состояния [10].

В целях скрининга, маршрутизации и динамического контроля пациентов с COVID-19 была сформирована сеть амбулаторных КТ-центров (АКТЦ), открытых

¹ Worldometer. Coronavirus update (live). Available at: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>. Accessed: October 16, 2020.

² Сайт Сергея Собянина. Коронавирус. Ограничение передвижения по городу и социальная поддержка. Режим доступа: <https://www.sobyanin.ru/koronavirus-ogranichenie-peredvizheniya-i-sospodderzhka-grazhdan>. Дата обращения 20.11.2020.

³ Estado de alarma por crisis sanitaria COVID-19 – Atención e informacion – Punto de Acceso General. Available at: administracion.gob.es. Accessed: August 6, 2020.

⁴ RNA extraction kits for COVID-19 tests are in short supply in US. The Scientist Magazine. Available at: <https://www.the-scientist.com/news-opinion/rna-extraction-kits-for-covid-19-tests-are-in-short-supply-in-us-67250>. Accessed: October 14, 2020.



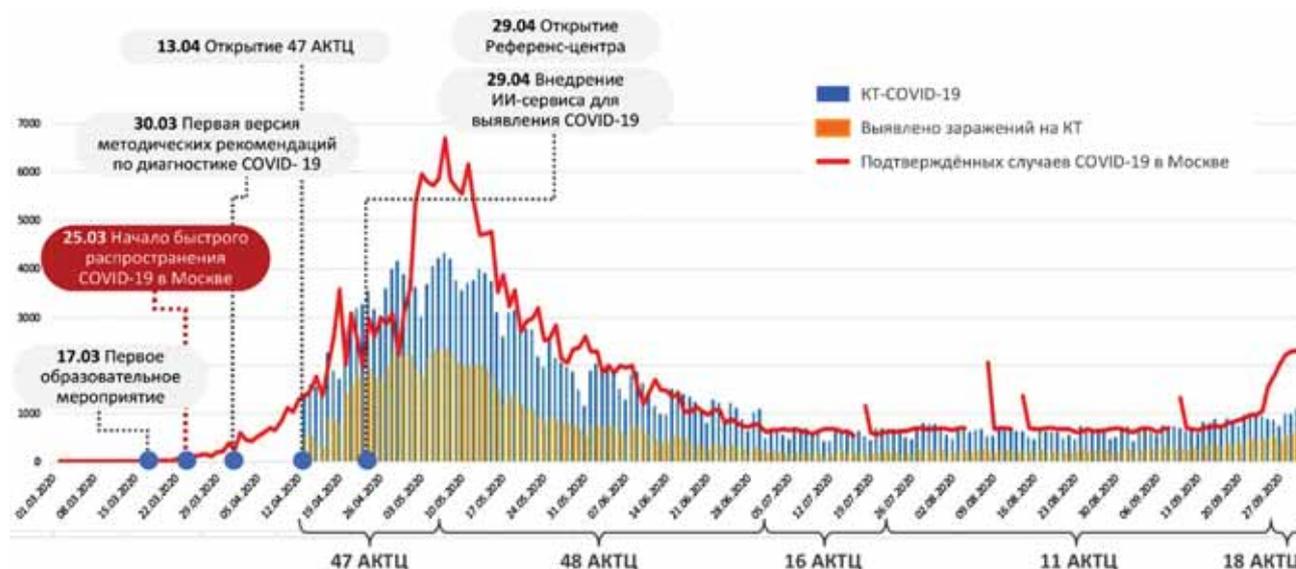


Рис. Мобилизация службы лучевой диагностики в период развития эпидемии COVID-19 в Москве: АКТЦ — амбулаторные компьютерные томографические (КТ) центры, ИИ-сервис — сервис искусственного интеллекта.

на базе городских поликлиник. Все 48 КТ-сканеров, расположенных в АКТЦ, были объединены в единое цифровое пространство с помощью Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы (ЕРИС ЕМИАС). Это решение позволило рентгенологам дистанционно проводить описание результатов исследований, тем самым существенно снизив риск заражения медицинских сотрудников, важность которых в условиях пандемии невозможно переоценить. На время пандемии все программы скрининга под управлением Департамента здравоохранения г. Москвы были прекращены, и высвободившиеся рентгенолаборанты, а также хирургические сестры были направлены в АКТЦ. Помимо этого, для предотвращения распространения инфекции среди пациентов и персонала было введено зонирование АКТЦ с разбиением на «красную», «буферную», и «зелёную» зоны. В «красной» зоне располагалось сканирующее оборудование, которое обрабатывали средствами дезинфекции после исследования каждого пациента. Весь медицинский персонал, работающий в этой зоне, был обеспечен средствами индивидуальной защиты третьего класса. «Буферная» зона служила для облачения работников в средства индивидуальной защиты и была разделена на три секции: для использованной одежды, дезинфекции и чистой одежды. Наконец, в «зелёной» зоне находились кабинеты врачей, ординаторские и операционные комнаты.

В рамках реализации стратегии был создан Московский референс-центр лучевой диагностики, основным назначением которого стали контроль качества описа-

ния результатов исследований, экспертные дистанционные консультации и организационно-методическое сопровождение персонала АКТЦ.

Социальные сети и службы обмена сообщениями стали дополнительным средством коммуникации, среди которых выделяется Telegram-канал Клуб рентгенологов и радиологов MRO.LIVE с 3228 подписчиками — рентгенологами, специалистами по ультразвуковой диагностике, техниками и администраторами отдела технического контроля. Канал стал важным инструментом для общения и консультаций в режиме реального времени, а также обмена информацией о текущем состоянии и прогрессе пандемии COVID-19, нормативных документах и образовательных мероприятиях.

Приток новых сотрудников и быстрое накопление научно обоснованных знаний о диагностике COVID-19 потребовали организации программ обучения медицинского персонала. Мы разработали несколько краткосрочных дистанционных курсов и интерактивных обучающих вебинаров для различных целевых аудиторий — администраторов АКТЦ, рентгенологов, рентгенолаборантов и ассистентов. С февраля по октябрь 2020 г. наши курсы и вебинары посетили более 50 000 специалистов. Около 10 500 рентгенологов других модальностей прошли обучение по КТ ОГК.

Для распознавания признаков COVID-19 к 149 диагностическим устройствам 85 медицинских организаций Москвы был подключён сервис искусственного интеллекта. С 29 апреля по 19 октября сервис обработал более 350 000 КТ-исследований на наличие признаков COVID-19. Точность и чувствительность



системы искусственного интеллекта составили 0,91, специфичность 0,92, удельный вес ложноотрицательных результатов 7,4%, удельный вес ложноположительных результатов 1,6%. Внедрение технологий искусственного интеллекта в АКТЦ позволило автоматически предоставлять информацию для приоритизации исследований в рабочем списке врача-рентгенолога. Этот эксперимент продемонстрировал функциональность автоматического анализа медицинских изображений с указанием локализации выявленных алгоритмом патологических находок и уведомлением о результатах, а также практическую пользу автоматической подготовки проекта описания исследования. Кроме того, сотрудниками ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ создан и выложен в открытый доступ крупнейший в мире эталонный дата-сет (набор данных) для COVID-19⁵.

По данным от 19 октября 2020 г., специалисты АКТЦ провели 268 567 КТ-исследований. Рекорд загрузки одного КТ-аппарата составил 204 КТ-исследования в сутки. Признаки пневмонии были обнаружены у 130 138 пациентов, 126 761 из которых был поставлен диагноз «Клинически подтвержденный случай COVID-19». Таким образом, за указанный период 34,5% всех диагнозов COVID-19 в Москве были поставлены с использованием средств лучевой диагностики.

Несмотря на непрерывную работу АКТЦ, принятые меры по инфекционному контролю предотвратили массовое заражение медицинского персонала. Всего в 48 амбулаторных центрах г. Москвы работали 485 рентгенологов и 775 рентгенолаборантов. Среднее количество инфицированных рентгенологов составило 10 ± 4 (2,1%); для рентгенолаборантов это значение было лишь немногим больше — 22 ± 12 (2,8%).

Разработанная стратегия службы лучевой диагностики г. Москвы (см. рис.) обеспечила готовность к высокой нагрузке на систему здравоохранения города и позволила минимизировать потери среди медицинского персонала. Специалисты службы внесли существенный вклад в эффективное сдерживание распространения инфекции за счёт доступной, своевременной и качественной диагностики и маршрутизации. Оперативная мобилизация первичного звена с доступной лучевой диагностикой позволила эффективно детектировать проявления болезни, получать быстрое подтверждение диагноза и, в конечном итоге, выйти на плато заболеваемости.

В настоящее время мир переживает вторую волну пандемии, к которой Департамент здравоохранения г. Москвы подошёл во всеоружии. С учётом многократно выросшего объёма лабораторных тестов уже нет потребности в широком развёртывании лучевой диагностики. Тем не менее наши разработки и накопленный опыт востребованы в других субъектах Российской Федерации и за рубежом, и мы охотно делимся ими посредством обучающих программ, вебинаров и научных публикаций.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикации статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 16.10.2020 №31 «О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-19 в период сезонного подъёма заболеваемости острыми респираторными вирусными инфекциями и гриппом». Режим доступа: <https://www.rosпотребнадзор.ru/>. Дата обращения 20.11.2020.
2. Badr H.S., Du H., Marshall M., et al. Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: A mathematical modelling study // *Lancet Infect Dis.* 2020. Vol. 20, N 11. P. 1247–1254. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30553-3
3. Karagiannidis C., Mostert C., Hentschker C., et al. Case characteristics, resource use, and outcomes of 10 021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study // *Lancet Respir Med.* 2020. Vol. 8, N 9. P. 853–862. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30316-7
4. Vinceti M., Filippini T., Rothman K.J., et al. Lockdown timing and efficacy in controlling COVID-19 using mobile phone tracking // *EclinicalMedicine.* 2020. Vol. 25. P. 100457. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100457
5. Ai T., Yang Z., Hou H., et al. Correlation of chest CT and RT-PCR testing for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China:

⁵ Dataset MosMedData: COVID-19_1110. Available at: https://mosmed.ai/datasets/covid19_1110. Accessed: October 16, 2020.



A report of 1014 cases // *Radiology*. 2020. Vol. 296, N 2. E32–E40. doi: 10.1148/radiol.2020200642

6. Kucirka L.M., Lauer S.A., Laeyendecker O., et al. Variation in false-negative rate of reverse transcriptase polymerase chain reaction-based SARS-CoV-2 tests by time since exposure // *Ann Intern Med*. 2020. Vol. 173, N 4. P. 262–267. doi: 10.7326/M20-1495

7. Pujadas E., Chaudhry F., McBride R., et al. SARS-CoV-2 viral load predicts COVID-19 mortality // *Lancet Respir Med*. 2020. Vol. 8, N 9. e70. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30354-4

8. Siordia J.A. Epidemiology and clinical features of COVID-19: A review of current literature // *J Clin Virol*. 2020. Vol. 127. P. 104357. doi: 10.1016/j.jcv.2020.104357

9. Morozov S.P., Gombolevskiy V.A., Chernina V.Y., et al. Prediction of lethal outcomes in COVID-19 cases based on the results chest computed tomography // *Tuberc Lung Dis*. 2020. Vol. 98, N 6. P. 7–14. doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14

10. Morozov S., Ledikhova N., Panina E., et al. Re: Controversy in coronaViral Imaging and Diagnostics (COVID) // *Clin Radiol*. 2020. Vol. 75, Issue 11. P. 871–872. doi: 10.1016/j.crad.2020.07.023

REFERENCES

1. Resolution of the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation No. 31 of 16.10.2020 «O dopolnitel'nykh merakh po snizheniyu riskov rasprostraneniya SOVID-19 v period sezonnogo pod»ema zaboлеваemosti ostrymi respiratornymi virusnymi infektsiyami i grippom». Available from: <https://www.rospotreb-nadzor.ru/>. (In Russ).

2. Badr HS, Du H, Marshall M, et al. Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: A mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(11):1247–1254. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30553-3

3. Karagiannidis C, Mostert C, Hentschker C, et al. Case characteristics, resource use, and outcomes of 10 021 patients with COVID-19 admitted to 920 German hospitals: an observational study. *Lancet Respir Med*. 2020;8(9):853–862. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30316-7

4. Vinceti M, Filippini T, Rothman KJ, et al. Lockdown timing and efficacy in controlling COVID-19 using mobile phone tracking. *EclinicalMedicine*. 2020;25:100457. doi: 10.1016/j.eclinm.2020.100457

5. Ai T, Yang Z, Hou H, et al. Correlation of chest CT and RT-PCR testing for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Chi-

na: A report of 1014 cases. *Radiology*. 2020;296(2):E32–E40. doi: 10.1148/radiol.2020200642

6. Kucirka LM, Lauer SA, Laeyendecker O, et al. Variation in false-negative rate of reverse transcriptase polymerase chain reaction-based SARS-CoV-2 tests by time since exposure. *Ann Intern Med*. 2020;173(4):262–267. doi: 10.7326/M20-1495

7. Pujadas E, Chaudhry F, McBride R, et al. SARS-CoV-2 viral load predicts COVID-19 mortality. *Lancet Respir Med*. 2020;8(9):e70. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30354-4

8. Siordia JA. Epidemiology and clinical features of COVID-19: A review of current literature. *J Clin Virol*. 2020;127:104357. doi: 10.1016/j.jcv.2020.104357

9. Morozov SP, Gombolevskiy VA, Chernina VY, et al. Prediction of lethal outcomes in COVID-19 cases based on the results chest computed tomography. *Tuberc Lung Dis*. 2020;98(6):7–14. doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14

10. Morozov S, Ledikhova N, Panina E, et al. Re: Controversy in coronaViral Imaging and Diagnostics (COVID). *Clin Radiol*. 2020;75(11):871–872. doi: 10.1016/j.crad.2020.07.023

ОБ АВТОРАХ

***Решетников Роман Владимирович**, к.ф.-м.н.;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>;
eLibrary SPIN: 8592-0558; e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

Морозов Сергей Павлович, д.м.н., проф.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: morozov@npcmr.ru

Кузьмина Екатерина Сергеевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0235-9386>;
eLibrary SPIN: 2571-1150; e-mail: e.kuzmina@npcmr.ru

Ледихова Наталья Владимировна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1446-424X>;
eLibrary SPIN: 6907-5936; e-mail: n.ledikhova@npcmr.ru

Владимирский Антон Вячеславович, д.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>;
eLibrary SPIN: 3602-7120; e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

Трофименко Ирина Анатольевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1236-5384>;
eLibrary SPIN: 7627-7470; e-mail: i.trofimenko@npcmr.ru

AUTHORS INFO

Roman V. Reshetnikov, PhD;
address: Petrovka str., 24, 127051, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>;
eLibrary SPIN: 8592-0558; e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

Sergey P. Morozov, MD, PhD, Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: morozov@npcmr.ru

Ekaterina S. Kuzmina;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0235-9386>;
eLibrary SPIN: 2571-1150; e-mail: e.kuzmina@npcmr.ru

Natalya V. Ledikhova;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1446-424X>;
eLibrary SPIN: 6907-5936; e-mail: n.ledikhova@npcmr.ru

Anton V. Vladzimirskyy, MD, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>;
eLibrary SPIN: 3602-7120; e-mail: a.vladimirsky@npcmr.ru

Irina A. Trofimenko;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1236-5384>;
eLibrary SPIN: 7627-7470; e-mail: i.trofimenko@npcmr.ru



Мокиенко Олеся Александровна, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7826-5135>;
eLibrary SPIN: 8088-9921; e-mail: Lesya.md@yandex.ru

Панина Елена Вячеславовна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9666-0147>;
e-mail: panina@npcmr.ru

Андрейченко Анна Евгеньевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6359-0763>;
eLibrary SPIN: 6625-4186; e-mail: a.andreychenko@npcmr.ru

Омелянская Ольга Васильевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-4431>;
e-mail: o.omelyanskaya@npcmr.ru

Гомболевский Виктор Александрович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g_victor@mail.ru

Полищук Никита Сергеевич;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8216-601X>;
eLibrary SPIN: 2907-0097; e-mail: polishchuk@npcmr.ru

Шулькин Игорь Михайлович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7613-5273>;
e-mail: i.shulkin@npcmr.ru

Olesya A. Mokienko, MD, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7826-5135>;
eLibrary SPIN: 8088-9921; e-mail: Lesya.md@yandex.ru

Elena V. Panina;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9666-0147>;
e-mail: panina@npcmr.ru

Anna E. Andreychenko, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6359-0763>;
eLibrary SPIN: 6625-4186; e-mail: a.andreychenko@npcmr.ru

Olga V. Omelyanskaya;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-4431>;
e-mail: o.omelyanskaya@npcmr.ru

Victor A. Gombolevskiy, MD, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g_victor@mail.ru

Nikita S. Polishchuk;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8216-601X>;
eLibrary SPIN: 2907-0097; e-mail: polishchuk@npcmr.ru

Igor M. Shulkin;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7613-5273>;
e-mail: i.shulkin@npcmr.ru



Диагностическая ценность ультразвукового исследования лёгких для выявления COVID-19: систематический обзор и метаанализ

© Н.Н. Ветшева^{1, 2*}, Р.В. Решетников^{1, 3}, Д.В. Леонов¹, Н.С. Кульберг¹, О.А. Мокиенко¹

¹ ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

² ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», Москва, Российская Федерация

³ ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

Обоснование. При оценке степени тяжести состояния пациентов с COVID-19 опираются в первую очередь на объём поражения лёгочной ткани. Существует ряд диагностических подходов, позволяющих анализировать этот показатель, каждый из которых сопряжён с определёнными ограничениями. Цель и дизайн исследования, характеристики наблюдаемых пациентов, доступность оборудования — все эти параметры способны повлиять на выбор оптимальной методики.

Цель — провести оценку чувствительности и специфичности ультразвукового исследования (УЗИ) в качестве метода анализа степени поражения лёгких у пациентов с COVID-19 посредством систематического обзора статей на английском языке, доступных в базах данных PubMed и Google Scholar. Ключевые слова для поиска: lung ultrasound, chest ultrasound, thoracic ultrasound, ultrasonography, COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, diagnosis, diagnostic value, specificity and sensitivity. В обзор включали только исследования, затрагивавшие вопросы диагностической точности УЗИ лёгких для пациентов с подозрением на COVID-19. В качестве эталонных методов рассматривали компьютерную томографию грудной клетки, детекцию вирусной РНК с помощью полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией или лабораторные данные. Извлечение статей проводили два автора независимо друг от друга с заполнением заданных полей стандартизированной таблицы и последующей оценкой индикаторов качества исследования. Для анализа и группировки данных о чувствительности и специфичности УЗИ лёгких для оценки объёма изменённой лёгочной ткани в отобранных работах использовали модель случайных эффектов. По заданным критериям включения подходили 16 работ, однако только в трёх проводили разделение пациентов на чётко заданные группы по тяжести заболевания. Из остальных работ для оценки вторичных результатов использовали значения чувствительности и специфичности УЗИ лёгких для диагностики COVID-19 вне зависимости от состояния пациента. Наблюдаемая гетерогенность для первичных и вторичных результатов сохранялась при группировке исследований по сценариям (скрининг, оценка тяжести заболевания) и когортам пациентов. УЗИ лёгких показало наиболее высокую точность для подтверждения поражения лёгких у пациентов с диагностированной тяжёлой коронавирусной инфекцией COVID-19 (чувствительность $87,6 \pm 12,3\%$, специфичность $80,5 \pm 7,1\%$). При этом самую низкую точность метод продемонстрировал у пациентов с заболеванием лёгкой степени тяжести (чувствительность $72,8 \pm 7,1\%$, специфичность $74,3 \pm 2,7\%$).

Заключение. УЗИ лёгких может быть использовано у пациентов с подтверждённым COVID-19 для выявления значительных повреждений лёгочной ткани. Диагностическая ценность метода для оценки умеренных и незначительных поражений лёгких относительно низкая.

Ключевые слова: COVID-19; УЗИ лёгких; оценка доли поражения; диагностическая ценность; чувствительность; специфичность.

Как цитировать

Ветшева Н.Н., Решетников Р.В., Леонов Д.В., Кульберг Н.С., Мокиенко О.А. Диагностическая ценность ультразвукового исследования лёгких для выявления COVID-19: систематический обзор и метаанализ // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):13–26. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46834>

Рукопись получена: 13.10.2020

Рукопись одобрена: 03.12.2020

Опубликована: 08.12.2020



Diagnostic value of lung ultrasound in COVID-19: systematic review and meta-analysis

Natalia N. Vetsheva^{1, 2*}, Roman V. Reshetnikov^{1, 3}, Denis V. Leonov¹,
Nikolas S. Kulberg¹, Olesya A. Mokienko¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² Moscows regional research clinical institute n.a. M.F. Vladimirskiy, Moscow, Russian Federation

³ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

BACKGROUND: Effective and safe tools assisting triage decisions for COVID-19 patients could optimize the pressure on the healthcare system. COVID-19 often has respiratory manifestations, and medical imaging techniques provide an opportunity to assess the disease's severity.

AIMS: To estimate the sensitivity and specificity of lung ultrasound for different degrees of pulmonary involvement in COVID-19 patients by a systematic review of English articles using PubMed and Google Scholar databases. Search terms included lung ultrasound, chest ultrasound, thoracic ultrasound, ultrasonography, COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, diagnosis, diagnostic value, specificity, and sensitivity. Only studies addressing lung ultrasound diagnostic accuracy for patients with suspected COVID-19 using thoracic computed tomography, reverse transcription polymerase chain reaction, or laboratory data as a reference standard were included. Independent extraction of articles was performed by two authors using predefined data fields with subsequent assessment of study quality indicators. The random-effect model was used to analyze and pool lung ultrasound sensitivity and specificity across the included studies. Sixteen studies met our inclusion criteria, but only three of them divided patients into distinct and defined groups depending on the disease severity. We used the remaining studies' data to assess the secondary outcomes: the values of sensitivity and specificity of lung ultrasound for COVID-19 regardless of the patient's clinical status. Heterogeneity for primary and secondary outcomes was observed that remained when pooling for different scenarios (screening, assessing severity) and cohorts of participants. Lung ultrasound had the highest accuracy for confirmed COVID-19 patients with severe disease (sensitivity 87.6% ± 12.3%, specificity 80.5% ± 7.1%), and the lowest accuracy for the patients with mild disease (sensitivity 72.8% ± 7.1%, specificity 74.3% ± 2.7%).

CONCLUSIONS: Lung ultrasound can be used in patients with confirmed COVID-19 to detect serious damage to the lung tissue. The diagnostic value of the method for assessing mild and moderate lung lesions is relatively low.

Keywords: COVID-19; lung ultrasound; severity grade estimate; diagnostic value; sensitivity; specificity.

To cite this article

Vetsheva NN, Reshetnikov RV, Leonov DV, Kulberg NS, Mokienko OA. Diagnostic value of lung ultrasound in COVID-19: systematic review and meta-analysis. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):13–26. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46834>

Received: 13.10.2020

Accepted: 03.12.2020

Published: 08.12.2020



肺部超声检测COVID-19的诊断价值：系统综述和荟萃分析

Natalia N. Vetsheva^{1, 2*}, Roman V. Reshetnikov^{1, 3}, Denis V. Leonov¹,
Nikolas S. Kulberg¹, Olesya A. Mokienko¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Petrovka str., 24, 127051, Moscow, Russia

² The State Budgetary Healthcare Institution of Moscow Area Moscovs regional research clinical institute n.a. M.F. Vladimirskiy, 61/2, Shepkina street, Moscow, 129110

³ Institute of Molecular Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University, Trubetskaya str. 8-2, 119991, Moscow, Russia

论证：在评估COVID-19患者病情的严重程度时，主要依赖肺组织损伤的体积。有许多诊断方法允许分析该指标，每一种方法都有一定的局限性。研究的目的是设计，观察患者的特点，设备的可用性，所有这些参数都可以影响最佳方法的选择。

目的是通过对PubMed和Google Scholar数据库中相关英文文章的系统回顾，评估超声作为一种分析COVID-19患者肺损伤程度的方法的敏感性和特异性。关键词：lung ultrasound; chest ultrasound; thoracic ultrasound; ultrasonography;

COVID-19; SARS-CoV-2; coronavirus; diagnosis; diagnostic value; specificity; sensitivity该综述仅包括了针对疑似COVID-19患者肺部超声诊断准确性问题的研究。参考方法包括胸部CT、逆转录聚合酶链反应检测病毒RNA、实验室数据等。论文由两位作者独立抽取，填写标准化表格的指定字段，然后对研究质量指标进行评价。为了分析和分组所选研究中肺超声评估肺组织改变体积的敏感性和特异性的数据，使用了随机效应模型。根据规定的纳入标准，适合16项研究，但仅对3例患者根据疾病严重程度划分明确组。通过其他有关材料，为了评估次要结果，使用了肺部超声诊断COVID-19的敏感性和特异性值，而不考虑患者的病情。当研究根据筛查、疾病严重程度评估和患者队列进行分组时，观察到的主要结果和次要结果的异质性得以保持。肺部超声诊断重症冠状病毒感染COVID-19患者肺损害的准确性最高（敏感性为 $87.6 \pm 12.3\%$ ，特异性为 $80.5 \pm 7.1\%$ ）。同时，该方法在轻度疾病患者中的准确率最低（敏感性为 $72.8 \pm 7.1\%$ ，特异性为 $74.3 \pm 2.7\%$ ）。

结果。肺部超声检查可用于确诊COVID-19的患者，以检测肺组织的严重损害。该方法评估轻微-中度肺损伤的诊断价值相对较低。

关键词：COVID-19；肺部超声；病变部位评估；诊断价值；敏感性；特异性

引用本文：

Vetsheva NN, Reshetnikov RV, Leonov DV, Kulberg NS, Mokienko OA. 肺部超声检测COVID-19的诊断价值：系统综述和荟萃分析. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):13–26. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46834>

收到：13.10.2020

接受：03.12.2020

发布时间：08.12.2020



ОБОСНОВАНИЕ

По данным на 16 сентября 2020 г., общее число заражённых COVID-19 во всём мире составило 29 155 581 человек, включая 926 544 летальных исхода [1]. Влияние окончания периода летних отпусков и возобновления работы учебных заведений на течение эпидемии ещё не проявилось в полной мере. Тем не менее если ситуация будет развиваться по сценарию интенсивного распространения инфекции, существует вероятность возникновения второй волны [2]. С ростом числа новых случаев Израиль стал первой развитой страной, которая возобновила общенациональный карантин [3]. В Москве впервые с 30 июня 2020 г. регистрируется устойчивый рост числа случаев заражения инфекцией SARS-CoV-2.

Прогнозируемая нагрузка на систему здравоохранения в связи с эпидемией может быть оптимизирована благодаря эффективным и безопасным инструментам сортировки пациентов, помогающим решить вопросы о необходимости госпитализации или проведения дообследования. Ряд лабораторных параметров, таких как определение вирусной нагрузки методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) [4], подсчёт количества тромбоцитов [5], содержание D-димера в крови [6] и другие [7], позволяют оценивать стадию и тяжесть заболевания. Однако основным проявлением, влияющим на течение заболевания, является респираторная симптоматика. Это делает исследование лёгких при помощи компьютерной томографии (КТ) и ультразвукового исследования (УЗИ) одним из ключевых методов определения тяжести состояния пациента [8]. КТ обладает высокой чувствительностью для обнаружения признаков поражения лёгочной ткани, ассоциированных с COVID-19 [9]. В связи с этим ряд экспертов рассматривает КТ в качестве диагностического стандарта для этого заболевания: в частности, в период московского карантина КТ стал одним из ключевых инструментов диагностики и сортировки пациентов [10]. К сожалению, КТ не является широкодоступным методом, а также обладает лучевой нагрузкой. УЗИ лёгких способно компенсировать данные недостатки, являясь общедоступным, мобильным и безопасным подходом. Это делает его особенно актуальным для применения у беременных женщин, детей и тяжелобольных лежащих пациентов. Возможность применения УЗИ лёгких при COVID-19 исследовали в недавних систематических обзорах [11, 12]. Однако на сегодняшний день имеющихся научных данных недостаточно для того, чтобы чётко очертить его функциональность для при-

ятия клинических решений в зависимости от тяжести заболевания [13].

Для оценки чувствительности и специфичности УЗИ при различных степенях поражения изучили опубликованные работы, посвящённые сравнению УЗИ и КТ лёгких у пациентов с COVID-19.

МЕТОДЫ

Данная работа написана в соответствии с принципами PRISMA в отношении качества представления информации о результатах систематических обзоров и метаанализов работ, посвящённых оценке медицинских вмешательств [14].

Тип исследований. Критерии включения: (I) любые работы, в которых проводили исследование результатов УЗИ лёгких у пациентов с диагнозом COVID-19; (II) исследования, предоставляющие сведения о чувствительности и специфичности, либо предоставляющие достаточный объём информации для построения матрицы ошибок 2×2 ; (III) ограничения по стране, возрасту, полу и расовому составу пациентов отсутствовали. Критерии исключения: (I) полный текст работы недоступен; (II) исследование не проводилось на людях; (III) описания клинических случаев, исследование серии случаев и систематические обзоры; (IV) работы, опубликованные до 1 января 2020 г.

Типы участников. Пациенты всех возрастов, находящиеся в стационарах и проявляющие симптоматику, характерную для коронавирусной пневмонии COVID-19, которая подтверждена с помощью ОТ-ПЦР или серологических тестов (коды Международной классификации болезней: U07.1, U07.2). В обзор не вошли пациенты, по которым отсутствовали полные клинические данные, либо данные по диагностике с применением стандартных эталонных методов.

Типы вмешательств. Исследования, в которых проводили сравнение диагностической информативности УЗИ лёгких, включая исследования на месте оказания экстренной медицинской помощи, с КТ грудной клетки, рентгенографией грудной клетки и данными последующих медицинских наблюдений.

Типы результатов. Первичные результаты: числовые значения чувствительности и специфичности УЗИ лёгких для оценки разных степеней вовлечения лёгочной ткани пациентов с COVID-19. Вторичные результаты: числовые значения чувствительности и специфичности УЗИ лёгких в выявлении поражения лёгочной ткани пациентов с COVID-19.

Источники информации. Отбор исследований проводили по результатам поиска в электронных базах данных



PubMed и Google Scholar. Последнюю поисковую сессию осуществили 1 сентября 2020 г.

Поиск. В базе данных PubMed применяли два типа поисковых запросов: (I) с использованием терминов библиотеки MeSH и (II) ключевых слов для поиска среди недавних статей, поскольку PubMed требуется около одного месяца для присвоения термина MeSH опубликованной работе:

- 1) «Coronavirus infections/diagnosis» [Mesh] or «Coronavirus infections/diagnostic imaging» [Mesh] and «Ultrasonography» [Mesh];
- 2) «lung ultrasound» or «chest ultrasound» or «thoracic ultrasound» or «ultrasonography» and COVID-19 or «SARS-CoV-2» or «coronavirus» and diagnosis.

Для поиска в базе данных Google Scholar использовали запрос «lung ultrasound diagnostic value specificity sensitivity COVID-19».

Отбор исследований. Оценку соответствия критериям исследования проводили два рецензента (РВР и ЛДВ) стандартизированным способом с помощью автоматического поиска слов «sensitivity» и «specificity» в тексте статей. Трое других исследователей (ВНН, КНС и МОА) выполняли анализ отобранных рукописей согласно протоколу с целью устранения противоречий.

Процесс сбора данных и элементы данных. С помощью сервиса Google Spreadsheet разработали таблицу извлечения данных с тем, чтобы все рецензенты имели одновременный и неограниченный доступ к документу. Таблицу извлечения данных предварительно протестировали на трёх отобранных исследованиях и доработали по результатам теста. Два рецензента (РВР и ЛДВ) извлекли следующие данные из отобранных работ: авторы, место работы авторов, название статьи, журнал (или сервис для размещения препринтов), дата публикации, DOI, популяция пациентов (число, возраст, доля женщин, критерии включения и исключения, местонахождение медицинских центров, даты начала и окончания исследования), протокол УЗИ, шкала оценки УЗИ, протокол сравнения, шкала сравнения, результат УЗИ, сравнение исходов. Трое других исследователей (ВНН, КНС и МОА) осуществили проверку извлечённых данных. Все разногласия были решены в ходе обсуждения между авторами. Данные из систематических обзоров по специфичности и чувствительности эталонных тестов добавляли в тех случаях, когда во включённой в обзор работе не проводилась оценка этих значений.

Риск систематической ошибки в отдельных исследованиях. Для оценки методологических сложностей, связанных с исследованиями диагностической точ-

ности, авторы использовали контрольный список QUADAS-2 (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies) [15], рекомендованный для проведения систематических обзоров Агентством исследований и оценки качества здравоохранения США (Agency for Healthcare Research and Quality, Cochrane Collaboration). Каждую из отобранных работ оценивали по четырём направлениям: отбор пациентов, исследуемый тест, эталонный тест и поток пациентов. Полное описание каждого направления и используемые критерии суждения приведены в Кокрановском руководстве по систематическим обзорам медицинских вмешательств (Cochrane Handbook) [16].

Статистический анализ. Анализ и группировку данных о чувствительности и специфичности УЗИ лёгких в отобранных работах проводили с использованием модели случайных эффектов. Для измерения гетерогенности между работами применяли оценку величины τ^2 , процента изменчивости I^2 и статистику Q-критерия Кокрана. В качестве пороговых величин использовали значения I^2 , равные 25% (низкая гетерогенность), 50% (средняя гетерогенность) и 75% (значительная гетерогенность), а также значения $p < 0,05$. Метаанализ проводили при помощи пакета dmetar [17] для R 3.6.3 [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Отбор исследований. В настоящий обзор вошли 16 исследований. По результатам поиска в базах данных PubMed и Google Scholar отобрали 245 исследований, которые импортировали в библиотеку программы для управления ссылками Mendeley. Из указанного набора работ исключили 6 исследований, поскольку они не проводились на людях. После сверки на предмет наличия дубликатов осталось 236 работ. Из них 220 исследований после изучения их аннотаций или полного текста не использовали в обзоре, поскольку они не подходили по критериям включения (рис. 1). По результатам изучения текстов оставшихся 16 работ [19–34] обнаружили, что только в 6 из них оценивали диагностическую точность УЗИ для разных степеней поражения лёгких [19, 20, 27–30]. Однако только в 3 работах отбор пациентов осуществляли по трём степеням тяжести заболевания: лёгкая, средняя и тяжёлая [19, 20, 28]. Оставшиеся исследования включали только тяжелобольных пациентов [27, 29] либо проводили оценку диагностической значимости УЗИ для прогноза необходимости в неинвазивной вентиляции лёгких [30]. Работа N. Veronese и соавт. выделяется тем, что в ней ана-



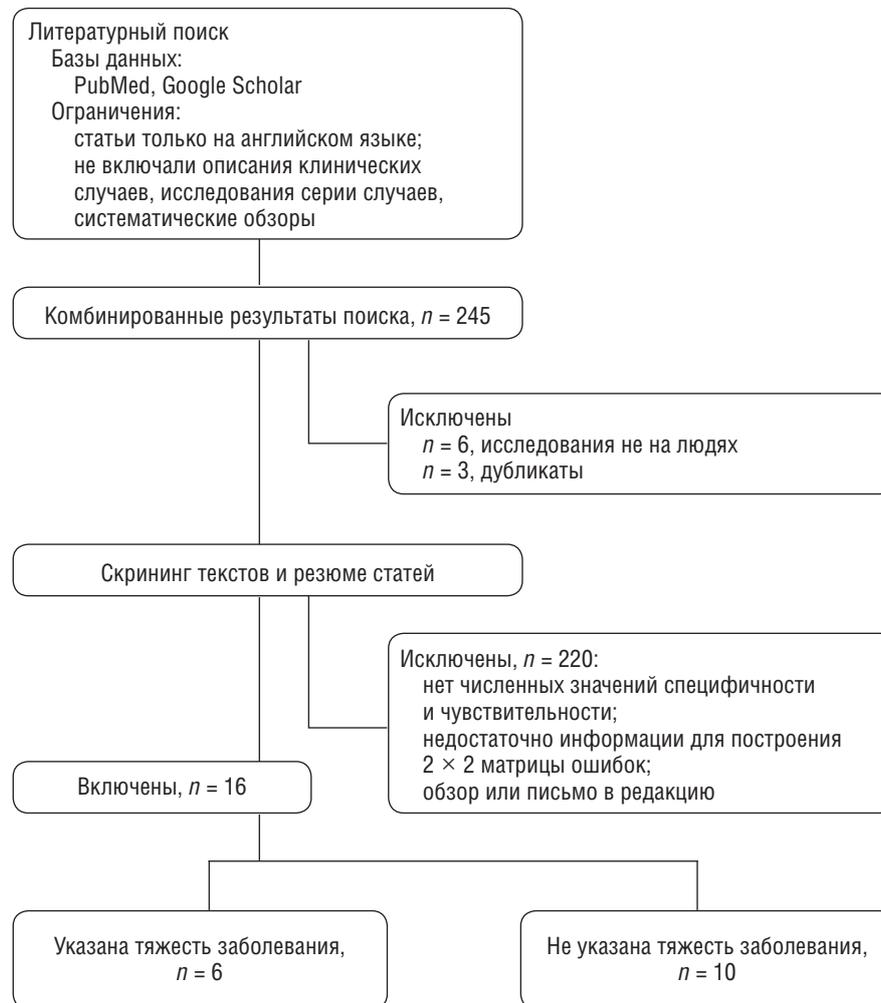


Рис. 1. Схема отбора исследований.

лизировали данные лежачих пациентов дома престарелых в возрасте $84,1 \pm 9,8$ года [24]. Для данных пациентов наблюдали положительную корреляцию уровня смертности с незначительным (порядка 11%) поражением лёгких, причём при увеличении объёма уплотнённой лёгочной ткани риск летального исхода не возрастал.

Во всех отобранных работах средний период наблюдения пациентов составлял 34 ± 15 дней, за исключением исследования N. Hatamabadi и соавт., где предоставлялись данные только по семи дням наблюдения [34]. Отобранные работы включали 1696 пациентов, из которых у 1121 был подтверждённый диагноз COVID-19. Данные работы включали 13 моноцентровых и 3 многоцентровых исследования (рис. 2). Средний или медианный возраст участников находился в промежутке от 27 до 69 лет (за исключением N. Veronese и соавт. [24]).

Все исследования содержали сведения о тестовых группах (пациенты с диагнозом COVID-19), однако только 5 работ включали контрольную группу пациентов, у которых отсутствовала коронавирусная

пневмония SARS-CoV-2 [22, 25, 26, 31, 33]. Пациенты из тестовой группы были диагностированы с помощью ОТ-ПЦР. Специфичность и чувствительность УЗИ лёгких для определения клинической вероятности COVID-19 оценивали в 7 работах с помощью ОТ-ПЦР в качестве эталонного теста [21, 22, 24–26, 31, 33]. Для оценки диагностических характеристик УЗИ в качестве метода анализа степени поражения лёгких эталонными тестами в 2 работах [28, 29] были клинические и лабораторные данные, в 7 — КТ грудной клетки [19, 20, 23, 27, 30, 32, 34].

Риск систематической ошибки. Основным источником ошибок являлся отбор пациентов для участия в исследовании (рис. 3). Большинство работ (9 из 16; 75%) проводили исследование на ранее диагностированных пациентах без участия контрольной группы. Однако во всех исследованиях участники соответствовали критериям протокола настоящего обзора. Специалисты, проводившие УЗИ лёгких и осуществлявшие анализ результатов, заранее знали о наличии диагноза COVID-19, что также могло являться источником систематической ошибки.



Рис. 2. География включённых в исследование работ.

Примечание. Изображение карты мира приобретено на ресурсе Shutterstock [35], после чего в него внесены изменения.

В 7 исследованиях были надлежащим образом представлены сведения по исследуемому и эталонному тестам [19, 21, 23, 25, 26, 31, 33]. Оценку согласованности заключений различных экспертов проводили в 3 работах [21, 25, 32]. Только 3 (19%) исследования предоставили сведения по временному интервалу между УЗИ и эталонным тестом, однако в большинстве включённых работ (87%) авторы надлежащим образом обозначили использование эталонных тестов для всех набранных пациентов.

Системы оценки изменений в лёгких согласно данным УЗИ. Отобранные работы использовали различные системы оценки изменений в лёгких для анализа наличия и степени тяжести заболевания. Для большинства систем (87%) общим являлось разделение области визуализации на отдельные зоны с балльной оценкой

изменений, отражающей степень поражения лёгких в каждой из них. Общее значение оценки подсчитывали как сумму отдельных показателей. В соответствии с наиболее популярной системой каждый гемиторакс разделяли на 6 зон, каждая из которых, в свою очередь, получала оценку от 0 до 3. Соответственно, общая оценка находилась в промежутке от 0 до 36 [19, 20, 23, 24, 28, 30]. В 3 исследованиях [27, 32, 33] сбор данных УЗИ лёгких проводили по результатам исследований восьми зон. При этом использовали разный подход к классификации изменений: две научные группы [27, 32] оценивали каждую зону по шкале от 0 до 3 (общая оценка 0–24), М. Favot и соавт. [33] кодировали изображения по наличию различных совместимых с COVID-19 паттернов. В 2 исследованиях грудную стенку делили на десять зон, но использовали разные шкалы оценки

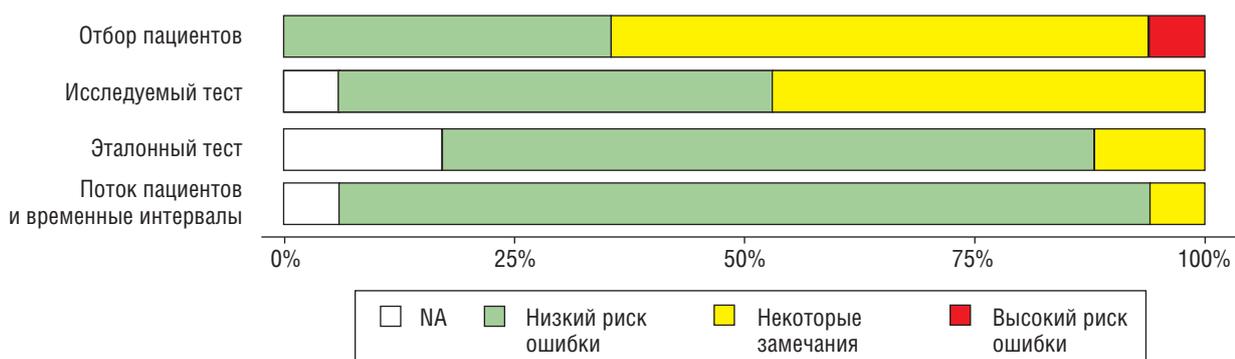


Рис. 3. Гистограмма риска систематической ошибки для 16 исследований.



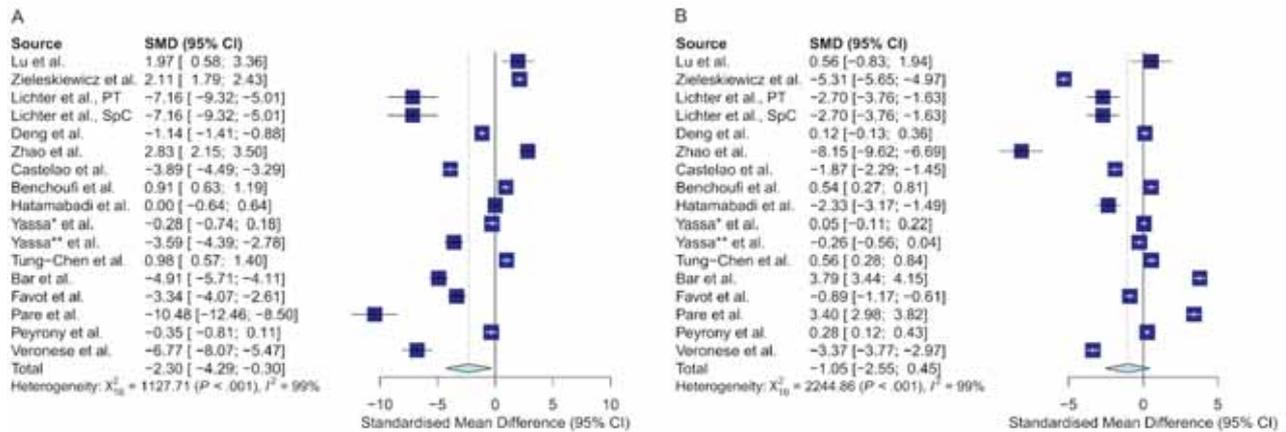


Рис. 4. Форест-график сгруппированных данных по специфичности (А) и чувствительности (В). Символами * и ** обозначены исследования М. Yassa и соавт., посвящённые согласованности заключений различных специалистов [25] и диагностической значимости ультразвукового исследования при скрининге на COVID-19 [26] соответственно. SMD — стандартизированная средняя разница; CI — доверительный интервал.

изменений в лёгких с максимальными значениями, равными 40 [29] или 10 [34]. М. Yassa и соавт. [25, 26] осуществляли сбор оценок от 0 до 3 для 14 зон (общая оценка 0–42). Наконец, две научные группы осуществляли только качественную оценку степени поражения лёгких на основе результатов УЗИ [21, 22].

Диагностическая точность УЗИ лёгких. Во всех 16 отобранных работах предоставляли данные о чувствительности и специфичности УЗИ для диагностики и детекции поражений лёгких при COVID-19. Значения чувствительности находились в диапазоне от 15,5 до 100%, специфичности — от 51,9 до 100%. Только в 3 работах осуществляли оценку результатов диагностики эталонных тестов [23, 27, 32]. В связи с этим для вычисления первичных и вторичных результатов настоящего исследования в качестве контрольных значений использовали данные метаанализов чувствительности и специфичности ОТ-ПЦР [36] и КТ грудной клетки [37]. Для работ, использовавших клинические и лабораторные данные в качестве эталонных методов [28, 29], эти значения принимали равными 100% (рис. 4).

Согласно результатам метаанализа, в качестве метода диагностики COVID-19 УЗИ лёгких обладает специфичностью $81,6 \pm 13,3\%$ и чувствительностью $79,4 \pm 21,4\%$. Однако Q-критерий Кокрана выявил значительную гетерогенность данных: $Q = 2244,8$, $p < 0,001$ и $Q = 1127,7$, $p < 0,001$ для чувствительности и специфичности соответственно.

Наблюдаемая гетерогенность может являться признаком того, что в отобранных исследованиях оценивали диагностическое значение метода для различных целей и когорт пациентов. Для дальнейшего анализа из списка отобранных работ исключили исследование N. Veronese и соавт. [24]. Оставшиеся работы разделили на две группы: в первой группе метод УЗИ использовали для скрининга на наличие COVID-19 [19, 21–23,

25, 26, 31, 32]; работы, включённые во вторую группу, содержали сведения о наблюдениях за пациентами в критическом состоянии [19, 27, 30, 32, 33]. Работы Y. Lichter и соавт. [28] и L. Zhao и соавт. [29] не включили во вторую группу в связи с тем, что в них оценивали значение УЗИ лёгких для прогнозирования смертности и рефрактерных ситуаций соответственно. В работе Y. Lichter и соавт. [28] приводили данные о 62% чувствительности и 74% специфичности в ROC-анализе 30-дневной смертности при пороговом значении оценки изменений в лёгких 18 (максимальное значение 32). Согласно L. Zhao и соавт. [29], прогноз рефрактерных ситуаций обладал 57% чувствительностью и 89% специфичностью с пороговым значением оценки равным 32 (максимальное значение 40).

Характеристики исследуемого теста остались гетерогенными. Самое низкое значение Q-критерия Кокрана и I^2 было получено для чувствительности метода УЗИ лёгких у пациентов в тяжёлом состоянии (таблица).

Следующим этапом группировали данные по чувствительности и специфичности для пациентов с различной степенью поражения лёгких. Работа Y. Lichter и соавт. [28] не позволила извлечь числовые значения для оценки необходимых характеристик, поэтому была исключена из настоящего метаанализа. Из работы L. Zieleskiewicz и соавт. [20] были получены данные по чувствительности и специфичности с максимальными значениями индекса Юдена для трёх зон на ROC-кривой в соответствии с пороговыми значениями, указанными авторами.

Показатели сохранили свою гетерогенность везде, за исключением значений специфичности для пациентов со средней степенью поражения лёгких (см. таблицу). Отметим, что для метаанализа использовали данные по пациентам со средним и низким объёмом поражения лёгочной ткани только из двух работ, ни одна из которых не включала контрольную группу.

Таблица. Эффективность ультразвукового исследования лёгких для пациентов с COVID-19

Группа	Чувствительность		Q	I ² , %	Специфичность		Q	I ² , %
	Среднее, %	SD, %			Среднее, %	SD, %		
Скрининг заболевания	79,6	21,6	694,2	99,0	79,5	16,1	345,0	98,0
Высокая доля поражения лёгких	87,6	12,3	158,9	97,5	80,5	7,1	379,6	98,9
Средняя доля поражения лёгких	72,8	7,1	11,24	91,1	74,3	2,7	0,26	0,0
Низкая доля поражения лёгких	80,4	16,5	59,5	98,3	66,6	27,0	33,3	97,0

ОБСУЖДЕНИЕ

Отобранные работы применяют альтернативные системы оценки изменений в лёгких с различными пороговыми значениями этих оценок, используемыми для определения степени поражения лёгочной ткани. Данные различия делают невозможным прямое сравнение этих значений. Тем не менее вне зависимости от используемой системы оценки почти все авторы единодушны во мнении, что у пациентов с тяжёлой формой заболевания, а также с более высоким объёмом уплотнённой лёгочной ткани балльная оценка изменений в лёгких будет выше, чем у пациентов со средней и лёгкой формой. Первым исключением являлась работа N. Veronese и соавт. [24], где авторы не обнаружили значимых различий в риске смертности между пациентами из дома престарелых, чья оценка изменений при УЗИ лёгких имела значения ≥ 4 и < 4 (максимальное значение 32). Авторы не предоставили объяснения данному наблюдению, однако мы предполагаем, что оно связано с общим состоянием здоровья пациентов в этом исследовании. Это были пожилые люди, страдающие деменцией и зачастую прикованные к постели. В качестве другого исключения выступала работа M. Benchoufi и соавт. [32], где было показано, что результативность системы оценки степени поражения лёгких при УЗИ, используемой авторами, была низкой для пациентов со значительными повреждениями лёгких, в сравнении с классификацией *норма vs патология* или *лёгкая vs умеренная* или *тяжёлая форма заболевания*. Возможным объяснением этому является используемая авторами система оценки, в которой благодаря суммированию баллов от зон измерения невозможно было провести границу между пациентами с одним существенным поражением либо несколькими незначительными.

В целом оценка степени поражения лёгких при УЗИ имела положительную корреляцию с аналогичной оценкой по результатам КТ у пациентов с подтверждённым диагнозом COVID-19 в тяжёлой форме. Согласно результа-

там настоящего метаанализа, для них УЗИ обладает чувствительностью 88% и специфичностью 80% (см. таблицу). Данная группа представляет собой специфическую когорту тяжёлых пациентов, для которой, тем не менее, УЗИ лёгких предпочтительно в сравнении с КТ грудной клетки в отношении рисков для здоровья и материально-технических ограничений.

Самое высокое несоответствие результатов УЗИ и КТ наблюдали у пациентов со средней степенью вовлечения паренхимы лёгкого. Для данной группы метод УЗИ являлся наименее чувствительным (73%, см. таблицу). L. Zieleskiewicz и соавт. [20] в своей работе обозначили соответствующую зону на ROC-кривой как «серую область с неубедительными значениями». Таким образом, несмотря на относительно небольшую статистическую гетерогенность, диагностическое значение УЗИ для оценки поражения лёгких средней степени тяжести является сравнительно низким.

Низкое значение оценки изменений в лёгких на УЗИ также является источником ценных сведений, позволяющих исключить развитие тяжёлой коронавирусной пневмонии. Согласно L. Zieleskiewicz и соавт. [20], применение КТ грудной клетки не потребуется, если по результатам первоначального обследования УЗИ получена оценка < 13 (из 36). В работе Y. Lichter и соавт. [28] показано, что УЗИ лёгких позволяет прогнозировать положительный клинический исход при наличии симптоматики без риска утолщения плевральной линии или субплевральных консолидаций. Несмотря на относительно низкую эффективность УЗИ лёгких для оценки поражений лёгкой степени [19], эти результаты могут иметь практическое значение при сортировке пациентов с симптомами COVID-19 при их массовом поступлении.

Скрининг на COVID-19 с использованием УЗИ имеет ряд преимуществ для обследования беременных с характерной симптоматикой. В работе M. Yassa и соавт. [26] 17% беременных женщин, прошедших через обследование УЗИ, и у которых, в конечном итоге, тести-



рование ОТ-ПЦР показало положительные результаты, изначально имели отрицательный статус ОТ-ПЦР. Повторное тестирование назначали в связи с обнаруженными на УЗИ изменениями, что позволило ограничить распространение заболевания.

КТ грудной клетки превосходит УЗИ в точности дифференциальной диагностики патологических изменений в лёгких [38, 39]. УЗИ лёгких не позволяет различить причины лёгочных изменений: пневмония и фиброз могут показывать ту же эхографическую картину [11, 40]. Более того, диагностическая точность УЗИ лёгких в большой степени зависит от опыта оператора, и на результат может повлиять высокая вероятность наличия заболевания до проведения теста. Уровень согласованности заключений различных экспертов в отобранных работах при наличии соответствующих данных мог составлять всего 68%. Кроме этого, в работе Y. Tung-Chen и соавт. [23] у трёх пациентов наблюдали изменения на УЗИ лёгких, схожие с изменениями при COVID-19. Двум пациентам был позже поставлен диагноз вирусного бронхолита, при этом у третьего больного было диагностировано метастатическое поражение лёгких [23]. С другой стороны, УЗИ лёгких «у постели больного» зарекомендовало себя как эффективный способ отслеживания быстро прогрессирующего заболевания в режиме реального времени [19, 28].

Отметим, что, согласно результатам метаанализа, специфичность УЗИ лёгких оказалась значительно выше специфичности КТ грудной клетки (79 и 31% соответственно) — метода, являющегося «золотым стандартом» диагностической визуализации. Данное обстоятельство может быть связано с тем, что большинство отобранных работ осуществляли в условиях высокой вероятности наличия заболевания до проведения теста. Присутствие явных рисков систематических ошибок в отношении отбора пациентов и исследуемого теста могло оказать влияние на наблюдаемое значение специфичности (см. рис. 3).

Ограничение исследования. Данное исследование имеет ряд ограничений. Согласно неформальным рекомендациям, для метаанализа необходимо использовать как минимум 5 работ. Хотя финальный список исследований насчитывает 16 источников, полученные данные являются неполными. Ряд аналитических методов применяли с использованием значений с высокой гетерогенностью, полученных всего лишь из 2 работ. Значительная степень гетерогенности данных также обусловлена тем, что популяция пациентов, исследуемый тест, протоколы эталонного теста и определения клинических исходов различались в зависимости от исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2020 г. был опубликован ряд метаанализов применимости УЗИ лёгких для выявления поражения лёгочной ткани у пациентов с COVID-19. Исследователи пришли к общему мнению, что, несмотря на неспецифичность, признаки поражения лёгких на УЗИ могут быть использованы для диагностики, сортировки и последующего наблюдения пациентов с инфекцией SARS-CoV-2. К сожалению, в этих обзорах не уделяли внимания отличиям между пациентами с различным поражением лёгких и прогнозом течения заболевания. КТ грудной клетки является «золотым стандартом» для оценки степени вовлечения лёгочной ткани при COVID-19. Однако в зависимости от когорты пациентов и стадии заболевания другие диагностические методы могут оказаться более востребованными. УЗИ лёгких обладает достаточной чувствительностью и специфичностью для выявления изменений в лёгких у тяжелобольных пациентов с диагностированным COVID-19. Для данной категории пациентов, а также для беременных женщин, детей и лежачих возрастных больных УЗИ можно использовать как метод первичной ориентировочной оценки поражений лёгких и отслеживания динамики после проведённой компьютерной томографии. Для пациентов с лёгкой и средней степенью тяжести заболевания применение УЗИ в оценке объёма изменённой лёгочной ткани неоправданно, т.к. метод обладает недостаточной диагностической информативностью.

В последующих работах необходимо провести исследование причин высокой гетерогенности значений чувствительности и специфичности. Данные исследования необходимо проводить на больших рандомизированных когортах пациентов, руководствуясь систематическим протоколом, содержащим чёткие и стандартизированные определения стадий заболевания, при условии наличия контрольной группы. Другая проблема, требующая дальнейшего изучения, связана со сравнительной чувствительностью и специфичностью различных систем оценки степени тяжести заболевания.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.



Участие авторов: Н.Н. Ветшева — написание текста, анализ и экспертная оценка исследований; Р.В. Решетников — поиск публикаций по теме, обработка полученных результатов, написание текста обзора; Д.В. Леонов — поиск публикаций по теме, обработка полученных результатов; Н.С. Кульберг — систематизация и финальное редактирование обзо-

ра; О.А. Мокиенко — определение основной направленности обзора, системное изложение проблемы.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. WHO coronavirus disease (COVID-19) dashboard [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2020 [дата обращения: 16.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://covid19.who.int/>
2. Franco N. Covid-19 Belgium: Extended SEIR-QD model with nursery homes and long-term scenarios-based forecasts from school opening // medRxiv. 2020. doi: 10.1101/2020.09.07.20190108
3. Schwartz F., Lieber D. Israel to enter lockdown again as second Coronavirus wave hits // Wall Street J [Internet]. 2020 [дата обращения: 16.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://www.wsj.com/articles/israel-to-shut-down-again-as-second-coronavirus-wave-hits-11600028298>
4. Pujadas E., Chaudhry F., McBride R., et al. SARS-CoV-2 viral load predicts COVID-19 mortality // Lancet Respir Med. 2020. Vol. 8, N 9. e70. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30354-4
5. Lippi G., Plebani M., Henry B.M. Thrombocytopenia is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infections: A meta-analysis // Clin Chim Acta. 2020. Vol. 506. P. 145–148. doi: 10.1016/j.cca.2020.03.022
6. Paliogiannis P., Mangoni A.A., Dettori P., et al. D-Dimer concentrations and COVID-19 severity: a systematic review and meta-analysis // Front Public Heal. 2020. Vol. 8. P. 432.
7. Gao L., Jiang D., Wen X., et al. Prognostic value of NT-proBNP in patients with severe COVID-19 // Respir Res. 2020. Vol. 21, N 1. P. 83. doi: 10.1186/s12931-020-01352-w
8. World Health Organization Team [Internet]. Use of chest imaging in COVID-19: a rapid advice guide, 11 June 2020. Доступ по ссылке: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332336>
9. Xu B., Xing Y., Peng J., et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy // Eur Radiol. 2020. Vol. 30, N 10. P. 5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
10. Morozov S., Ledikhova N., Panina E., et al. Re: Controversy in coronaViral Imaging and Diagnostics (COVID) // Clin Radiol. 2020. Vol. 75, N 11. P. 871–872. doi: 10.1016/j.crad.2020.07.023
11. Di Serafino M., Notaro M., Rea G., et al. The lung ultrasound: facts or artifacts? In the era of COVID-19 outbreak // Radiol Med. 2020. Vol. 125, N 8. P. 738–753. doi: 10.1007/s11547-020-01236-5
12. Mohamed M.F., Al-Shokri S., Yousaf Z., et al. Frequency of abnormalities detected by point-of-care lung ultrasound in symptomatic COVID-19 patients: systematic review and meta-analysis // Am J Trop Med Hyg. 2020. Vol. 103, N 2. P. 815–821. doi: 10.4269/ajtmh.20-0371
13. Piscaglia F., Stefanini F., Cantisani V., et al. Benefits, open questions and challenges of the use of ultrasound in the COVID-19 pandemic era. The views of a panel of worldwide international experts // Ultraschall Med. 2020. Vol. 41, N 3. P. 228–236. doi: 10.1055/a-1149-9872
14. Liberati A., Altman D.G., Tetzlaff J., et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration // PLoS Med. 2009. Vol. 6, N 7. e1000100. doi: 10.1371/journal.pmed.1000100
15. Whiting P.F. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies // Ann Intern Med. 2011. Vol. 155, N 8. P. 529–536. doi: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009
16. Higgins J.P., Thomas J., Chandler J., et al. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. 2nd ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2019.
17. Harrer M., Cuijpers P., Furukawa T.A., Ebert D.D. Doing meta-analysis in r: a hands-on guide [дата обращения: 10.09.2020]. Доступ по ссылке: https://bookdown.org/MathiasHarrer/Doing_Meta_Analysis_in_R
18. R Core Team. A Language and Environment for Statistical Computing. 2020. Доступ по ссылке: <https://www.r-project.org/>
19. Lu W., Zhang S., Chen B., et al. A clinical study of noninvasive assessment of lung lesions in patients with Coronavirus Disease-19 (COVID-19) by bedside ultrasound // Ultraschall Med. 2020. Vol. 41, N 3. P. 300–307. doi: 10.1055/a-1154-8795
20. Zieleskiewicz L., Markarian T., Lopez A., et al. Comparative study of lung ultrasound and chest computed tomography scan in the assessment of severity of confirmed COVID-19 pneumonia // Intensive Care Med. 2020. Vol. 46, N 9. P. 1707–1713. doi: 10.1007/s00134-020-06186-0
21. Pare J.R., Camelo I., Mayo K.C., et al. Point-of-care lung ultrasound is more sensitive than chest radiograph for evaluation of COVID-19 // West J Emerg Med. 2020. Vol. 21, N 4. P. 771–778. doi: 10.5811/westjem.2020.5.47743
22. Peyrony O., Marbeuf-Gueye C., Truong V., et al. Accuracy of emergency department clinical findings for diagnosis of Coronavirus disease 2019 // Ann Emerg Med. 2020. Vol. 76, N 4. P. 405–412. doi: 10.1016/j.annemergmed.2020.05.022
23. Tung-Chen Y., Martí de Gracia M., Díez-Tascón A., et al. Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with Coronavirus disease 2019 (COVID-19) // Ultrasound Med Biol. 2020. Vol. 46, N 11. P. 2918–2926. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.003
24. Veronese N., Sbrogiò L.G., Valle R., et al. Prognostic value of lung ultrasound in older nursing home residents affected by COVID-19 // J Am Med Dir Assoc. 2020. Vol. 21, N 10. P. 1384–1386. doi: 10.1016/j.jamda.2020.07.034
25. Yassa M., Mutlu M.A., Birol P., et al. Lung ultrasound in pregnant women during the COVID-19 pandemic: an interobserver



- agreement study among obstetricians // *Ultrasonography*. 2020. Vol. 39, N 4. P. 340–349. doi: 10.14366/usg.20084
26. Yassa M., Yirmibes C., Cavusoglu G., et al. Outcomes of universal SARS-CoV-2 testing program in pregnant women admitted to hospital and the adjuvant role of lung ultrasound in screening: a prospective cohort study // *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2020. Vol. 33, N 22. P. 3820–3826. doi: 10.1080/14767058.2020.1798398
27. Deng Q., Zhang Y., Wang H., et al. Semiquantitative lung ultrasound scores in the evaluation and follow-up of critically ill patients with COVID-19: a single-center study // *Acad Radiol*. 2020. Vol. 27, N 10. P. 1363–1372. doi: 10.1016/j.acra.2020.07.002
28. Lichter Y., Topilsky Y., Taieb P., et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients // *Intensive Care Med*. 2020. Vol. 46, N 10. P. 1873–1883. doi: 10.1007/s00134-020-06212-1
29. Zhao L., Yu K., Zhao Q., et al. Lung ultrasound score in evaluating the severity of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pneumonia // *Ultrasound Med Biol*. 2020. Vol. 46, N 11. P. 2938–2944. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.024
30. Castela J., Graziani D., Soriano J.B., Izquierdo J.L. Findings and prognostic value of lung ultrasound in COVID-19 pneumonia // *medRxiv*. 2020. doi: 10.1101/2020.06.29.20142646
31. Bar S., Lecourtois A., Diouf M., et al. The association of lung ultrasound images with COVID-19 infection in an emergency room cohort // *Anaesthesia*. 2020. Vol. 75, N 12. P. 1620–1625. doi: 10.1111/anae.15175
32. Benchoufi M., Bokobza J., Chauvin A.A., et al. Lung injury in patients with or suspected COVID-19: a comparison between lung ultrasound and chest CT-scanner severity assessments, an observational study // *medRxiv*. 2020. doi: 10.1101/2020.04.24.20069633
33. Favot M., Malik A., Rowland J., et al. Point-of-Care lung ultrasound for detecting severe presentations of Coronavirus disease 2019 in the emergency department: a retrospective analysis // *Crit Care Explor*. 2020. Vol. 2, N 8. e0176. doi: 10.1097/CCE.0000000000000176
34. Hatamabadi H., Shojaee M., Bagheri M., Raoufi M. Lung ultrasound findings compared to chest CT scan in patients with COVID-19 associated pneumonia: a pilot study // *Adv J Emerg Med*. 2020.
35. Svajka P. Abstract world map. Grey world map. Isolated on the white background. Shutterstock [дата обращения: 16.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://www.shutterstock.com/ru/image-vector/abstract-world-map-grey-isolated-on-1041962431>
36. Böger B., Fachi M.M., Vilhena R.O., et al. Systematic review with meta-analysis of the accuracy of diagnostic tests for COVID-19 // *Am J Infect Control*. 2020. N S0196-6553(20)30693-3. doi: 10.1016/j.ajic.2020.07.011
37. Xu B., Xing Y., Peng J., et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy // *Eur Radiol*. 2020. Vol. 30, N 10. P. 5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
38. Driggin E., Madhavan M.V., Bikdeli B., et al. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic // *J Am Coll Cardiol*. 2020. Vol. 75, N 18. P. 2352–2371. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031
39. Rubin G.D., Ryerson C.J., Haramati L.B., et al. The role of chest imaging in patient management during the COVID-19 pandemic: a multinational consensus statement from the Fleischner Society // *Chest*. 2020. Vol. 158, N 1. P. 106–116. doi: 10.1016/j.chest.2020.04.003
40. Sperandeo M., Quarato C.M., Rea G. Diagnosis of coronavirus disease 2019 pneumonia in pregnant women: can we rely on lung ultrasound? // *Am J Obstet Gynecol*. 2020. Vol. 223, N 4. P. 615. doi: 10.1016/j.ajog.2020.06.028

REFERENCES

1. WHO coronavirus disease (COVID-19) dashboard. Geneva: World Health Organization; 2020 [cited 2020 Sept 16]. Available from: <https://covid19.who.int/>
2. Franco N. Covid-19 Belgium: Extended SEIR-QD model with nursery homes and long-term scenarios-based forecasts from school opening. *medRxiv*. 2020:2020.09.07.20190108. doi: 10.1101/2020.09.07.20190108
3. Schwartz F, Lieber D. Israel to enter lockdown again as second Coronavirus wave hits. *Wall Street J*. [cited 2020 Sept 16]. Available from: <https://www.wsj.com/articles/israel-to-shut-down-again-as-second-coronavirus-wave-hits-11600028298>
4. Pujadas E, Chaudhry F, McBride R, et al. SARS-CoV-2 viral load predicts COVID-19 mortality. *Lancet Respir Med*. 2020;8(9):e70. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30354-4
5. Lippi G, Plebani M, Henry BM. Thrombocytopenia is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infections: A meta-analysis. *Clin Chim Acta*. 2020;506:145–148. doi: 10.1016/j.cca.2020.03.022
6. Paliogiannis P, Mangoni AA, Dettori P, et al. D-Dimer concentrations and COVID-19 severity: a systematic review and meta-analysis. *Front Public Heal*. 2020;8:432.
7. Gao L, Jiang D, Wen X, et al. Prognostic value of NT-proBNP in patients with severe COVID-19. *Respir Res*. 2020;21(1):83. doi: 10.1186/s12931-020-01352-w
8. World Health Organization Team. Use of chest imaging in COVID-19: a rapid advice guide, 11 June 2020. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332336>
9. Xu B, Xing Y, Peng J, et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy. *Eur Radiol*. 2020;30(10):5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
10. Morozov S, Ledikhova N, Panina E, et al. Re: Controversy in coronaViral Imaging and Diagnostics (COVID). *Clin Radiol*. 2020;75(11):871–872. doi: 10.1016/j.crad.2020.07.023
11. Di Serafino M, Notaro M, Rea G, et al. The lung ultrasound: facts or artifacts? In the era of COVID-19 outbreak. *Radiol Med*. 2020;125(8):738–753. doi: 10.1007/s11547-020-01236-5
12. Mohamed MF, Al-Shokri S, Yousaf Z, et al. Frequency of abnormalities detected by point-of-care lung ultrasound in symptomatic COVID-19 patients: systematic review and meta-analysis. *Am J Trop Med Hyg*. 2020;103(2):815–821. doi: 10.4269/ajtmh.20-0371
13. Piscaglia F, Stefanini F, Cantisani V, et al. Benefits, open questions and challenges of the use of ultrasound in the



- COVID-19 pandemic era. The views of a panel of worldwide international experts. *Ultraschall Med.* 2020;41(3):228–236. doi: 10.1055/a-1149-9872
14. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000100. doi: 10.1371/journal.pmed.1000100
15. Whiting PF. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med.* 2011;155(8):529–536. doi: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009
16. Higgins JP, Thomas J, Chandler J, et al. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. 2nd ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2019.
17. Harrer M, Cuijpers P, Furukawa TA, Ebert DD. Doing meta-analysis in R: a hands-on guide [cited 2020 Sept 10]. Available from: https://bookdown.org/MathiasHarrer/Doing_Meta_Analysis_in_R
18. R Core Team. A Language and Environment for Statistical Computing. 2020. Available from: <https://www.r-project.org/>
19. Lu W, Zhang S, Chen B, et al. A clinical study of noninvasive assessment of lung lesions in patients with Coronavirus Disease-19 (COVID-19) by bedside ultrasound. *Ultraschall Med.* 2020;41(3):300–307. doi: 10.1055/a-1154-8795
20. Zieleskiewicz L, Markarian T, Lopez A, et al. Comparative study of lung ultrasound and chest computed tomography scan in the assessment of severity of confirmed COVID-19 pneumonia. *Intensive Care Med.* 2020;46(9):1707–1713. doi: 10.1007/s00134-020-06186-0
21. Pare JR, Camelo I, Mayo KC, et al. Point-of-care lung ultrasound is more sensitive than chest radiograph for evaluation of COVID-19. *West J Emerg Med.* 2020;21(4):771–778. doi: 10.5811/westjem.2020.5.47743
22. Peyrony O, Marbeuf-Gueye C, Truong V, et al. Accuracy of emergency department clinical findings for diagnosis of Coronavirus disease 2019. *Ann Emerg Med.* 2020;76(4):405–412. doi: 10.1016/j.annemergmed.2020.05.022
23. Tung-Chen Y, Martí de Gracia M, Díez-Tascón A, et al. Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with Coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(11):2918–2926. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.003
24. Veronese N, Sbrogiò LG, Valle R, et al. Prognostic value of lung ultrasound in older nursing home residents affected by COVID-19. *J Am Med Dir Assoc.* 2020;21(10):1384–1386. doi: 10.1016/j.jamda.2020.07.034
25. Yassa M, Mutlu MA, Birol P, et al. Lung ultrasound in pregnant women during the COVID-19 pandemic: an interobserver agreement study among obstetricians. *Ultrasonography.* 2020;39(4):340–349. doi: 10.14366/usg.20084
26. Yassa M, Yirmibes C, Cavusoglu G, et al. Outcomes of universal SARS-CoV-2 testing program in pregnant women admitted to hospital and the adjuvant role of lung ultrasound in screening: a prospective cohort study. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2020;33(22):3820–3826. doi: 10.1080/14767058.2020.1798398
27. Deng Q, Zhang Y, Wang H, et al. Semiquantitative lung ultrasound scores in the evaluation and follow-up of critically ill patients with COVID-19: a single-center study. *Acad Radiol.* 2020;27(10):1363–1372. doi: 10.1016/j.acra.2020.07.002
28. Lichter Y, Topilsky Y, Taieb P, et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients. *Intensive Care Med.* 2020;46(10):1873–1883. doi: 10.1007/s00134-020-06212-1
29. Zhao L, Yu K, Zhao Q, et al. Lung ultrasound score in evaluating the severity of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pneumonia. *Ultrasound Med Biol.* 2020;46(11):2938–2944. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.024
30. Castelao J, Graziani D, Soriano JB, Izquierdo JL. Findings and prognostic value of lung ultrasound in COVID-19 pneumonia. *medRxiv.* 2020. doi: 10.1101/2020.06.29.20142646
31. Bar S, Lecourtois A, Diouf M, et al. The association of lung ultrasound images with COVID-19 infection in an emergency room cohort. *Anaesthesia.* 2020;75(12):1620–1625. doi: 10.1111/anae.15175
32. Benchoufi M, Bokobza J, Chauvin AA, et al. Lung injury in patients with or suspected COVID-19: a comparison between lung ultrasound and chest CT-scanner severity assessments, an observational study. *medRxiv.* 2020. doi: 10.1101/2020.04.24.20069633
33. Favot M, Malik A, Rowland J, et al. Point-of-Care lung ultrasound for detecting severe presentations of Coronavirus disease 2019 in the emergency department: a retrospective analysis. *Crit Care Explor.* 2020;2(8):e0176. doi: 10.1097/CCE.0000000000000176
34. Hatamabadi H, Shojaee M, Bagheri M, Raoufi M. Lung ultrasound findings compared to chest CT scan in patients with COVID-19 associated pneumonia: a pilot study. *Adv J Emerg Med.* 2020.
35. Svajka P. Abstract world map. Grey world map. Isolated on the white background. Shutterstock [cited 2020 Sept 16]. Available from: <https://www.shutterstock.com/ru/image-vector/abstract-world-map-grey-isolated-on-1041962431>
36. Böger B, Fachi MM, Vilhena RO, et al. Systematic review with meta-analysis of the accuracy of diagnostic tests for COVID-19. *Am J Infect Control.* 2020;S0196-6553(20)30693-3. doi: 10.1016/j.ajic.2020.07.011
37. Xu B, Xing Y, Peng J, et al. Chest CT for detecting COVID-19: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy. *Eur Radiol.* 2020;30(10):5720–5727. doi: 10.1007/s00330-020-06934-2
38. Driggin E, Madhavan MV, Bikdeli B, et al. Cardiovascular considerations for patients, health care workers, and health systems during the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Cardiol.* 2020;75(18):2352–2371. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031
39. Rubin GD, Ryerson CJ, Haramati LB, et al. The role of chest imaging in patient management during the COVID-19 pandemic: a multinational consensus statement from the Fleischner Society. *Chest.* 2020;158(1):106–116. doi: 10.1016/j.chest.2020.04.003
40. Sperandeo M, Quarato CM, Rea G. Diagnosis of coronavirus disease 2019 pneumonia in pregnant women: can we rely on lung ultrasound? *Am J Obstet Gynecol.* 2020;223(4):615. doi: 10.1016/j.ajog.2020.06.028



ОБ АВТОРАХ

***Ветшева Наталья Николаевна**, д.м.н.;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9432>,
eLibrary SPIN: 9201-6146, e-mail: vetsheva@npcmr.ru

Решетников Роман Владимирович, к.ф.-м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>,
eLibrary SPIN: 8592-0558, e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

Леонов Денис Владимирович, к.ф.-м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0916-6552>,
eLibrary SPIN: 5510-4075, e-mail: d.leonov@npcmr.ru

Кульберг Николай Сергеевич, к.ф.-м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7046-7157>,
eLibrary SPIN: 2135-9543, e-mail: kulberg@npcmr.ru

Мокиенко Олеся Александровна, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7826-5135>,
eLibrary SPIN: 8088-9921, e-mail: o.mokienko@npcmr.ru

AUTHORS INFO

***Natalia N. Vetsheva**, MD, PhD;
address: Petrovka str., 24, 127051, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9432>,
eLibrary SPIN: 9201-6146, e-mail: vetsheva@npcmr.ru

Roman V. Reshetnikov, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9661-0254>,
eLibrary SPIN: 8592-0558, e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

Denis V. Leonov, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0916-6552>,
eLibrary SPIN: 5510-4075, e-mail: d.leonov@npcmr.ru

Nikolas S. Kulberg, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7046-7157>,
eLibrary SPIN: 2135-9543, e-mail: kulberg@npcmr.ru

Olesya A. Mokienko, MD, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7826-5135>,
eLibrary SPIN: 8088-9921, e-mail: o.mokienko@npcmr.ru



Прогнозирование исходов при лабораторно верифицированном COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки: ретроспективный анализ 38 051 пациента

© С.П. Морозов, В.Ю. Чернина, И.А. Блохин, В.А. Гомболевский

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

Обоснование. В условиях сложившейся эпидемиологической ситуации компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК) играет важную роль в диагностике заболевания. Клинические и КТ-данные позволяют врачам в короткие сроки установить вероятность наличия и прогноз у пациентов с COVID-19.

Цель — прогнозирование исходов у лабораторно верифицированных больных COVID-19 по данным КТ ОГК с помощью полуколичественной визуальной шкалы степени поражения лёгочной паренхимы (шкала КТ0–КТ4).

Материал и методы. Выполнен ретроспективный анализ выгрузки историй болезни из Единого медицинского информационного-аналитического сервиса (ЕМИАС) и протоколов из Единого радиологического информационного сервиса (ЕРИС) в период с 01.03.2020 по 30.07.2020. В исследование включены истории болезней пациентов с диагнозом U07.1 по МКБ-10 (лабораторно верифицированная коронавирусная инфекция), которым с 1 марта по 30 июля 2020 г. включительно проведена КТ ОГК по направлению врача-терапевта при подозрении на внебольничную пневмонию, вызванную COVID-19; максимально допустимый срок между лабораторной верификацией и КТ ОГК — не более 5 дней. Срок наблюдения за каждым пациентом — не менее 30 сут от даты проведения КТ. Исследования были выполнены в 48 медицинских организациях, оказывающих первичную медицинскую помощь взрослому населению Москвы. Не вошли в исследование пациенты, у которых результаты теста полимеразной цепной реакции на COVID-19 были отрицательными к 30.07.2020. Шкала КТ0–КТ4 рекомендована к применению в Российской Федерации для оценки объёма поражения паренхимы лёгкого при подозрении на COVID-19.

Результаты. Итоговый объём выборки — 38 051 пациент. По результатам исследования выявлено, что для категории КТ4 риск смерти выше в 3 раза по сравнению с категорией КТ0. По кривым Каплана–Мейера для анализа выживаемости доля выживших пациентов в категории КТ3 почти в 3 раза ниже ($HR = 2,94$), чем в категориях КТ0–КТ2. Кроме того, установлено, что чем выше исходная категория КТ, тем ниже риск ухудшения. Время до госпитализации снижалось при увеличении категории по данным КТ ОГК.

Заключение. Визуальная шкала КТ0–КТ4 может быть использована в качестве предиктора исходов (госпитализаций и летальных исходов) у пациентов, которым при подозрении на COVID-19 выполнена КТ ОГК на базе первичного звена здравоохранения.

Ключевые слова: COVID-19; внебольничная пневмония; компьютерная томография.

Как цитировать

Морозов С.П., Чернина В.Ю., Блохин И.А., Гомболевский В.А. Прогнозирование исходов при лабораторно верифицированном COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки: ретроспективный анализ 38 051 пациента // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):27–36. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46791>



Chest computed tomography for outcome prediction in laboratory-confirmed COVID-19: A retrospective analysis of 38,051 cases

© Sergey P. Morozov, Valeria Yu. Chernina, Ivan A. Blokhin, Victor A. Gombolevskiy

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

BACKGROUND: In the current epidemiological situation, computed tomography (CT) of chest organs plays an important role in disease diagnosis. Clinical and CT data allow physicians to quickly establish the probability of the presence and prognosis of patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19).

AIMS: This study aimed to predict outcomes in patients with laboratory-confirmed COVID-19 based on chest CT and a semi-quantitative visual pulmonary lesion grading system (CT 0–4).

MATERIALS AND METHODS: A retrospective analysis of the Unified Medical Information and Analytical Service and Unified Radiological Information Service records from March 01, 2020 to July 30, 2020 was performed. The inclusion criteria were as follows: patients diagnosed with U07.1 (laboratory-verified coronavirus infection) from March 01, 2020 to July 30, 2020 and referred for a chest CT by a physician with suspected community-acquired pneumonia caused by COVID-19; the maximum period between laboratory verification and CT was not more than five days. The observation period for each patient was at least till 30 days from the date of CT. CT was performed in 48 medical organizations providing primary medical care to adults in Moscow. The exclusion criterion was a negative reverse transcription-polymerase chain reaction results by July 30, 2020. The CT 0–4 scale is recommended for use in the Russian Federation to estimate the volume of lung parenchyma lesions when COVID-19 is suspected.

RESULTS: The total sample volume was 38,051 patients. In this study, the risk of death was three times higher for CT-4 than for CT-0. In the Kaplan–Meier survival curve, the survival rate of patients in the CT-3 category was almost three times lower (hazard ratio = 2.94) than in the CT 0–2 categories; in addition, the higher the initial category of CT, the lower the risk of deterioration. The time for hospitalization decreased with the increase in the CT grade.

CONCLUSION: The visual CT 0–4 scale can be used to predict outcomes, such as hospitalizations and deaths, in patients suspected of COVID-19 who underwent chest CT in primary health care.

Keywords: COVID-19; community-acquired pneumonia; computed tomography.

To cite this article

Morozov SP, Chernina VYu, Blokhin IA, Gombolevskiy VA. Chest computed tomography for outcome prediction in laboratory-confirmed COVID-19: A retrospective analysis of 38,051 cases. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):27–36. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46791>



基于胸部CT的实验室验证COVID-19预后预测：38,051例患者的回顾性分析

© Sergey P. Morozov, Valeria Yu. Chernina, Ivan A. Blokhin, Victor A. Gombolevskiy

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

论证：在目前的流行病学情况下，胸部器官CT（胸部器官的计算机断层扫描）在该病的诊断中起着重要的作用。临床和CT数据使医生能够快速判断COVID-19患者的存在概率和预后。

目的：预测实验室证实的COVID-19患者的结果，基于胸部器官CT，使用肺实质损伤程度半定量视觉量表（CT0—CT4量表）。

材料与方法。对2020年3月1日至2020年7月30日期间从统一医疗信息和分析服务处（UMIAS）和从统一放射信息服务处（ERIS）卸载的医疗记录和协议进行了回顾性分析。本研究纳入了根据ICD-10诊断为U07.1患者的病历（实验室确诊新型冠状病毒感染病例）。从2020年3月1日至7月30日，这些患者在疑似COVID-19引起的社区获得性肺炎的内科医生的指导下接受胸部器官CT检查；实验室检查和胸部器官计算机断层扫描之间最长允许的时间不超过5天。每位病人的随访期由CT日期起计最少为30天。这项研究是在向莫斯科成年人口提供初级医疗保健的48个医疗机构中进行的。本研究不包括截至2020年7月30日COVID-19聚合酶链反应试验结果为阴性的患者。CT0-CT4量表推荐在俄罗斯联邦用于评估疑似COVID-19病例肺实质损害的程度。

结果。样本量为38,051例。根据研究结果，CT-4类患者的死亡风险比CT-0类患者高3倍。Kaplan-Meyer生存曲线显示，CT-3类患者的存活比例比CT0-CT2类患者低3倍（HR = 2.94）。此外，发现了CT的初始类别越高，恶化的风险越低。根据胸部器官CT显示，住院时间随类别的增加而减少。

结果。CT0-CT4的视觉尺度可用于预测疑似COVID-19患者的预后（住院和死亡），如果患者在初级卫生保健的基础上接受了胸部器官CT检查。

关键词：COVID-19；社区获得性肺炎；计算机断层扫描

引用本文：

Morozov SP, Chernina VYu, Blokhin IA, Gombolevskiy VA. 基于胸部CT的实验室验证COVID-19预后预测：38,051例患者的回顾性分析. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):27–36. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46791>



ОБОСНОВАНИЕ

11 марта 2020 г. Всемирная организация здравоохранения объявила пандемию по заболеванию COVID-19, вызываемому вирусом SARS-CoV-2 [1]. По официальным данным, к третьему кварталу 2020 г. в мире зарегистрировано более 29 млн подтверждённых случаев заболевания и более 940 тыс. летальных исходов [2].

В условиях сложившейся эпидемиологической ситуации компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК) играет важную роль в диагностике заболевания. Клинические и КТ-данные позволяют врачам в короткие сроки установить вероятность наличия и прогноз у пациентов с COVID-19 [3]. Следует отметить, что при КТ ОГК отсутствуют патогномичные признаки коронавирусной инфекции, однако наиболее часто визуализируются двусторонние периферические участки «матового стекла», преимущественно в базальных отделах лёгких [4, 5]. Количественный анализ изменений на КТ ОГК облегчает оценку состояния больных COVID-19 [6]. Так, в работе D. Colombi и соавт. [7] представлена количественная оценка поражения лёгочной паренхимы с помощью открытого программного обеспечения, которая установила высокую корреляцию между сохранной, хорошо вентилируемой лёгочной тканью и исходами (перевод в палату интенсивной терапии или смерть). Степень поражения лёгких при COVID-19 можно оценить полностью автоматически, используя алгоритмы машинного обучения [8].

В связи с эпидемиологической обстановкой возникает необходимость создания и критической оценки прогностических моделей на основе клинических данных [9]. На территории Российской Федерации в условиях большого потока пациентов для быстрой и стандартизированной оценки изменений в лёгких, выявленных при КТ ОГК, рекомендована «эмпирическая» визуальная шкала [10].

Цель исследования — прогнозирование исходов у лабораторно верифицированных больных COVID-19 по данным КТ ОГК с помощью полуколичественной визуальной шкалы степени поражения лёгочной паренхимы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Настоящее ретроспективное исследование согласовано с независимым этическим комитетом Московского регионального отделения Российского общества рентгенологов и радиологов. Информированного согласия пациентов не требовалось ввиду ретроспективного ди-

зайна исследования (отсутствие проспективной части исследования с вмешательством в лечебно-диагностический процесс).

Критерии соответствия

Выполнен анализ выгрузки историй болезни из Единого медицинского информационного-аналитического сервиса (ЕМИАС) и протоколов из Единого радиологического информационного сервиса (ЕРИС) в период с 01.03.2020 по 30.07.2020 включительно.

Критерии включения: пациенты с диагнозом U07.1 по Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (лабораторно верифицированная коронавирусная инфекция), которым проведена КТ ОГК по направлению врача-терапевта при подозрении на внебольничную пневмонию, вызванную COVID-19; максимально допустимый срок между лабораторной верификацией и КТ ОГК — не более 5 дней. Срок наблюдения за каждым пациентом составлял не менее 30 сут с момента проведения КТ в поликлинике.

Критерии исключения: пациенты, у которых по данным КТ ОГК не выявлено патологических изменений, характерных для COVID-19; пациенты, которым не произведена оценка по системе КТ0–КТ4; пациенты с отрицательными результатами теста полимеразной цепной реакции на COVID-19 к 30.07.2020.

Всего из ЕМИАС и ЕРИС было отобрано 240 985 пациентов. Из исследования исключены 202 934 пациента без лабораторной верификации и данных по категориям шкалы КТ0–КТ4.

Описание медицинского исследования

Оборудование и КТ-протокол

Исследования выполнены на 48 компьютерных томографах, включающих модели Toshiba Aquilion 64 (Canon, Япония), Toshiba Aquilion CXL (Canon, Япония), General Electric HiSpeed (GE, США). Для всех исследований использовался стандартный протокол: напряжение 120 кВ; сила тока — автоматически настраиваемая в зависимости от топограммы; направление сканирования — от диафрагмы к верхушкам лёгких; поле обзора (field of view, FOV) 350 мм; толщина срезов ≤ 1 мм; фильтр реконструкции (kernel): лёгочный для Toshiba (Canon) — FC50/FC51/FC52/FC53, для GE — LUNG. Сканирование выполнялось при задержке дыхания на глубине вдоха.

Оценка данных КТ ОГК

Первичную оценку КТ ОГК выполняли в ЕРИС врачи-рентгенологи амбулаторных КТ-центров с опытом



работы от 8 до 22 лет. Дополнительно все исследования были пересмотрены в ЕРИС дежурными врачами-экспертами Московского референс-центра лучевой диагностики, другое программное обеспечение не использовалось. После финализации каждого первичного протокола в пределах 30 мин эксперт референс-центра с опытом работы в торакальной рентгенологии от 10 лет проводил аудит, при необходимости с коррекцией категории по шкале степени поражения лёгочной паренхимы КТ0–КТ4. Таким образом, категория изменялась сразу, без сохранения первичных данных. Согласно отчётам об аудите, процент расхождений при использовании КТ0–КТ4 составил до 5%.

В Российской Федерации, согласно Временным методическим рекомендациям Российского общества рентгенологов и радиологов и Российской ассоциации специалистов по ультразвуковой диагностике в медицине, в условиях большого потока пациентов для оценки изменений в лёгких, выявленных при КТ ОГК, рекомендована так называемая эмпирическая визуальная шкала. Она основана на визуальной оценке примерного объёма поражённой лёгочной ткани [11]. Данная шкала имеет 5 градаций, начинается с «0», далее с интервалами по 25%. В Департаменте здравоохранения Москвы используются методические рекомендации, согласно которым оценку тяжести поражения лёгочной паренхимы при COVID-19 следует проводить по проценту поражения лёгкого вне зависимости от семиотической фазы процесса («матовое стекло», «булыжная мостовая», консолидация или их комбинация). Этот параметр оценивается отдельно по каждому лёгкому. Категория изменений определяется по лёгкому с наибольшим поражением (вне зависимости от наличия постоперационных изменений) [10].

Гипотезы исследования

Для проведения исследования были поставлены следующие вопросы:

1. Имеется ли взаимозависимость между значениями КТ0–КТ4 у лабораторно верифицированных пациентов и риском летального исхода?
2. Имеется ли взаимозависимость между значениями КТ0–КТ4 у лабораторно верифицированных пациентов и выживаемостью?
3. Имеется ли взаимозависимость между временем перехода из одной категории КТ0–КТ4 в другую и первоначальной категорией КТ0–КТ4 у лабораторно верифицированных пациентов?
4. Имеется ли взаимозависимость между значениями КТ0–КТ4 у лабораторно верифицированных

пациентов и количеством дней от первичного КТ до госпитализации?

Статистический анализ

В анализ данных были включены все пациенты с лабораторно верифицированным диагнозом COVID-19, для которых имелись валидные данные по датам госпитализации и датам проведения по крайней мере одного КТ-обследования. При этом за исходный уровень и дату оценки КТ принимали дату и результат первого КТ-обследования, где была поставлена оценка: для 36 958 пациентов это была первая КТ, для 1049 — вторая КТ, для 41 — третья КТ, для 3 — четвёртая КТ.

Для анализа данных по летальным исходам была использована модель логистической регрессии. В качестве факторов модели использовали пол и возраст пациентов, а также категорию по шкале КТ0–КТ4. Для каждого фактора была дана оценка отношения шансов (odds ratio, OR) летального исхода, а также 95% доверительного интервала (ДИ) для OR.

Для анализа данных типа «время до наступления события (общая выживаемость, время до ухудшения КТ, время от первичного КТ до госпитализации)» были использованы метод Каплана–Мейера, а также регрессия Кокса с включением в качестве факторов модели пола, возраста пациентов и категории тяжести по исходному КТ.

Для зависимой переменной «число госпитализаций» было проведено построение регрессии Пуассона с использованием вышеуказанных факторов в качестве ковариатов. Для каждого фактора была дана оценка скорости наступления события (IRR) и соответствующего 95% ДИ.

Для данных по общей длительности госпитализации (число дней) и числу дней от даты исходного КТ до лабораторной верификации диагноза использовали многофакторную регрессионную модель с факторами «пол», «возраст» и «категория тяжести по КТ». Для каждого фактора приведены значения регрессионных коэффициентов с указанием 95% ДИ.

Статистическая обработка была выполнена с помощью программы Stata 14.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Всего из ЕМИАС и ЕРИС было отобрано 240 985 пациентов. Из исследования исключены 202 934 пациента без лабораторной верификации и данных по катего-



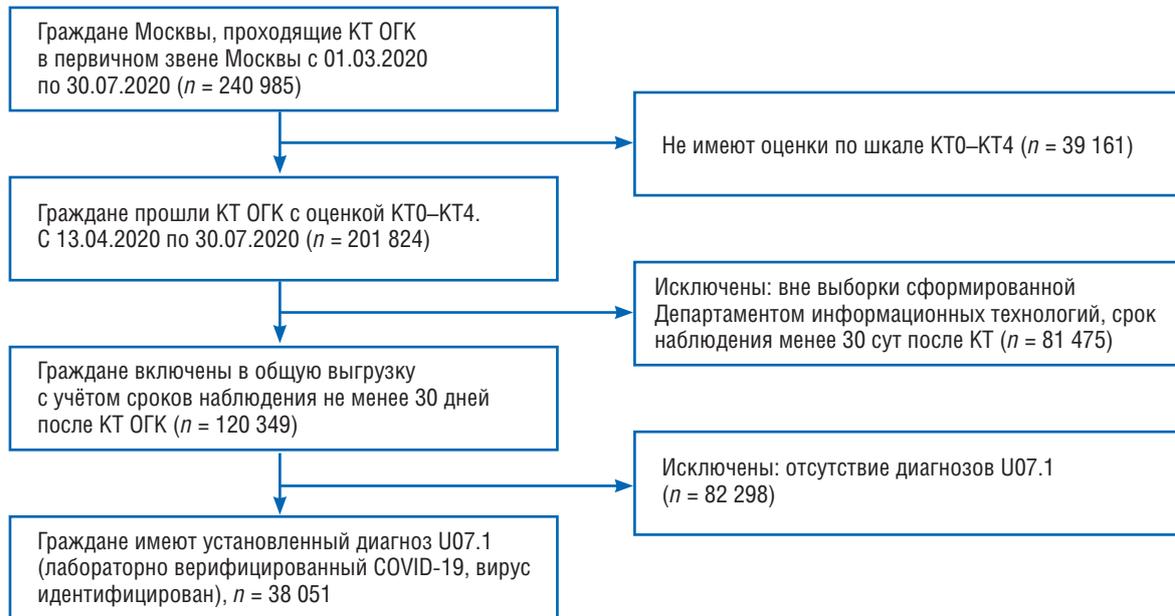


Рис. 1. Блок-схема формирования выборки.

Примечание. КТ ОГК — компьютерная томография органов грудной клетки, КТ0–КТ4 — плуколичественная визуальная шкала степени поражения лёгочной паренхимы.

риям шкалы КТ0–КТ4. Итоговый объём выборки — 38 051 пациент, из них 21 888 (57,5%) мужчин и 16 163 (42,5%) женщины. Средний возраст — $50 \pm 14,7$ года. Общее количество смертей — 182. Блок-схема формирования выборки представлена на рис. 1. Большинство пациентов при первичном сканировании классифицированы как КТ1 (таблица).

Для пациентов категории КТ4 риск смерти был выше в 3 раза ($p = 0,010$). Для категорий КТ2 и КТ3 статистически значимых отличий не выявлено. Аналогичные результаты получены и при анализе общей выживаемости. По кривым Каплана–Мейера для анализа выживаемости доля выживших пациентов в категории КТ3 почти в 3 раза ниже ($HR = 2,94$), чем в категориях КТ0–КТ2 (рис. 2).

Анализ времени до ухудшения состояния по данным КТ ОГК на одну и более категории относительно исходного уровня показал взаимозависимость исходно

Таблица. Распределение пациентов по исходной категории шкалы КТ0–КТ4

Категория по шкале КТ0–КТ4	Количество пациентов, n	Доля, %
0	8112	21,3
1	18 704	49,2
2	8180	21,5
3	2773	7,3
4	282	0,7
Суммарно	38 051	100,0

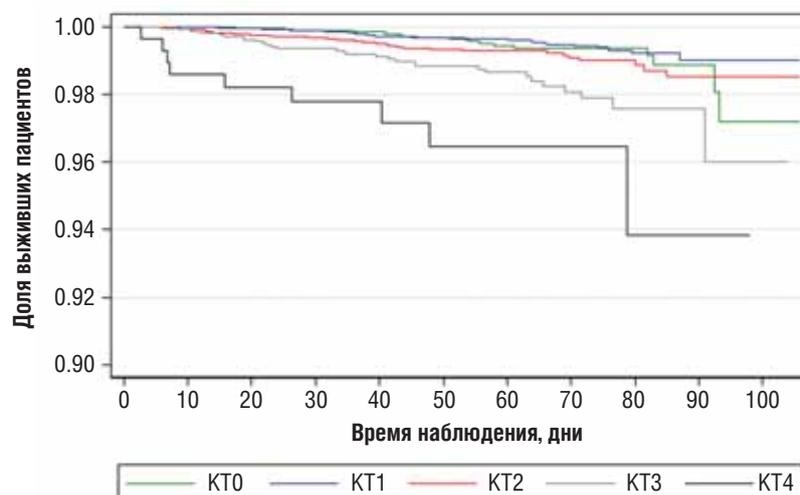


Рис. 2. Кривые общей выживаемости по методу Каплана–Мейера для категорий по шкале КТ0–КТ4 ($p < 0,0001$).

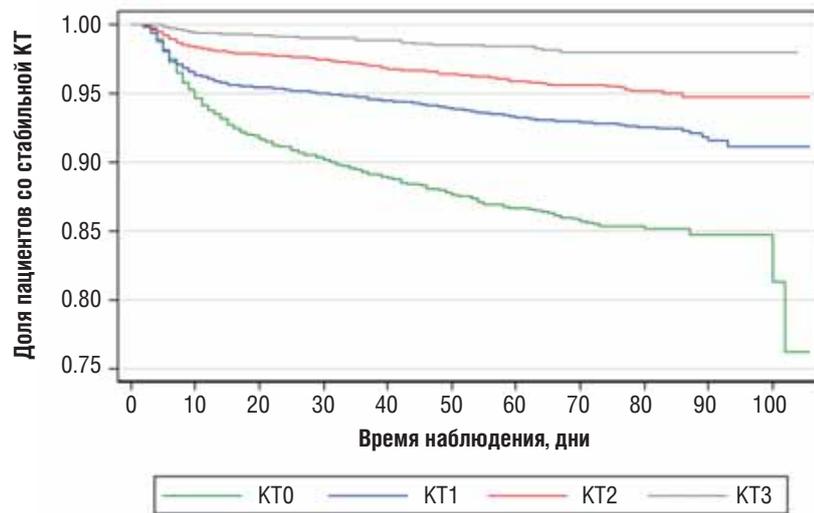


Рис. 3. Кривые Каплана–Мейера для данных по времени до ухудшения состояния по данным компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки на одну и более категории относительно исходного уровня ($p < 0,0001$).

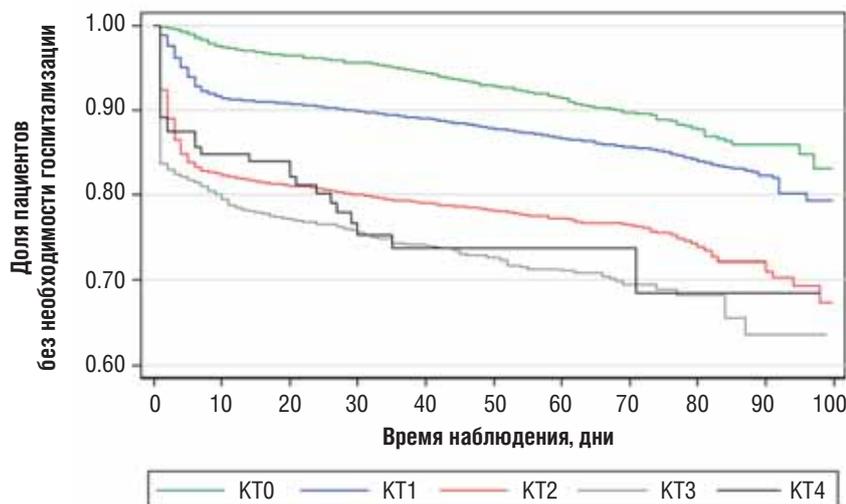


Рис. 4. Кривые Каплана–Мейера для данных по времени от первичной компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки до госпитализации ($p < 0,0001$).

высокого уровня поражения и низкого риска ухудшения ($p < 0,001$) (рис. 3).

Кроме того, было выявлено, что время до госпитализации снижалось при увеличении категории по данным КТ ОГК ($p < 0,001$); рис. 4.

При анализе длительности интервала между первой и второй КТ ($n = 12\,726$) среднее время ожидания составило $25,1 \pm 21,9$ дня (95% ДИ 24,7–25,5), медианное — 20 дней. При анализе длительности интервала между первой и третьей КТ ($n = 2847$) среднее время ожидания составило $36,6 \pm 28,8$ дня (95% ДИ 35,4–37,5), медианное — 30 дней. При анализе длительности интервала между первой и четвертой КТ ($n = 582$) среднее время ожидания составило $44,6 \pm 26,5$ дня (95% ДИ 42,4–46,7), медианное — 40 дней.

ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам данного исследования выявлено, что для пациентов с категорией КТ4 риск смерти был выше в 3 раза, чем при КТ0. По кривым Каплана–Мейера для анализа выживаемости доля выживших пациентов в категории КТ3 была почти в 3 раза ниже ($HR = 2,94$), чем в категориях КТ0–КТ2. Кроме того, было установлено, что чем выше исходная категория КТ, тем риск ухудшения ниже. На рис. 3 кривая КТ3 является наиболее стабильной во времени, в то время как кривые КТ0, КТ1 и КТ2 имеют тенденцию к ухудшению. Именно поэтому лёгкие стадии поражения (КТ0, КТ1, КТ2) требуют такого же внимания, как и тяжёлые, поскольку имеется больший риск прогрессирования заболевания. Время до госпитализации снижалось



при увеличении категории по данным КТ ОГК. Следует отметить, что решение о госпитализации зависит от клинического статуса пациента, особенностей организации специализированного коечного фонда, нормативно-правовых актов. Пациенты могли быть госпитализированы также вне периода наблюдения или госпитализированы в учреждения, не имеющие подключения к ЕМИАС. Установлен более высокий уровень смертности от всех причин в июне, что может быть связано с нагрузкой системы здравоохранения и несовершенством алгоритмов оказания медицинской помощи в условиях сложной эпидемиологической обстановки.

Ранее нами было проведено ретроспективное исследование, по результатам которого выявлено, что вероятность летального исхода направленно увеличивалась от КТ0 к КТ4. Возраст пациента и категория по шкале КТ0–КТ4 были статистически значимо ассоциированы со временем до наступления смерти от COVID-19. При переходе из одной категории КТ в следующую риск увеличивался в среднем на 38% [12]. Однако в данное исследование были включены пациенты без лабораторной верификации коронавирусной инфекции, период наблюдения за пациентами был значительно меньше, а оценивались только корреляция степени тяжести поражения по КТ ОГК и летальные исходы.

Настоящее исследование дополняет ранее полученные результаты, основано на большей выборке с лабораторно верифицированными диагнозами и более подробной информацией об исходах.

Установлено, что КТ ОГК позволяет выявить изменения в лёгких, характерные для COVID-19, и оценить их степень, что совпадает с результатами исследований других авторов [13, 14]. В работе М. Yuan и соавт. [15] разработана прогностическая модель летальных исходов при COVID-19, учитывающая данные КТ, но использующая комплексную посегментную оценку КТ-данных. Многокомпонентная полуколичественная оценка изменений представляется ограничением модели, способным привести к накоплению ошибок. К другим ограничениям модели можно отнести длительное время для анализа данных и сложность использования в рутинной практике. Предлагаемый в нашем исследовании вариант оценки данных КТ ОГК легко применим на практике, коррелирует с риском смерти от всех причин, общей выживаемостью, риском ухудшения клинического статуса.

В публикации С. Петрикова и соавт. [16] выявлена достоверно значимая корреляционная связь между

увеличением степени поражения лёгких, определённой с помощью КТ, с ухудшением клинического состояния пациентов. В публикации Р. Хи и соавт. [17] в ходе ретроспективного мультицентрового наблюдательного исследования проведён мультивариантный анализ 703 лабораторно верифицированных случаев COVID-19, показавший корреляцию между летальным исходом и наличием сопутствующих заболеваний, лейкоцитозом, лимфопенией, обширным поражением лёгочной паренхимы по данным КТ. Авторами предложена визуальная посегментная полуколичественная шкала оценки поражения лёгких, где поражённый сегмент оценивается в 1 балл вне зависимости от морфологии инфильтративных изменений, при вовлечении 14 (70%) сегментов и более риск летального исхода увеличивается в 3 раза. В работе D. Colombi и соавт. [7] представлена количественная оценка поражения лёгочной паренхимы с помощью открытого программного обеспечения, которая установила высокую корреляцию между сохранной, хорошо вентилируемой лёгочной тканью и исходами (перевод в палату интенсивной терапии или смерть). В работе Y. Xiong и соавт. [18] на маленькой выборке из 42 пациентов отмечена положительная корреляция между количеством поражённых долей лёгких при первичном исследовании и риском увеличения площади инфильтративных изменений. Результаты этих исследований сопоставимы с нашими. Основные отличия заключаются в использовании оригинальной шкалы КТ0–КТ4, а также в обследованных контингентах: в нашем случае это только пациенты, самостоятельно обратившиеся за медицинской помощью в первичное звено здравоохранения.

Ограничения исследования

Наше исследование имеет ряд ограничений. Во-первых, анализ данных проведён ретроспективно. Однако такой дизайн позволил включить в исследование большое количество пациентов с большим периодом наблюдения. Во-вторых, авторами статьи не производился пересмотр исследований КТ ОГК, что могло повлиять на распределение пациентов по категориям шкалы КТ0–КТ4. Учитывая большой размер выборки, влияние пограничных случаев оценки с занижением или завышением степени поражения лёгочной паренхимы было минимизировано. Кроме того, все исследования были пересмотрены дежурными врачами-экспертами Московского референс-центра лучевой диагностики. В-третьих, использование большого массива данных, сформир-



рованных полуавтоматическим методом, ограничивает возможности по валидации. Тем не менее высокие уровни статистической значимости и результаты литературного анализа подкрепляют валидность полученных результатов настоящего исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов, которым при подозрении на COVID-19 выполнена КТ ОГК на базе первичного звена здравоохранения, визуальная шкала КТ0–КТ4 может быть использована в качестве предиктора исходов (госпитализаций и летальных исходов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization. Timeline of WHO's response to COVID-19 [Internet]. WHO, 2020 [дата обращения: 09.09.2020]. Доступ по ссылке: <https://www.who.int/news-room/detail/29-06-2020-covidtimeline>
2. Dong E., Du H., Gardner L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time // *Lancet Infect Dis.* 2020. Vol. 20, N 5. P. 533–534. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1
3. Zhang R., Ouyang H., Fu L., et al. CT features of SARS-CoV-2 pneumonia according to clinical presentation: a retrospective analysis of 120 consecutive patients from Wuhan city // *Eur Radiol.* 2020. Vol. 30, N 8. P. 4417–4426. doi: 10.1007/s00330-020-06854-1
4. Silverstein W.K., Stroud L., Cleghorn G.E., Leis J.A. First imported case of 2019 novel coronavirus in Canada, presenting as mild pneumonia // *The Lancet.* 2020. Vol. 395, N 10225. P. 734. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30370-6
5. Yoon S.H., Lee K.H., Kim J.Y., et al. Chest radiographic and CT findings of the 2019 Novel Coronavirus Disease (COVID-19): analysis of nine patients treated in Korea // *Korean J Radiol.* 2020. Vol. 21, N 4. P. 494–500. doi: 10.3348/kjr.2020.0132
6. Sverzellati N., Milanese G., Milone F., et al. Integrated radiologic algorithm for COVID-19 pandemic // *J Thorac Imaging.* 2020. Vol. 35, N 4. P. 228–233. doi: 10.1097/RTI.0000000000000516
7. Colombi D., Bodini F.C., Petrini M., et al. Well-aerated lung on admitting chest CT to predict adverse outcome in COVID-19 pneumonia // *Radiology.* 2020. Vol. 296, N 2. E86–E96. doi: 10.1148/radiol.2020201433
8. Li K., Fang Y., Li W., et al. CT image visual quantitative evaluation and clinical classification of coronavirus disease (COVID-19) // *Eur Radiol.* 2020. Vol. 30, N 8. P. 4407–4416. doi: 10.1007/s00330-020-06817-6
9. Wynants L., van Calster B., Collins G.S., et al. Prediction models for diagnosis and prognosis of covid-19: systematic review and critical appraisal // *BMJ.* 2020. Vol. 369. M1328. doi: 10.1136/bmj.m1328
10. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В. и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): органи-

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикации статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. С.П. Морозов — концепция исследования, утверждение финальной версии рукописи; В.Ю. Чернина — поиск публикаций по теме статьи, редактирование текста рукописи; И.А. Блохин — формирование набора данных, написание текста рукописи; В.А. Гомболевский — экспертная оценка информации, утверждение финальной версии рукописи. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

зация, методология, интерпретация результатов : препринт № ЦДТ – 2020 – II. Версия 2 от 17.04.2020. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 65. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. 78 с.

11. Сеницын В.Е., Тюрин И.Е., Митьков В.В. Временные методические рекомендации Российского общества рентгенологов и радиологов (РОРР) и Российской ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине (РАСУДМ) «Методы лучевой диагностики пневмонии при новой коронавирусной инфекции при COVID-19» (версия 2) // *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2020. Т. 101, № 2. С. 72–89. doi: 10.20862/0042-4676-2020-101-2-72-89

12. Морозов С.П., Гомболевский В.А., Чернина В.Ю. и др. Прогнозирование летальных исходов при COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки // *Туберкулез и болезни легких.* 2020. Т. 98, № 6. С. 7–14. doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14

13. Христенко Е.А., фон Стакельберг О., Кауцор Х.У. и др. КТ-паттерны при COVID-19 ассоциированных пневмониях — стандартизация описаний исследований на основе глоссария общества Флейшнера // *REJR.* 2020. Т. 10, № 1. С. 16–26. doi: 10.21569/2222-7415-2020-10-1-16-26

14. Raptis C.A., Hammer M.M., Short R.G., et al. Chest CT and coronavirus disease (COVID-19): a critical review of the literature to date // *AJR Am J Roentgenol.* 2020. Vol. 215, N 4. P. 839–842. doi: 10.2214/AJR.20.23202

15. Yuan M., Yin W., Tao Z., et al. Association of radiologic findings with mortality of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China // *PLoS One.* 2020. Vol. 15, N 3. E0230548. doi: 10.1371/journal.pone.0230548

16. Петриков С.С., Попугаев К.А., Бармина Т.Г. и др. Сопоставление клинических данных и компьютерно-томографической семиотики легких при COVID-19 // *Туберкулез и болезни легких.* 2020. Т. 98, № 7. С. 14–25. doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-7-14-25



17. Xu P.P., Tian R.H., Luo S., et al. Risk factors for adverse clinical outcomes with COVID-19 in China: a multicenter, retrospective, observational study // *Theranostics*. 2020. Vol. 10, N 14. P. 6372–6383. doi: 10.7150/thno.46833

18. Xiong Y., Sun D., Liu Y., et al. Clinical and High-Resolution CT Features of the COVID-19 Infection: Comparison of the Initial and Follow-up Changes // *Investigative Radiology*. 2020. Vol. 55, N 6. P. 332–339. doi: 10.1097/RLI.0000000000000674

REFERENCES

1. World Health Organization. Timeline of WHO's response to COVID-19 [Internet]. WHO; 2020 [cited 2020 Sept 9]. Available from: <https://www.who.int/news-room/detail/29-06-2020-covid-timeline>

2. Dong E, Du H, Gardner L. An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time. *Lancet Infect Dis*. 2020;20(5):533–534. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1

3. Zhang R, Ouyang H, Fu L, et al. CT features of SARS-CoV-2 pneumonia according to clinical presentation: a retrospective analysis of 120 consecutive patients from Wuhan city. *Eur Radiol*. 2020;30(8):4417–4426. doi: 10.1007/s00330-020-06854-1

4. Silverstein WK, Stroud L, Cleghorn GE, Leis JA. First imported case of 2019 novel coronavirus in Canada, presenting as mild pneumonia. *Lancet*. 2020;395(10225):734. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30370-6

5. Yoon SH, Lee KH, Kim JY, et al. Chest radiographic and CT findings of the 2019 Novel Coronavirus Disease (COVID-19): analysis of nine patients treated in Korea. *Korean J Radiol*. 2020;21(4):494–500. doi: 10.3348/kjr.2020.0132

6. Sverzellati N, Milanese G, Milone F, et al. Integrated radiologic algorithm for COVID-19 pandemic. *J Thorac Imaging*. 2020;35(4):228–233. doi: 10.1097/RTI.0000000000000516

7. Colombi D, Bodini FC, Petrini M, et al. Well-aerated lung on admitting chest CT to predict adverse outcome in COVID-19 pneumonia. *Radiology*. 2020;296(2):E86–E96. doi: 10.1148/radiol.2020201433

8. Li K, Fang Y, Li W, et al. CT image visual quantitative evaluation and clinical classification of coronavirus disease (COVID-19). *Eur Radiol*. 2020;30(8):4407–4416. doi: 10.1007/s00330-020-06817-6

9. Wynants L, van Calster B, Collins GS, et al. Prediction models for diagnosis and prognosis of covid-19: systematic review and critical appraisal. *BMJ*. 2020;369:M1328. doi: 10.1136/bmj.m1328

10. Morozov SP, Protsenko DN, Smetanina SV, et al. Radiation diagnostics of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results: Preprint No. CDT – 2020 – II. Version 2 from 17.04.2020. Series «Best practices of radiation and

instrumental diagnostics». Issue 65. Moscow: GBUZ «NPKTS DIT DZM»; 2020. 78 p. (In Russ).

11. Sinitsyn VE, Tyurin IE, Mitkov VV. Consensus Guidelines of Russian Society of Radiology (RSR) and Russian Association of Specialists in Ultrasound Diagnostics in Medicine (RASUDM) «Role of Imaging (X-ray, CT and US) in Diagnosis of COVID-19 Pneumonia» (version 2). *Journal of radiology and nuclear medicine*. 2020;101(2):72–89. (In Russ). doi: 10.20862/0042-4676-2020-101-2-72-89

12. Morozov SP, Gomboleviskiy VA, Chernina VY, et al. Prediction of lethal outcomes in COVID-19 cases based on the results chest computed tomography. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2020;98(6):7–14. (In Russ). doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14

13. Khristenko E, von Stackelberg O, Kauczor HU, et al. Ctpatterns in COVID-19 associated pneumonia – unification of radiological reports based on glossary of Fleischner society. *REJR*. 2020;10(1):16–26. (In Russ). doi: 10.21569/2222-7415-2020-10-1-16-26

14. Raptis CA, Hammer MM, Short RG, et al. Chest CT and coronavirus disease (COVID-19): a critical review of the literature to date. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;215(4):839–842. doi: 10.2214/AJR.20.23202

15. Yuan M, Yin W, Tao Z, et al. Association of radiologic findings with mortality of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *PLoS One*. 2020;15(3):E0230548. doi: 10.1371/journal.pone.0230548

16. Petrikov SS, Popugayev KA, Barmina TG, et al. Comparison of clinical data and computed tomography semiotics of the lungs in COVID-19. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2020;98(7):14–25. (In Russ). doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-7-14-25

17. Xu PP, Tian RH, Luo S, et al. Risk factors for adverse clinical outcomes with COVID-19 in China: a multicenter, retrospective, observational study. *Theranostics*. 2020;10(14):6372–6383. doi: 10.7150/thno.46833

18. Xiong Y, Sun D, Liu Y, et al. Clinical and High-Resolution CT Features of the COVID-19 Infection: Comparison of the Initial and Follow-up Changes. *Invest Radiol*. 2020;55(6):332–339. doi: 10.1097/RLI.0000000000000674

ОБ АВТОРАХ

***Гомболевский Виктор Александрович**, к.м.н.;
адрес: Россия, 127051, Москва, улица Петровка, д.24/1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g_victor@mail.ru

Морозов Сергей Павлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: morozov@npcmr.ru

Чернина Валерия Юрьевна;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0302-293X>;
eLibrary SPIN: 8896-8051; e-mail: v.chernina@npcmr.ru

Блохин Иван Андреевич;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

AUTHORS INFO

***Victor A. Gomboleviskiy**, MD, PhD, MPH;
address: Petrovka 24/1, Moscow, Russia, 127051;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g_victor@mail.ru

Sergey P. Morozov, MD, PhD, Professor;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: morozov@npcmr.ru

Valeria Yu. Chernina, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0302-293X>;
eLibrary SPIN: 8896-8051; e-mail: v.chernina@npcmr.ru

Ivan A. Blokhin, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru



Сравнение частоты и характера внебольничных пневмоний до начала и во время эпидемии COVID-19 в многопрофильной больнице

© С.А. Ярёмченко^{1,2*}, Н.А. Ручьёва¹, К.Н. Журавлёв¹, В.Е. Синицын²

¹ ГБУЗ «Городская клиническая больница имени И.В. Давыдовского», Москва, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва, Российская Федерация

Обоснование. Вспышка коронавирусной инфекции 2019 года (COVID-19) быстро — всего за месяц — охватила весь мир. В диагностике этого заболевания помогает метод полимеразной цепной реакции (ПЦР), однако данный тест имеет ограничения, связанные с ложноотрицательными результатами, а также сроками выполнения. С учётом повышенного распространения инфекции компьютерная томография (КТ) органов грудной клетки (ОГК) может стать одной из основных методик в арсенале клинициста для раннего выявления COVID-19 у впервые обратившихся за медицинской помощью пациентов.

Цель — сравнение частоты внебольничных пневмоний и их характеристик по данным КТ в многопрофильной больнице Москвы до начала и во время эпидемии COVID-19 и изучение возможностей их своевременного выявления и дифференциального диагноза.

Материалы и методы. Проведён ретроспективный анализ результатов КТ грудной клетки пациентов Городской клинической больницы имени И.В. Давыдовского (Москва) за период с 1 по 17 апреля 2020 года. В исследование включены все пациенты с диагнозом вирусной пневмонии по заключению КТ. Всем пациентам с подозрением на вирусную пневмонию выполняли тестирование ПЦР. В качестве группы сравнения ретроспективно проанализированы данные КТ грудных клеток пациентов с подозрением на пневмонию за аналогичный промежуток 2019 г.

Результаты. С 1 по 17 апреля 2020 г. по данным КТ ОГК пневмония диагностирована в 140 случаях, из которых 65 (46,4%) описаны как вирусные, в сравнении с тем же периодом 2019 г. — 7 (10,3%) диагнозов вирусной пневмонии: наблюдается значимое увеличение частоты вирусных пневмоний (5,723; $p < 0,01$). Результаты ПЦР-теста у пациентов с вирусной пневмонией по данным КТ: положительный — у 34 (52,3%), отрицательный — у 22 (33,8%), у 9 (13,9%) больных тест не проводился. При сравнении частоты обнаружения на КТ паттернов вирусной пневмонии у пациентов за одинаковый промежуток времени в 2019 и 2020 гг. не было обнаружено никаких достоверных различий. Вероятность COVID-19 по КТ-картине ОГК: средняя — 13,8%, высокая — 75,4%. Тяжесть вирусной пневмонии по данным КТ ОГК: лёгкая — 38,5%, среднетяжёлая — 46,2%, тяжёлая — 12,3%, крайне тяжёлая — 3,1%.

Заключение. КТ-диагностика COVID-19, в том числе при ложноотрицательных результатах ПЦР-тестов, позволяет вовремя изолировать пациента с подозрением на COVID-19, своевременно приступить к лечению и предотвратить дальнейшее распространение вирусной инфекции в условиях пандемии. Однако ввиду неспецифичности выявляемых изменений возможности КТ для идентификации поражения лёгких конкретными вирусными агентами ограничены.

Ключевые слова: COVID-19; компьютерная томография; пневмония; вирусная пневмония; полимеразная цепная реакция.

Как цитировать

Ярёмченко С.А., Ручьёва Н.А., Журавлёв К.Н., Синицын В.Е. Сравнение частоты и характера внебольничных пневмоний до начала и во время эпидемии COVID-19 в многопрофильной больнице // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):37–47. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46833>

Рукопись получена: 10.10.2020

Рукопись одобрена: 03.11.2020

Опубликована: 12.12.2020



The frequency and character of community-acquired pneumonia comparison before and during the COVID-19 epidemic in the multi-specialty hospital

Stepan A. Yaremenko^{1, 2*}, Natalia A. Rucheva¹, Kirill N. Zhuravlev¹,
Valentin E. Sinitsyn²

¹ State Moscow Clinical Hospital I.V.Davydovskiy, Moscow, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

BACKGROUND: The 2019 coronavirus disease outbreak (COVID-19) quickly swept the world in just a month. Polymerase chain reaction (PCR) is used in the diagnosis of this disease, but this test has limitations related to false negative results, as well as PCR is a time-consuming procedure. Under these conditions, chest computed tomography (CT) can become one of the main methods in the Clinician's Arsenal used for early detection of COVID-19 in patients who first seek medical help.

AIMS: comparison of the frequency of community-acquired pneumonia and its characteristics according to CT data before and during the COVID-19 epidemic and study of the possibilities of their timely detection and differential diagnosis.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective analysis of chest CT scans results was performed in Davydovsky hospital (Moscow) from April 1 to April 17, 2020. It included all patients diagnosed with viral pneumonia at the CT. All patients with suspected diagnosis of viral pneumonia underwent PCR testing. Retrospective analysis of chest CT data from patients admitted to the hospital with suspected pneumonia for the same period in 2019 was taken as a comparison group.

RESULTS: For the period from April 1 to April 17, 2020 according to chest CT, pneumonia was diagnosed in 140 cases, of which 65 (46.4%) were described as viral, compared with the same period in 2019 – 7 diagnoses of viral pneumonia (10.3%) were described a significant increase in cases of viral pneumonia (5.723; $p < 0.01$). Results of PCR test in patients with viral pneumonia according to CT data was: positive in 34 (52.3%), negative in 22 (33.8%), 9 (13.9%) patients were not tested. When comparing the frequency of detection on CT of viral pneumonia patterns in patients for the same period of time in 2019 and 2020, no significant differences were found. The probability of COVID-19 due to results of chest CT was: average 13.8%, high – 75.4%. The severity of viral pneumonia according to CT data was: light 38.5%, medium 46.2%, severe 12.3%, extremely severe 3.1%.

CONCLUSIONS: Rapid CT diagnostics of COVID-19, even with false negative results of PCR tests, can help to isolate a patient with suspected COVID-19, start treatment on time and prevent the further spread of viral infection in a pandemic. Nevertheless, due to the non-specificity of the revealed picture, the possibilities of CT to identify lung lesions by specific viral agents are limited.

Keywords: COVID-19; computed tomography; pneumonia; virus; polymerase chain reaction.

To cite this article

Yaremenko SA, Rucheva NA, Zhuravlev KN, Sinitsyn VE. The frequency and character of community-acquired pneumonia comparison before and during the COVID-19 epidemic in the multi-specialty hospital. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):37–47. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46833>

Received: 10.10.2020

Accepted: 03.11.2020

Published: 12.12.2020



某专科医院COVID-19流行前后社区获得性肺炎发生频率和性质比较

Stepan A. Yaremenko^{1, 2*}, Natalia A. Rucheva¹, Kirill N. Zhuravlev¹,
Valentin E. Sinitsyn²

¹ State Moscow Clinical Hospital I.V.Davydovskiy, Moscow, Russian Federation

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

论证：2019年中国武汉首次报道的2019冠状病毒病（COVID-19）在短短一个月内迅速席卷全球。聚合酶链反应（PCR）方法有助于诊断这种疾病，但这种检测有与假阴性结果，以及截止日期有限制。考虑到感染传播的增加，对胸部器官进行计算机断层扫描（CT）可以成为临床医生用于早期检测COVID-19患者的主要技术之一。

目的是根据莫斯科某专科医院COVID-19流行前和流行期间的CT资料，比较社区获得性肺炎的发生频率及其特征，并探讨其及时发现和鉴别诊断的可能性。

材料与方法。2020年4月1日至4月17日期间对I.V. Davydovsky City Clinical Hospital（莫斯科）患者胸部CT检查结果进行了回顾性分析。本研究纳入所有根据CT诊断为病毒性肺炎的患者。所有疑似病毒性肺炎患者均在住院第一天进行PCR检测。作为对照组，对2019年同期以疑似肺炎入院患者的胸部CT资料进行了回顾性分析。

结果。在2020年4月1日至4月17日期间，根据胸部器官计算机断层扫描，有140例确诊为肺炎，其中65例（46.4%）被描述为病毒性肺炎，与2019年同期相比，7例（10.3%）被诊断为病毒性肺炎：病毒性肺炎病例显著增加（5723例； $p < 0.01$ ）。根据计算机断层扫描对病毒性肺炎患者进行PCR检测结果：34例（52.3%）为阳性，22例（33.8%）为阴性，未进行检测9例（13.9%）。比较2019年与2020年同期患者病毒性肺炎型CT检出频次，差异无统计学意义。胸部CT显示COVID-19的概率：平均概率为13.8%，高概率为75.4%。根据胸部CT检查病毒性肺炎的严重程度：轻度—38.5%，中度—46.2%，重度—12.3%，极重度—3.1%。在病毒性肺炎患者组中，根据CT资料，出现以下X线现象：淋巴结病为32.3%，胸水为21.5%，心包水为4.6%，肺动脉高压为21.5%。

结论。已经证明，以研究的相对速度对COVID-19进行CT诊断，并对获得的结果（包括PCR检测假阴性结果）进行解释，可以及时隔离疑似COVID-19患者，及时开始治疗，并防止病毒感染在大流行中进一步传播。然而，由于所检测到的形态学图像的非特异性，CT用特异性病毒制剂鉴别肺病变的可能性有限。

关键词：COVID-19；计算机断层扫描；肺炎；病毒性肺炎；聚合酶链反应

引用本文：

Yaremenko SA, Rucheva NA, Zhuravlev KN, Sinitsyn VE. 某专科医院COVID-19流行前后社区获得性肺炎发生频率和性质比较. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):37-47. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46833>

收到: 10.10.2020

接受: 03.11.2020

发布时间: 12.12.2020



ОБОСНОВАНИЕ

В декабре 2019 г. в Китае произошла вспышка пневмонии, вызванная новым коронавирусом, которая быстро распространилась по всему миру [1].

Коронавирусы относятся к числу вирусов, вызывающих простуду, а также более серьёзные респираторные заболевания, в частности тяжёлый острый респираторный синдром (severe acute respiratory syndrome, SARS) и ближневосточный респираторный синдром (Middle East respiratory syndrome, MERS), уровень смертности от которых достигает 10 и 37% соответственно [2, 3]. Установлено, что оба заболевания (SARS и MERS) являются зоонозными инфекциями. Новый коронавирус, названный Международным комитетом по таксономии вирусов коронавирусом 2 тяжёлого острого респираторного синдрома (severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2, SARS-CoV-2), вызвал вирусную болезнь (Coronavirus Disease 2019, COVID-19) [4]. COVID-19 быстро распространился по всему Китаю, а затем и по другим странам мира. На данный момент объявлена пандемия COVID-19. Эта болезнь серьёзно затронула и Российскую Федерацию. Известно, что многие (до 80%) инфицированные пациенты могут не иметь очевидной истории заражения и клинических проявлений болезни [5]. Скорость распространения болезни подтверждает высокую контагиозность нового коронавируса, который передаётся от человека к человеку аэрозольным (воздушно-капельным и воздушно-пылевым) и контактным путями [6].

Отмечены сходства клинических проявлений инфекции SARS-CoV-2 с предыдущими инфекциями, вызванными бета-коронавирусами [7]. Лабораторная диагностика COVID-19 с помощью метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) играет важную роль в выявлении инфицированных лиц и предотвращении распространения эпидемии. Однако стало очевидным, что результатов теста ПЦР приходится ждать достаточно долго (1–4 дня). Кроме того, установлено, что ПЦР может давать ложноотрицательные результаты у значительного (до 30–40%) числа пациентов, что негативно сказывается на эпидемиологической обстановке. В ряде исследований было показано, что чувствительность компьютерной томографии (КТ) грудной клетки в условиях эпидемии COVID-19 (при выявлении типичных для этой болезни паттернов поражения лёгочной ткани) может достигать 80–97% [8]. Точный диагноз вирусной пневмонии на основе КТ грудной клетки позволяет своевременно выявлять и изолировать инфицированных лиц, выбирать тактику их лечения и оценивать динамику болезни. Вследствие широкого

распространения болезни в условиях эпидемии и частого асимптомного её течения такие пациенты могут попадать в многопрофильные лечебные учреждения (больницы) с подозрением на внебольничные пневмонии. От ранней и правильной диагностики COVID-19 зависит своевременная изоляция таких больных и их направление в профильные учреждения.

Цель исследования — сравнение частоты внебольничных пневмоний и их характеристик по данным КТ в многопрофильной больнице г. Москвы до начала и во время эпидемии COVID-19 и изучение возможностей их своевременного выявления и дифференциального диагноза.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведён ретроспективный анализ результатов КТ грудной клетки пациентов Городской клинической больницы имени И.В. Давыдовского Департамента здравоохранения г. Москвы за период с 01.04 по 17.04 2020 г. (в период эпидемии COVID-19 в Москве).

Критерии соответствия

В исследование включены все пациенты, поступившие в приёмное отделение больницы с подозрением на внебольничную пневмонию. Основанием для госпитализации были повышение температуры выше 38,5°C, малопродуктивный сухой кашель, боль в грудной клетке, тахипноэ, слабость, головная боль и диарея.

Описание медицинского вмешательства

Всем пациентам в первый день госпитализации выполняли тестирование грудной клетки методами ПЦР и КТ. Исследования проводились на компьютерном томографе Philips Ingenuity (Нидерланды) без внутривенного введения контрастного препарата, с использованием стандартных клинических протоколов (толщина среза 1 мм, ток на трубке 120 кВ, mAs [произведение силы тока и времени] устанавливались автоматически).

Все КТ-изображения оценивались в соответствии с международными рекомендациями по формированию стандартизованных заключений КТ лёгких в условиях эпидемии COVID-19 [9]. Критериями, на основании которых пациенту выставлялся диагноз пневмонии бактериального генеза, были отсутствие зон уплотнения по типу матового стекла, наличие зон консолидации, одно- или двустороннее поражение с наличием гидроторакса и без него. Критериями для постановки диагноза вирусной пневмонии при КТ органов грудной клетки (ОГК) являлись такие харак-



терные рентгенологические паттерны, как участки уплотнения лёгочной ткани по типу матового стекла, преимущественно периферической локализации, ретикулярные изменения по типу булыжной мостовой, наличие или отсутствие зон консолидации. При описании изменений в грудной клетке рассчитывались вероятность COVID-19-пневмонии (высокая, средняя, низкая) и степень выраженности изменений в паренхиме лёгких по 4-балльной шкале в соответствии с последними рекомендациями по дифференциальной диагностике изменений ОГК вирусной этиологии [10]. Нами также проанализированы результаты ПЦР-тестирования у пациентов с диагнозом вирусной пневмонии, установленным по КТ, за 2020 г.

В качестве группы сравнения ретроспективно проанализированы данные КТ ОГК пациентов, поступивших в больницу с подозрением на пневмонию за такой же временной промежуток 2019 г., с целью оценки динамики общего количества вирусных пневмоний и выявления морфологических отличий пневмоний вирусной этиологии при КТ-исследованиях, выполненных год назад. Сравнение КТ-данных пациентов с вирусными пневмониями за 2020 и 2019 гг. проводилось по частоте встречаемости таких паттернов, как симптом матового стекла, симптом булыжной мостовой, консолидация, характер поражения (одно- или двустороннее). Внутри группы пациентов, перенёсших вирусные пневмонии в период пандемии 2020 г., нами оценены такие вторичные рентгенологические феномены, как гидроторакс (наличие жидкости в плевральных полостях), гидроперикард (жидкость в полости перикарда), лёгочная гипертензия (расширение ствола лёгочной артерии более чем на 30 мм), лимфаденопатия (увеличение размера лимфатического узла более чем на 10 мм по короткой оси, количественная).

Статистический анализ

Для статистической обработки данных нами был использован пакет программ SPSS Statistics 23.0 (США). Количественные данные представлены в виде средних значений со стандартным отклонением. Сравнительный анализ групп проводился с использованием таких статистических критериев, как критерий Фишера и Хи-квадрат для таблиц сопряженности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

С 1 по 17 апреля 2020 г. в ГКБ им. И.В. Давыдовского проведено 476 исследований ОГК методом КТ. Пнев-

мония диагностирована в 140 случаях, из них по данным КТ классифицированы как вирусные 65 (46,4%), как бактериальные — 75 (53,6%). За тот же период 2019 г. проведено 309 КТ ОГК: пневмонии выявлены у 68 пациентов, из них 7 (10,3%) случаев классифицированы как вирусные, 61 (89,7%) — как бактериальные.

Таким образом, отмечено явное увеличение количества случаев вирусных пневмоний, зарегистрированных в апреле 2020 г., по сравнению с тем же периодом 2019 г. (значение точного критерия Фишера 5,723; $p < 0,01$), что говорит о значительном увеличении числа вирусных пневмоний за счёт пневмоний, вызванных COVID-19, в апреле 2020 г.

Основные результаты исследования

Анализ результатов КТ в условиях пандемии COVID-19

Большинство пациентов (95,4%), которым по данным КТ был поставлен диагноз вирусной пневмонии, были в срочном порядке изолированы и переведены в профильные учреждения, перепрофилированные под лечение больных COVID-19. Исключение составили лишь пациенты (3,1%), которые не могли быть переведены в профильные учреждения по ряду причин (сопутствующая патология, тяжёлое состояние и др.).

Из 65 пациентов с установленным по результатам КТ диагнозом вирусной пневмонии у 34 (52,3%) был получен положительный результат ПЦР-теста на COVID-19, у 22 (33,8%) — отрицательный; у 9 (13,9%) больных тест по независящим от нас причинам (отказ, обращение в лечебное учреждение по месту жительства) не выполнялся (рис. 1). Диагноз вирусной пневмонии, основанный на КТ, был установлен в среднем на 2–3 дня раньше, чем по результатам ПЦР. Таким образом, КТ имеет высокую точ-

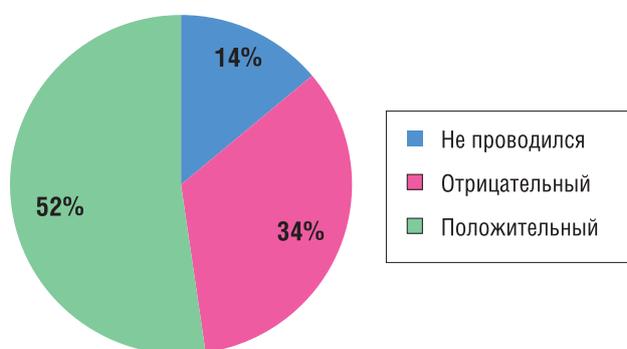


Рис. 1. Результаты ПЦР-тестирования пациентов с диагнозом вирусной пневмонии, установленным методом компьютерной томографии.

ПЦР — полимеразная цепная реакция.



ность в диагностике COVID-19 и может использоваться в качестве метода диагностики COVID-19 в условиях непрофильного стационара.

КТ-паттерны изменений лёгких при пневмониях, связанных и не связанных с COVID-19

У всех 65 пациентов с COVID-19 на КТ ОГК наблюдался типичный признак вирусной пневмонии, характерный для этого заболевания, — обширные двусторонние зоны или очаги «матового стекла» с преимущественным периферическим расположением и наличием или отсутствием зон консолидации.

По мере развития тяжёлых инфекционных заболеваний SARS-аномалии паренхимы лёгких в итоге распространяются на центральную область и верхние доли обеих сторон [11, 12]. В нашем исследовании прогрессирование COVID-19 на КТ-изображениях (13,8%) подтвердило эти данные (рис. 2).

В группе пациентов с COVID-19 заболевание было преимущественно периферическим (субплевральным) и ограничивалось средней и нижней зонами лёгкого на начальной КТ ОГК. Дальнейшие исследования показали, что лёгочная консолидация и слияние инфильтратов по мере развития заболевания проникают в верхние доли органа и поражают их: у некоторых пациентов были затронуты все пять долей обоих лёгких, при этом на КТ наблюдались «белые» лёгкие. В нашей исследовательской группе увеличение количества изменений по типу матового стекла и плотности консолидации указывало на прогрессирование заболевания, тогда как появление фиброза и разрешение зон «матового уплотнения» или консолидации указывали на улучшение состояния. Однако деформация бронха из-за фиброза может привести

к необратимым изменениям и повлиять на дыхательную функцию пациента. Эти данные говорят о том, что поражения лёгких при COVID-19 могут присутствовать до того, как симптомы станут очевидными для пациентов, и что КТ должна быть выполнена незамедлительно даже при бессимптомном течении заболевания.

При проведении КТ у некоторых пациентов отмечалось затруднённое дыхание, поэтому в данном случае получение идеальных изображений во время конечного вдоха может быть проблематично. Таким образом, врачам-рентгенологам при чтении КТ-изображений следует обратить особое внимание на различение зон уплотнения лёгочной ткани по типу матового стекла, а также на изменения паренхимы, вызванные дыхательными артефактами.

КТ в дифференциальном диагнозе вирусных пневмоний

КТ-паттерны вирусной пневмонии связаны с патогенезом вирусной инфекции. Большинство вирусных пневмоний имеют сходный патогенез [13]. Следовательно, вирусная пневмония, вызванная различными вирусами, демонстрирует сходную картину на КТ-изображениях грудной клетки, что было показано нами при сравнении КТ-изображений ОГК вирусных пневмоний до пандемии COVID-19 (апрель 2019 г.) с таковыми во время пандемии (апрель 2020 г.); рис. 3.

При сравнении частоты обнаружения на КТ паттернов вирусной пневмонии у пациентов за одинаковый промежуток времени в 2019 и 2020 гг. удалось выяснить, что такой симптом, как матовое стекло, при-



Рис. 2. Компьютерная томография органов грудной клетки пациента, первично поступившего в стационар с жалобами на сухой кашель и температуру: *a* — в нижней доле правого лёгкого определяется единичная зона уплотнения лёгочной ткани по типу матового стекла; *b* — на контрольном изображении, полученном через 5 дней, на фоне общего ухудшения состояния и появления выраженной одышки отмечается двустороннее поражение с вовлечением >75% паренхимы лёгких, что соответствует крайне тяжёлому течению заболевания.

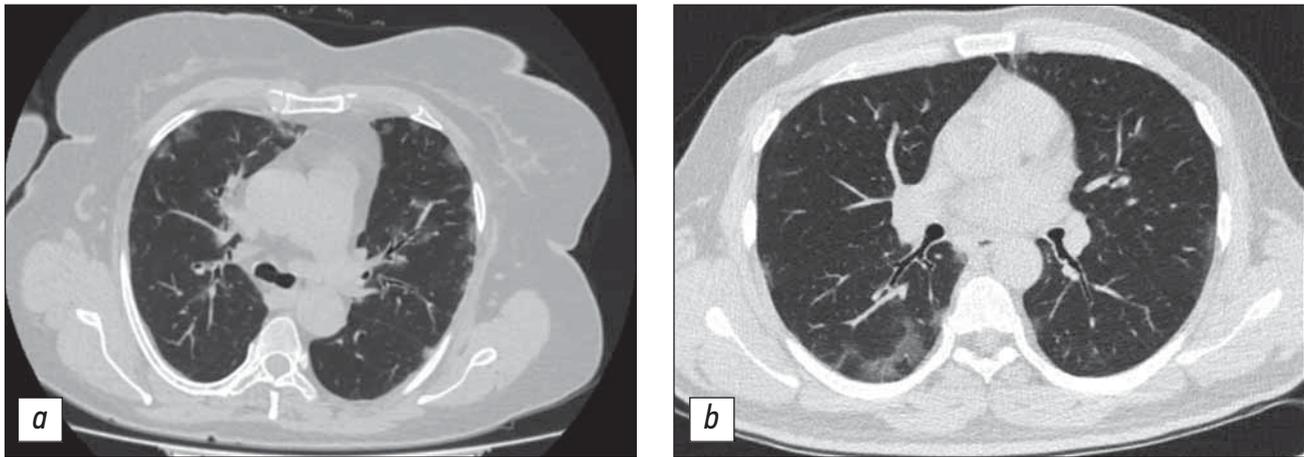


Рис. 3. Компьютерная томография органов грудной клетки при сравнении изображений вирусных пневмоний до и во время пандемии COVID-19: *a* — множественные субплеврально расположенные участки уплотнения лёгочной ткани по типу матового стекла (апрель 2019 г.); *b* — аналогичная картина атипичной пневмонии вирусного генеза (апрель 2020 г.).

существовал у 100% пациентов в обеих выборках; ретикулярные изменения по типу булыжной мостовой в выборке пациентов за 2020 г. наблюдались у 40% пациентов, в выборке за 2019 г. — у 42%, консолидация — у 27 и 14%, двустороннее поражение лёгких — у 86,4 и 71,4% соответственно.

Нами обнаружено также, что все особенности вирусной пневмонии, которые наблюдались при первичном КТ-исследовании у пациентов с COVID-19 (преимущественно периферическое уплотнение лёгочной ткани по типу матового стекла, расширение сосудов, утолщение междолькового и внутридолькового интерстиция, знак воздушной бронхограммы), похожи на особенности КТ при острой респираторной вирусной инфекции. При этом все перечисленные рентгенологические характеристики вирусного поражения лёгких можно отнести к повреждению альвеол и интерстиция органа, его отёку.

Механизмы повреждения лёгких при COVID-19-ассоциированной пневмонии

По данным зарубежных исследований, у пациентов с тяжёлой пневмонией, ассоциированной с COVID-19, могут наблюдаться признаки системного гипервоспаления, обозначаемого общим термином «синдром активации макрофагов» (macrophage activation syndrome, MAS), или цитокиновый шторм, также известный как вторичный гемофагоцитарный лимфогистоцитоз (hemophagocytic lymphohistiocytosis, sHLH) [14].

Предполагается, что тяжёлое диффузное альвеолярное и интерстициальное воспаление распространяется и на близкорасположенную сосудистую сеть лёгких, вызывая MAS-подобный внутрилёгочный воспалительный ответ, который способен при-

водить к тяжёлой форме локальной сосудистой дисфункции, включая микротромбозы и кровоизлияния как проявления лёгочной внутрисосудистой коагулопатии.

Повышенный уровень С-реактивного белка и гиперферритинемия являются основными показателями в диагностике MAS/sHLH и наблюдаются при многих тяжёлых случаях COVID-19-ассоциированной пневмонии [15]. Другие маркеры MAS/sHLH — коагулопатия и нарушение функций печени — могут также встречаться в подгруппе пациентов с пневмонией, вызванной COVID-19, что позволяет предположить у больных с сочетанием таких параметров развитие цитокинового шторма [16].

Предположения о возможном наличии MAS/sHLH у пациентов с COVID-19-ассоциированной пневмонией частично подтверждаются нашими наблюдениями. Так, у нескольких включённых в исследование пациентов с тяжело протекающей COVID-19-пневмонией при проведении бронхоскопии наблюдалась повышенная контактная кровоточивость на фоне гиперемизированной слизистой оболочки, что частично может свидетельствовать как об активном воспалении (у большинства больных увеличен С-реактивный белок), так и о коагулопатии на фоне нарушенных функций печени.

Патогенетические механизмы повреждения лёгких при COVID-19 требуют более детального изучения и сопоставления КТ-изображений у больных COVID-19 с результатами бронхоскопии, данными коагулограммы и биохимическими показателями крови, что позволило бы объяснить механизм образования участков уплотнения лёгочной ткани по типу матового стекла, а также быстрые изменения по результатам КТ ОГК.



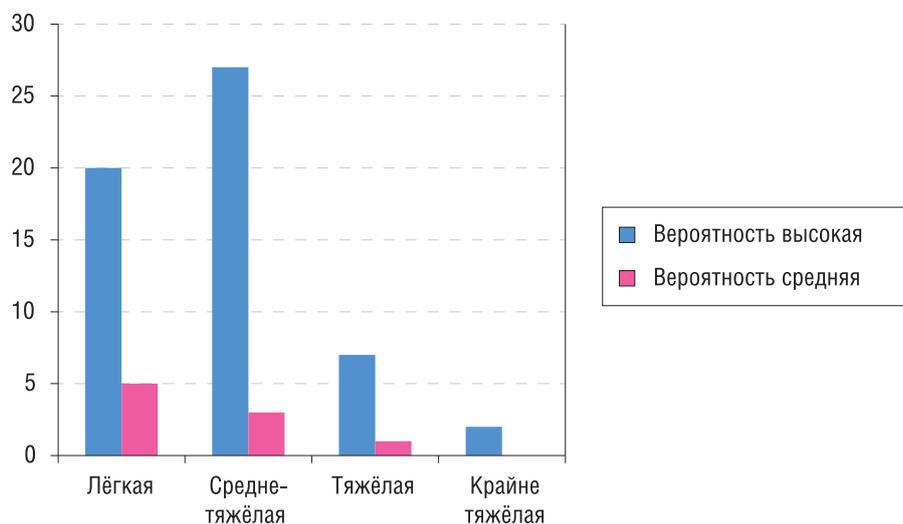


Рис. 4. Распределение пациентов с высокой и средней вероятностью COVID-19 по данным КТ ОГК в зависимости от тяжести заболевания.

Вероятность и тяжесть COVID-19

Вероятность COVID-19 по КТ-картине ОГК вирусных пневмоний (65 случаев) оценена как средняя для 13,8% исследований и как высокая для 86,2% (рис. 4).

Тяжесть вирусной пневмонии по данным КТ ОГК: лёгкая — 38,5% (рис. 5, *a*), среднетяжёлая — 46,2%

(рис. 5, *b*), тяжёлая — 12,3% (рис. 5, *c*), крайне тяжёлая — 3,1% (рис. 5, *d*).

Отмечены сопутствующие морфологические феномены, такие как:

- лимфаденопатия у 7,7%, в том числе только количественная у 24,6%, отсутствует у 66,2%;

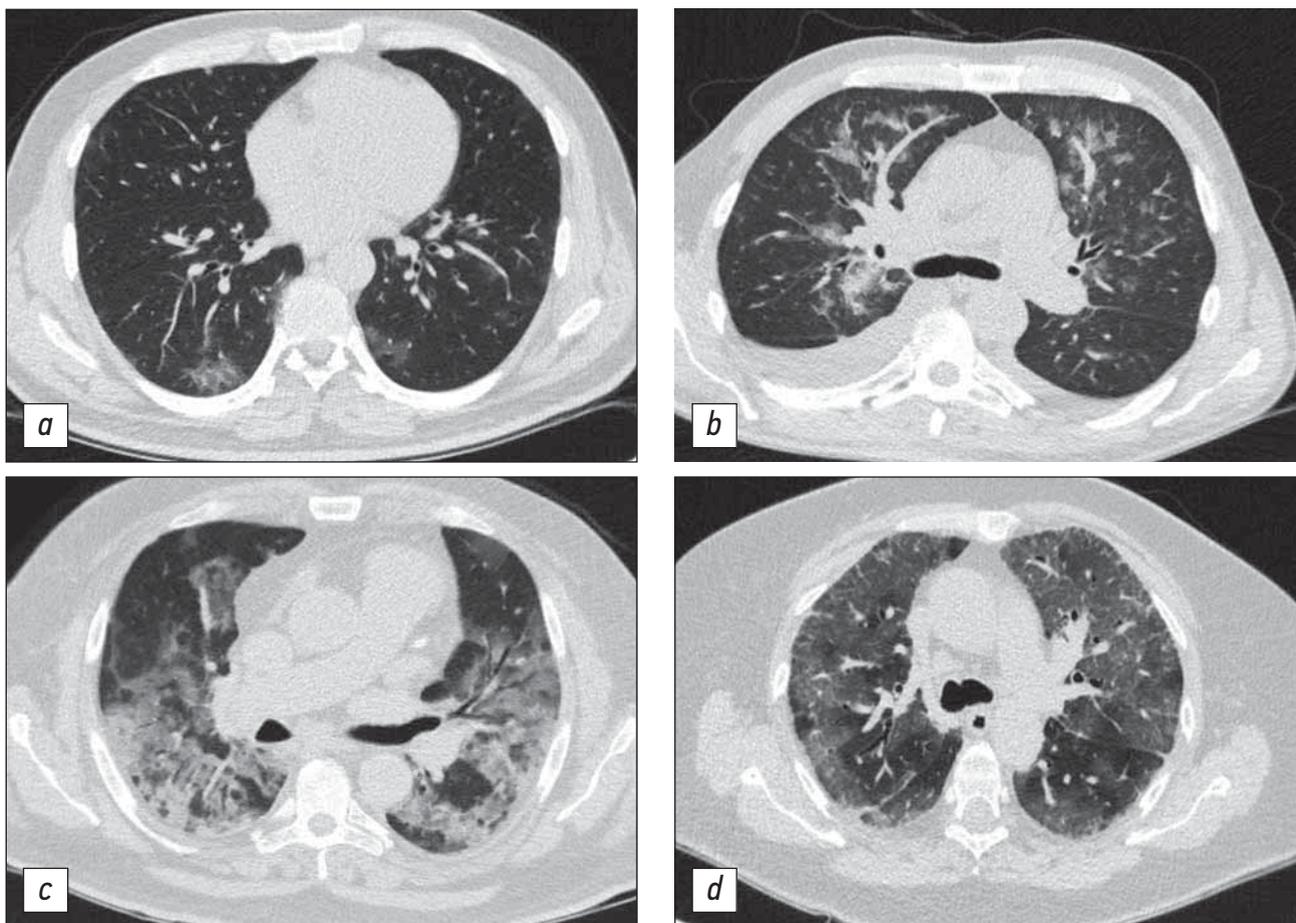


Рис. 5. Тяжесть вирусной пневмонии по данным компьютерной томографии органов грудной клетки: *a* — лёгкая степень изменений (КТ-1), вовлечение паренхимы лёгкого $\leq 25\%$; *b* — среднетяжёлая (КТ-2), вовлечение паренхимы лёгкого 25–50%; *c* — тяжёлая (КТ-3), вовлечение паренхимы лёгкого 50–75%; *d* — крайне тяжёлая, критическая (КТ-4), вовлечение паренхимы лёгкого $\geq 75\%$.

- гидроторакс односторонний у 7,7%, двусторонний у 13,8%, отсутствует у 78,5%;
- гидроперикард у 4,6%, отсутствует у 95,4%;
- лёгочная гипертензия у 21,5%, отсутствует у 78,5%.

Динамика вирусной пневмонии не отслеживалась у 86,2%, отрицательная — у 13,8%.

Исход вирусной пневмонии: улучшение (выписка) — 1,5%, перевод в COVID-стационар — 95,4%, летальный исход — 3,1%.

Хочется отметить, что статистически значимо в более тяжёлых случаях вирусной пневмонии встречались такие обнаруживаемые на КТ ОГК рентгенологические феномены, как гидроторакс (двусторонний или односторонний) и лёгочная гипертензия (критерий Краскела–Уоллиса, где $p = 0,031$ и $p = 0,026$ соответственно). При попарном сравнении групп с вирусной пневмонией разной степени тяжести и данных феноменов в тесте Фишера рассчитана статистически более частая встречаемость лёгочной гипертензии уже между лёгкой (0 из 25) и среднетяжёлой (11 из 30) рентгенологической картиной пневмонии ($p < 0,01$), а гидроторакс чаще обнаруживался между среднетяжёлой (8 из 30) и тяжёлой (4 из 8) картиной по КТ ($p < 0,01$).

Наконец, тяжесть вирусной пневмонии статистически значимо влияет на течение заболевания: отрицательная динамика чаще встречается в случае тяжёлой (4 из 8) пневмонии в сравнении со среднетяжёлой (2 из 30; критерий Фишера, $p < 0,01$) и лёгкой (3 из 25; критерий Фишера, $p < 0,05$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Количество вирусных пневмоний, выявленных в апреле 2020 г., оказалось достоверно больше, чем за тот же период 2019 г., что связано с появлением нового вирусного агента (COVID-19).

У 1/3 пациентов с характерной КТ-картиной вирусной пневмонии ПЦР-тесты показали отрицательные результаты, что свидетельствует о возможных ложноотрицательных результатах тестирования и необходимости проведения КТ ОГК в тандеме с тестированием ПЦР.

Результаты КТ в условиях пандемии COVID-19 2020 г. частично совпадают с результатами КТ других вирусных пневмоний, выявленных в апреле 2019 г. На 65 случаях вирусной пневмонии удалось показать, что более тяжё-

лая КТ-картина при поступлении определяет большую вероятность развития заболевания по неблагоприятному сценарию (отрицательная динамика): так, в группе тяжёлого поражения лёгких было зафиксировано два летальных исхода. Кроме того, достоверно чаще при тяжёлых вариантах течения вирусной пневмонии на КТ обнаруживались такие рентгенологические феномены, как гидроторакс (двусторонний или односторонний) и лёгочная гипертензия. Тем не менее возможности КТ для идентификации поражения лёгких конкретными вирусными агентами ограничены, поскольку рентгенологическая КТ-картина поражения лёгких при COVID-19 частично совпадает с результатами КТ ОГК у лиц, инфицированных другими респираторными вирусами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наше исследование показало, что КТ в совокупности с клинико-anamnestическими данными, ПЦР-тестированием может быть полезным в качестве стандартного метода диагностики COVID-19, особенно в условиях непрофильного стационара. КТ-диагностика COVID-19, характеризуемая относительной скоростью проведения исследования и интерпретации полученных результатов, даже при ложноотрицательных результатах ПЦР-тестов позволяет вовремя изолировать пациента с подозрением на COVID-19, своевременно назначить лечение и предотвратить дальнейшее распространение вирусной инфекции в условиях пандемии, что способствует оптимизации ведения пациентов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикации статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. С.А. Ярёменко — написание статьи, анализ и экспертная оценка информации статьи, Н.А. Ручьёва — экспертная оценка информации статьи, К.Н. Журавлёв — поиск публикаций по теме статьи, редактирование обзора, В.Е. Синицын — систематизация и финальное редактирование обзора. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhu N., Zhang D., Wang W., et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019 // *N Engl J Med.* 2020. Vol. 382, N 8. P. 727–733. doi: 10.1056/NEJMoa2001017
2. Xie X., Zhong Z., Zhao W., et al. Chest CT for Typical 2019-nCoV Pneumonia: Relationship to Negative RT-PCR Testing // *Radiology.* 2020. Vol. 296, N 2. P. E41–E4. doi: 10.1148/radiol.20200343



3. World Health Organization. Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003 (based on data as of December 31, 2003). Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-probable-sars-cases-with-onset-of-illness-from-1-november-2002-to-31-july-2003>
4. World Health Organization. Naming the coronavirus disease (COVID-2019) and the virus that causes it. Available from: [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes-it](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it)
5. She J., Jiang J., Ye L., et al. 2019 novel coronavirus of pneumonia in Wuhan, China: emerging attack and management strategies // *Clin Transl Med*. 2020. Vol. 9, N 1. P. 19. doi: 10.1186/s40169-020-00271-z
6. Xu X., Chen P., Wang J., et al. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission // *Sci China Life Sci*. 2020. Vol. 63, N 3. P. 457–460. doi: 10.1007/s11427-020-1637-5
7. Huang C., Wang Y., Li X., et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China // *Lancet*. 2020. Vol. 395, N 10223. P. 497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
8. Fang Y., Zhang H., Xie J., et al. Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR // *Radiology*. 2020. Vol. 296, N 2. P. E115–E117. doi: 10.1148/radiol.20200432
9. Chung M., Bernheim A., Mei X, et al. CT Imaging of the 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Pneumonia // *Radiology*. 2020. Article in press. doi: 10.1148/radiol.20200230
10. BSTI. COVID-19 BSTI reporting templates and Codes. Available from: <https://www.bsti.org.uk/covid-19-resources/covid-19-bsti-reporting-templates/>
11. Paul N.S., Roberts H., Butany J., et al. Radiologic pattern of disease in patients with severe acute respiratory syndrome: The Toronto experience // *Radiographics*. 2004. Vol. 24. P. 553–563. doi: 10.1148/rg.242035193
12. Das K.M., Lee E.Y., Langer R.D., Larsson S.G. Middle East respiratory syndrome coronavirus: What does a radiologist need to know? // *AJR Am J Roentgenol*. 2016. Vol. 206, N 6. P. 1193–1201. doi: 10.2214/AJR.15.15363
13. Koo H.J., Lim S., Choe J., et al. Radiographic and CT features of viral pneumonia // *Radiographics*. 2018. Vol. 38, N 3. P. 719–739. doi: 10.1148/rg.2018170048
14. McGonagle D., Sharif K., O'Regan A., Bridgewood C. Interleukin-6 use in COVID-19 pneumonia related macrophage activation syndrome // *Autoimmun Rev*. 2020. ID: 102537. doi: 10.1016/j.autrev.2020.102537
15. Colafrancesco S., Priori R., Alessandri C., et al. sCD163 in AOSD: a biomarker for macrophage activation related to hyperferritinemia // *Immunol Res*. 2014. Vol. 60, N 2-3. P. 177–183. doi: 10.1007/s12026-014-8563-7
16. Wu C., Chen X., Cai Y., et al. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with coronavirus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China // *JAMA Intern Med*. 2020. Vol. 180, N 7. P. 934–943. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.0994

REFERENCES

1. Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*. 2020;382(8):727–733. doi: 10.1056/NEJMoa2001017
2. Xie X, Zhong Z, Zhao W, et al. Chest CT for Typical 2019-nCoV Pneumonia: Relationship to Negative RT-PCR Testing. *Radiology*. 2020;296(2):E41–E4. doi: 10.1148/radiol.202000343
3. World Health Organization. Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003 (based on data as of December 31, 2003). Available from: <https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-probable-sars-cases-with-onset-of-illness-from-1-november-2002-to-31-july-2003>
4. World Health Organization. Naming the coronavirus disease (COVID-2019) and the virus that causes it. Available from: [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes-it](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it)
5. She J, Jiang J, Ye L, et al. 2019 novel coronavirus of pneumonia in Wuhan, China: emerging attack and management strategies. *Clin Transl Med*. 2020;9(1):19. doi: 10.1186/s40169-020-00271-z
6. Xu X, Chen P, Wang J, et al. Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission. *Sci China Life Sci*. 2020;63(3):457–460. doi: 10.1007/s11427-020-1637-5
7. Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020;395(10223):497–506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5
8. Fang Y, Zhang H, Xie J, et al. Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR. *Radiology*. 2020; 296(2):E115–E117. doi: 10.1148/radiol.20200432
9. Chung M, Bernheim A, Mei X, et al. CT Imaging of the 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Pneumonia. *Radiology*. 2020. doi: 10.1148/radiol.20200230
10. BSTI. COVID-19 BSTI reporting templates and Codes. Available from: <https://www.bsti.org.uk/covid-19-resources/covid-19-bsti-reporting-templates/>
11. Paul NS, Roberts H, Butany J, et al. Radiologic pattern of disease in patients with severe acute respiratory syndrome: The Toronto experience. *Radiographics*. 2004;24:553–563. doi: 10.1148/rg.242035193
12. Das KM, Lee EY, Langer RD, Larsson SG. Middle East respiratory syndrome coronavirus: What does a radiologist need to know? *AJR Am J Roentgenol*. 2016;206(6):1193–1201. doi: 10.2214/AJR.15.15363
13. Koo HJ, Lim S, Choe J, et al. Radiographic and CT features of viral pneumonia. *Radiographics*. 2018;38(3):719–739. doi: 10.1148/rg.2018170048
14. McGonagle D, Sharif K, O'Regan A, Bridgewood C. Interleukin-6 use in COVID-19 pneumonia related macrophage activation syndrome. *Autoimmun Rev*. 2020;102537. doi: 10.1016/j.autrev.2020.102537
15. Colafrancesco S, Priori R, Alessandri C, et al. sCD163 in AOSD: a biomarker for macrophage activation related to hyperferritinemia. *Immunol Res*. 2014;60(2-3):177–183. doi: 10.1007/s12026-014-8563-7



16. Wu C, Chen X, Cai Y, et al. Risk factors associated with acute respiratory distress syndrome and death in patients with corona-

virus disease 2019 pneumonia in Wuhan, China. *JAMA Intern Med.* 2020;180(7):934–943. doi: 10.1001/jamainternmed.2020.0994

ОБ АВТОРАХ

***Ярёменко Степан Андреевич**, аспирант;
адрес: 109240, Москва, ул. Яузская, д. 11;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7709-977X>,
e-mail: yaremenkosa@yandex.ru

Ручьёва Наталья Александровна, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8063-4462>,
e-mail: rna1969@yandex.ru

Журавлёв Кирилл Николаевич;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1733-267X>,
e-mail: kir232@mail.ru

Синицын Валентин Евгеньевич, д-р мед. наук, проф.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>,
e-mail: vsini@mail.ru

AUTHORS INFO

*** Stepan A. Yaremenko**, MD, PhD student;
address: 11 Yauzskaya str., Moscow, 109240;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7709-977X>,
e-mail: yaremenkosa@yandex.ru

Natalia A. Rucheva, MD, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8063-4462>,
e-mail: rna1969@yandex.ru

Kirill N. Zhuravlev, MD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1733-267X>,
e-mail: kir232@mail.ru

Valentin E. Sinitsyn, MD, PhD, Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>,
e-mail: vsini@mail.ru



MosMedData: датасет 1110 компьютерных томографий органов грудной клетки, выполненных во время эпидемии COVID-19

© С.П. Морозов, А.Е. Андрейченко, И.А. Блохин, П.Б. Гележе, А.П. Гончар, А.Е. Николаев, Н.А. Павлов, В.Ю. Чернина, В.А. Гомболевский*

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

В условиях пандемии COVID-19 и лавинообразного роста числа выполняемых компьютерных томографий (КТ) лёгких особое значение приобретают методы автоматизации процесса анализа изображений, использование которых позволит повысить производительность и минимизировать ошибки. Создание качественных наборов данных необходимо для развития технологий искусственного интеллекта. Алгоритмы искусственного интеллекта обладают достаточной точностью для диагностики COVID-19. Данный датасет¹ содержит как анонимизированные компьютерные томограммы (КТ) лёгких человека с признаками COVID-19, так и нормальные исследования грудной клетки. Некоторая часть исследований была размечена с использованием бинарных пиксельных масок представляющих интерес областей (например, зон консолидации и уплотнений по типу матового стекла). КТ-данные были получены в период с 1 марта 2020 г. по 25 апреля 2020 г. и предоставлены муниципальными больницами г. Москвы (Россия)². Предлагаемый набор данных лицензирован Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND 3.0).

Ключевые слова: искусственный интеллект; COVID-19; машинное обучение; датасет; КТ; органы грудной клетки.

Как цитировать

Морозов С.П., Андрейченко А.Е., Блохин И.А., Гележе П.Б., Гончар А.П., Николаев А.Е., Павлов Н.А., Чернина В.Ю., Гомболевский В.А. MosMedData: датасет 1110 компьютерных томографий органов грудной клетки, выполненных во время эпидемии COVID-19 // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):49–59. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46826>

¹ Data set — *набор данных (set of data)*, обработанная и структурированная информация, обычно в табличном виде, пригодная для статистического анализа, визуализации и обработки алгоритмами машинного обучения.

² Постоянная ссылка: https://mosmed.ai/datasets/covid19_1110.



MosMedData: data set of 1110 chest CT scans performed during the COVID-19 epidemic

Sergey P. Morozov, Anna E. Andreychenko, Ivan A. Blokhin, Pavel B. Gelezhe, Anna P. Gonchar, Alexander E. Nikolaev, Nikolay A. Pavlov, Valeria Yu. Chernina, Victor A. Gombolevskiy*

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow, Russian Federation

With the ongoing COVID-19 pandemic decreasing availability of polymerase chain reaction with reverse transcription and the snowballing growth of medical imaging, especially the number of chest computed tomography (CT) scans being performed, methods to augment and automate the image analysis, increasing productivity and minimizing human error are of particular importance. The creation of high-quality datasets is essential for the development and validation of artificial intelligence algorithms. Such technologies have sufficient accuracy in diagnosing COVID-19 in medical imaging. The presented large-scale dataset contains anonymized human CT scans with COVID-19 features as well as normal studies. Some studies were tagged by radiologists using binary pixel masks of regions of interest (e.g., characteristic areas of consolidation and ground-glass opacities). CT data were acquired between March 1, 2020, and April 25, 2020, and provided by municipal hospitals in Moscow, Russia. The presented dataset is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND 3.0).

Keywords: artificial intelligence; COVID-19; machine learning; dataset; CT, chest.

To cite this article

Morozov SP, Andreychenko AE, Blokhin IA, Gelezhe PB, Gonchar AP, Nikolaev AE, Pavlov NA, Chernina VYu, Gombolevskiy VA. MosMedData: data set of 1110 chest CT scans performed during the COVID-19 epidemic. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):49–59. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46826>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46826>

Received: 12.10.2020

Accepted: 11.12.2020

Published: 21.12.2020



MosMedData: COVID-19疫情期间进行的1110次胸部CT扫描数据集

Sergey P. Morozov, Anna E. Andreychenko, Ivan A. Blokhin, Pavel B. Gelezhe, Anna P. Gonchar, Alexander E. Nikolaev, Nikolay A. Pavlov, Valeria Yu. Chernina, Victor A. Gomboleviskiy*

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Health Care of Moscow, Moscow, Russian Federation

在COVID-19大流行和雪崩式增加肺部计算机断层扫描的数量背景下，图像分析过程的自动化方法特别重要，使用这种方法将提高生产率并减少错误。高质量数据集的创建是人工智能技术发展的必要条件。人工智能算法对COVID-19的诊断具有足够的准确性。该数据集1包含有COVID-19征象的患者的匿名肺部CT图像和正常的胸部检查。一些研究使用感兴趣区域的二元像素遮罩进行标记（例如，肺结节整合和磨砂玻璃结节）。获取2020年3月1日至2020年4月25日期间的CT数据，提供给莫斯科市医院（俄罗斯）²。建议的数据集由Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported授权（CC BY-NC-ND 3.0）。

关键词：人工智能；COVID-19；机器学习；数据集；CT；胸部器官

引用本文：

Morozov SP, Andreychenko AE, Blokhin IA, Gelezhe PB, Gonchar AP, Nikolaev AE, Pavlov NA, Chernina VYu, Gomboleviskiy VA. MosMedData :COVID-19 疫情期间进行的1110次胸部CT扫描数据集. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):49–59. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46826>

¹ Data set是数据集（set of data），经过处理的结构化信息，通常以表格形式，适用于机器学习算法的统计分析、可视化和处理。

² 永久链接：https://mosmed.ai/datasets/covid19_1110



ОБОСНОВАНИЕ

Во время пандемии COVID-19 в большинстве стран на структуры здравоохранения легло дополнительное тяжёлое бремя. Ситуация потребовала как никогда тщательного использования финансовых и людских ресурсов. К сожалению, проводимых в медицинских учреждениях профилактических мероприятий не всегда достаточно для того, чтобы избежать гибели медицинских работников. Особую озабоченность вызывает потеря обученных специалистов в области неотложной помощи, лучевой диагностики и других экстренных видах медицины. Компьютерная томография (КТ) считается ключевым инструментом диагностики и оценки прогрессирования COVID-19, проводится в амбулаторных условиях и предназначена пациентам с острыми респираторными симптомами, а также пациентам с установленным диагнозом и прогрессированием лёгких заболеваний, выполняющих терапию в домашних условиях под наблюдением врача с использованием телемедицинских технологий. В стационарных учреждениях КТ используется для первичной и дифференциальной диагностики, для оценки прогрессирования заболевания и определения дальнейшей тактики ведения пациента — в отделении интенсивной терапии или на дому под наблюдением врача медицинской организации первичного уровня [1–3].

Всё более широкое применение КТ ложится тяжёлым бременем на систему здравоохранения. Так, в Москве сеть муниципальных амбулаторных центров КТ проводит около 90 исследований на 1 компьютерный томограф в день (регистратор КТ провел 163 исследования в течение одного дня). Для стандартизации и упорядочения принятия клинических решений специалистами была разработана классификационная модель, которая наряду с другими симптомами оценивает степень тяжести аномалий в лёгочной ткани, наблюдаемых на снимках КТ органов грудной клетки (табл. 1). Так, определение степени поражения лёгочной паренхимы позволяет прогнозировать летальные исходы при COVID-19 [4].

Профессиональное выгорание и высокий риск смерти среди медицинских работников требуют автоматизации процесса анализа изображений, что позволит повысить производительность и минимизировать ошибки [5]. Предварительные данные свидетельствуют о том, что алгоритмы искусственного интеллекта обладают достаточной точностью для диагностики COVID-19 (чувствительность 90%, специфичность 96%, AUC (area under the curve, площадь под кривой) 0,96, общая точность 76,37–98,26) [6, 7].

Методика сканирования, реконструкции изображений и сохранения базы данных

КТ органов грудной клетки выполняли на 42 томографах одинаковой модели (Toshiba Aquilion 64; Canon Medical Systems, Япония). Все исследования выполнялись по стандартной методике и по стандартным протоколам, рекомендованным производителем (табл. 2). Одно исследование относится к одному пациенту и включает одну трёхмерную реконструкцию. Критериями включения в исследование являлись факты обращения пациента в городскую поликлинику, на время эпидемии переоборудованную в амбулаторный центр КТ; консультация врача-терапевта с направлением на КТ органов грудной клетки за счёт средств фонда обязательного медицинского страхования.

К критериям невключения из исследования относились беременность и возраст младше 18 лет. Пациент с оксигенацией крови < 93%, выявленной перед КТ, снимался с исследования и направлялся на госпитализацию по службе скорой помощи.

Формирование датасета включало 5 этапов (рис. 1).

Сбор данных и формирование датасета

Сбор данных осуществлялся в период с 1 марта по 25 апреля 2020 г. в медицинских учреждениях городского здравоохранения г. Москвы, ведущих амбулаторный приём: ГБУЗ ГП № 19 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 214 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 52 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 23 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 6 ДЗМ, ГБУЗ ДЦ № 5 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 3 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 209 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 9 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 62 ДЗМ, ГБУЗ КДЦ № 4 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 218 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 175 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 212 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 170 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 191 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 8 ДЗМ, ГБУЗ ГКБ им. М.П. Кончаловского ДЗМ (амбулаторный и стационарный приём), ГБУЗ ГП № 195 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 64 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 134 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 115 ДЗМ, ГБУЗ ДКЦ № 1 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 67 ДЗМ, ГБУЗ КДП № 121 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 36 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 68 ДЗМ, ГБУЗ КДЦ № 2 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 11 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 180 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 45 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 5 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 5 ДЗМ (Филиал № 1), ГБУЗ ГП № 2 ДЗМ, Филиал ГБУЗ МНПЦ борьбы с туберкулёзом ДЗМ по Юго-Восточному административному округу г. Москвы, ГБУЗ ГП № 46 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 166 ДЗМ, Филиал ГБУЗ МНПЦ борьбы с туберкулёзом ДЗМ по Центральному и Западному административным округам г. Москвы, ГБУЗ ГП № 12 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 220 ДЗМ, ГБУЗ ГП № 66 ДЗМ, ГБУЗ ДЦ № 3 ДЗМ.

В данном датасете (1110 исследований) содержатся анонимизированные КТ лёгких человека с признаками COVID-19 (КТ1–КТ4), а также без него (КТ0) (рис. 2). Характеристики выборки: 1110 человек, из них мужчин



Таблица 1. Классификация тяжести поражения лёгочной ткани при COVID-19 и правила маршрутизации

Степень тяжести	Категория по данным КТ	Клинические данные	Решение
КТ0	Нет признаков пневмонии (в том числе и COVID-19)	-	Информирование лечащего врача
Лёгкая (КТ1)	Зоны уплотнения по типу матового стекла с/без консолидации, ретикулярные изменения. Минимальный объём/распространённость. Вовлечение паренхимы лёгкого $\leq 25\%$	$T < 38,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ЧДД $< 20/\text{мин}$ $\text{SpO}_2 > 95\%$	Динамическое наблюдение на дому с применением телемедицинских технологий (обязательный дистанционный контроль состояния здоровья)
Среднетяжёлая (КТ2)	Зоны уплотнения по типу матового стекла с/без консолидации, ретикулярные изменения. Средний объём/распространённость. Вовлечение паренхимы лёгкого $25\text{--}50\%$	$T < 38,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ЧДД $20\text{--}30/\text{мин}$ $\text{SpO}_2 95\%$	Динамическое наблюдение на дому врачом медицинской организации первичного уровня
Тяжёлая (КТ3)	Зоны уплотнения по типу матового стекла. Зоны консолидации, ретикулярные изменения. Значительный объём/распространённость. Вовлечение паренхимы лёгкого $50\text{--}75\%$. Увеличение объёма поражения до 50% за $24\text{--}48$ ч на фоне дыхательных нарушений, если исследования выполняются в динамике	≥ 2 признаков на фоне лихорадки: $T > 38,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ЧДД $\geq 30/\text{мин}$ $\text{SpO}_2 \leq 93\%$ $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2 \leq 300 \text{ мм рт.ст.}$	Немедленная госпитализация в стационар, профилированный для оказания помощи пациентам с COVID-19. В условиях стационара: немедленный перевод в ОРИТ. Экстренная КТ (если не было)
Критическая (КТ4)	Диффузное уплотнение лёгочной ткани по типу матового стекла и консолидации в сочетании с ретикулярными изменениями. Гидроторакс (двусторонний, преобладает слева). Субтотальный объём/распространённость. Вовлечение паренхимы лёгкого $\geq 75\%$	Признаки шока, полиорганной недостаточности, дыхательная недостаточность	Оказание экстренной медицинской помощи. Немедленная госпитализация в стационар, профилированный для оказания помощи пациентам с COVID-19. В условиях стационара: немедленный перевод в ОРИТ. Экстренная КТ (если не было и позволяет состояние)

Примечание. КТ — компьютерная томография, КТ-1 – КТ-4 — степень поражения лёгких по результатам КТ, ЧДД — частота дыхательных движений, ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии, T — температура тела, PaO_2 — артериальное парциальное давление кислорода, FiO_2 — концентрация кислорода, SpO_2 — сатурация крови кислородом.

Таблица 2. Методика сканирования, реконструкции изображений и сохранения базы данных

Группа	Параметр	Значение и комментарий
Оборудование	КТ-сканер	Toshiba Aquilion 64 (Canon Medical Systems, Япония)
	Количество срезов	64
Пациент	Позиция пациента	Расположение груди в центре гентри. Высота стола и центровка отрегулированы таким образом, что средняя ключичная линия находится в изоцентре. Руки над головой. Инструкции по дыханию. Обучение пациентов и инструктаж по дыханию перед сканированием
	Одежда и инородные предметы	Все инородные предметы, которые могут быть удалены, убраны из зоны сканирования, включая украшения и цепочки на шее. Нижнее бельё допустимо



Группа	Параметр	Значение и комментарий
Пациент	Localizer / scout / томограмма*	Проводился на уровне грудной клетки на предмет ограничения сканирования диапазоном лёгких. Проводился для поиска дополнительных инородных предметов на уровне сканирования, которые могут ухудшить качество. Сканирование при задержке дыхания на глубине вдоха
	Диапазон сканирования	Весь объём лёгких, включая 5 см выше и 5 см ниже лёгких
	Фаза дыхания	КТ-сканирование при задержке дыхания на глубине вдоха
	Поле обзора Display Field of View (FOV)	Не менее 1 см от рёбер (от 350 до 500 мм). Молочные железы включались в область сканирования, однако могли быть частично исключены из поля обзора
Медицинский персонал	Рентгенолаборант	Находился в пультовой. С пациентом не контактировал. Очные контакты с укладчиком были минимизированы с целью безопасности
	Укладчик	Укладчик является медицинским сотрудником отдела лучевой диагностики, в виде дополнительного персонала переведён из маммографических рентгенолаборантов в кабинет КТ на время эпидемии согласно приказу Департамента здравоохранения Москвы. Находился в аппаратной (укладка пациента и поднятие со стола) и в коридоре (во время сканирования). С пациентом контактировал. Действовал согласно методическим рекомендациям [8, 9]
Протокол сканирования и реконструкции, просмотра и интерпретации	Наклон гентри	Нет
	Продолжительность сканирования	≤ 10 с (чаще всего 6 с)
	Внутривенное контрастирование	Отсутствовало
	Пероральное контрастирование	Отсутствовало
	Напряжение	120 кВ
	Сила тока	Система автоматической модуляции силы тока Sure exp.3D, встроенная в компьютерный томограф производителем. Система автоматически настраивала силу тока, добиваясь уровня шума 10 HU для срезов толщиной 5,0 мм в диапазоне 80–500 мА. XY модуляция включена
	Скорость ротации рентгеновской трубки	0,5 с
	Объёмный питч	95,0
	Процесс реконструкции	QDS+
	Количество реконструированных КТ-серий	2 (с лёгочным и мягкотканым керналом ³)
	Кернел реконструкции для мягких тканей (отдельная КТ-серия)	FC07 или FC18
	Кернел реконструкции для лёгких (отдельная КТ-серия)	FC51
	Толщина срезов	1,0 мм (одинаковая для обоих кернел)
	Шаг между срезами	0,8 мм (одинаковая для обоих кернел)
Итеративные реконструкции	AIDR 3D встречались всего в 5 томографах, у остальных отсутствовали алгоритмы итеративной реконструкции, поэтому использовалась FBP (обратная прямая проекция)	

³ Кернел — фильтр, используемый при реконструкции данных компьютерной томографии.



Группа	Параметр	Значение и комментарий
Протокол сканирования и реконструкции, просмотра и интерпретации	Для интерпретации КТ использовались	AGFA Enterprise 8.0, Vitrea FX
	Проекция максимальной интенсивности (maximum intensity projections, MIP), проекция минимальной интенсивности (minimum intensity projections, MinIP), мультипланарные реконструкции (multiplanar reconstructions, MPR)	Применялись
	Алгоритмы искусственного интеллекта	Применялись, но не для всех исследований. В случае применения алгоритмы машинного обучения демонстрировали врачу дополнительную серию исследования, на которой были представлены выборочные срезы, на которых наличие предполагаемого поражения COVID-19 было ограничено прямоугольниками красного цвета, привлекая внимание врача. Кроме этого, была представлена суммационная трёхмерная реконструкция лёгких с отмеченными красным цветом областями поражения, которые выявил автоматический алгоритм. Количественной информации для оценки степени поражения лёгких представлено не было
	Время на финализацию протокола	От 10 мин до 3 ч. В редких случаях 24 ч
	Стандартизация протокола	Шаблон протокола был сформирован и регламентирован в методических рекомендациях, а также внедрен в Единый радиологический информационный сервис, в котором происходило формирование протокола врачом-рентгенологом
	Классификация поражения COVID-19	Использовалась классификация по шкале КТ-0 – КТ-4 (см. табл. 1)
	Второе мнение	Для всех КТ-исследований из поликлиник было получено второе мнение от экспертов ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ
База данных	Расчёт дозы лучевой нагрузки	Использовались данные DLP из автоматически создаваемой КТ-серии DoseReport. В РФ, согласно методическим указаниям (МУ 2.6.1.2944-11) «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований», для расчёта эффективной дозы (мЗв) необходимо произведение DLP и 0,017 (коэффициент при КТ грудной клетки)
	Источник данных	Единый радиологический информационный сервис г. Москвы (AGFA Enterprise 8.0)
	Формат первоначального сбора данных	DICOM 3.0
	Плоскость	Аксиальная
	Толщина срезов	1,0 мм
	Шаг между срезами	9,0 мм (так как сохранён каждый 10-й срез)
	Формат сохранённой базы данных	NIFTI
	Программное обеспечение для аннотации в виде бинарных масок с выделением поражения лёгких	MedSeg® (© 2020 Artificial Intelligence AS)

Примечание. * Отсутствует в базе данных, но необходимо для формирования КТ-сканирования. КТ — компьютерная томография, КТ-0–КТ-4 — степень поражения лёгких по результатам КТ.





Рис. 1. Порядок формирования датасета.

Примечание. КТ — компьютерная томография.

42%, женщин 56%, прочих/неизвестных 2%; возраст от 18 до 97 лет, медианный возраст 47 лет.

На первом этапе все исследования ($n = 1110$) были распределены по 5 категориям в соответствии с классификацией (см. табл. 1). Количество случаев по категориям: КТ-0 — 254 (22,8%), КТ-1 — 684 (61,6%), КТ-2 — 125 (11,3%), КТ-3 — 45 (4,1%), КТ-4 — 2 (0,2%). Каждое исследование было сохранено в формате NifTI и заархивировано в Gzip. В ходе этого процесса только каждое 10-е изображение (Instance) сохранялось в итоговом файле исследования.

Небольшая часть исследований ($n = 50$) была размечена специалистами Научно-практического кли-

нического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения Москвы (ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ). Во время разметки для каждого из снимков были выбраны положительные (белые) пиксели на соответствующей бинарной пиксельной маске. Полученные маски были сохранены в формате NifTI, а затем преобразованы в архивы Gzip. Для создания бинарных масок использовалось программное обеспечение (ПО) для аннотирования MedSeg® (© 2020 Artificial Intelligence AS).

В данном ПО проводилась разметка только изменений, характерных для COVID-19, включая изменения по типу матового стекла, консолидации.

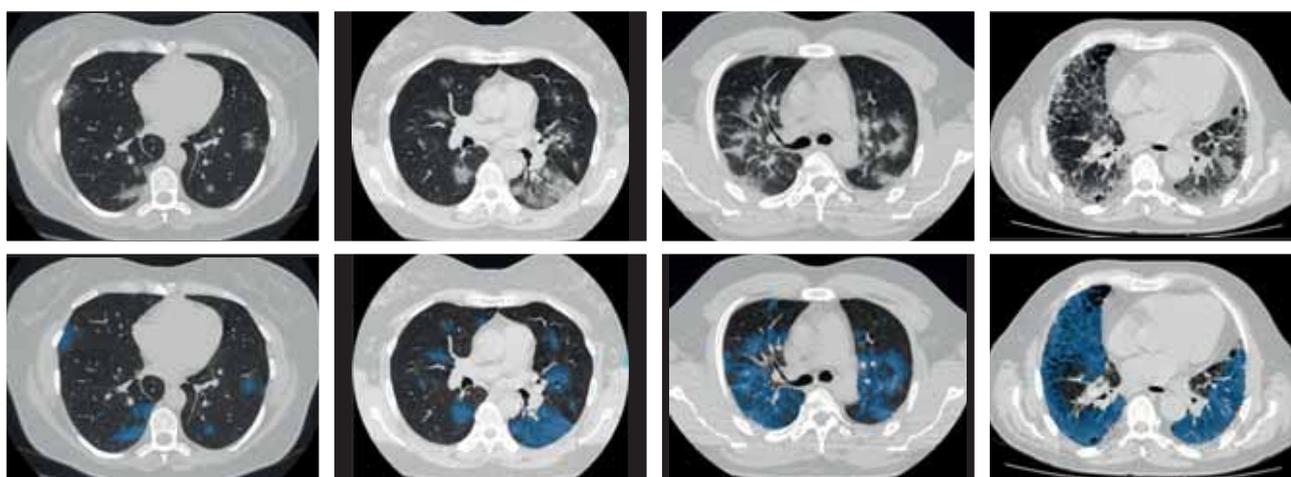


Рис. 2. Примеры разметки компьютерных томограмм органов грудной клетки пациентов с различной степенью тяжести COVID-19.

Примечание. Слева направо верхний ряд: аксиальные срезы компьютерных томограмм (КТ) пациентов с COVID-19 от слабой (КТ-1) до критической (КТ-4) степени тяжести. Слева направо нижний ряд: те же данные КТ после разметки.

```

├── dataset_registry.xlsx
├── LICENSE
├── README_EN.md
├── README_RU.md
├── README_EN.pdf
├── README_RU.pdf
├── masks
│   ├── study_BBBB_mask.nii.gz
│   ├── ...
│   └── study_BBBB_mask.nii.gz
├── studies
│   ├── CT-0
│   │   ├── study_BBBB.nii.gz
│   │   ├── ...
│   │   └── study_BBBB.nii.gz
│   ├── CT-1
│   │   ├── study_BBBB.nii.gz
│   │   ├── ...
│   │   └── study_BBBB.nii.gz
│   ├── CT-2
│   │   ├── study_BBBB.nii.gz
│   │   ├── ...
│   │   └── study_BBBB.nii.gz
│   ├── CT-3
│   │   ├── study_BBBB.nii.gz
│   │   ├── ...
│   │   └── study_BBBB.nii.gz
│   └── CT-4
│       ├── study_BBBB.nii.gz
│       ├── ...
│       └── study_BBBB.nii.gz

```

README.EN.md и README.RU.md содержат общую информацию о наборе данных в формате Markdown на английском и русском языках соответственно; та же информация в формате PDF представлена в README_EN.pdf и README_RU.pdf

dataset_registry.xlsx содержит перечень исследований, включённых в набор данных, путь к соответствующему файлу и путь к маске (при наличии)

В директории studies находятся директории CT-0, CT-1, CT-2, CT-3 и CT-4, в каждой из которых содержатся исследования в формате NIfTI, заархивированные в Gzip. Названия исследований построены по шаблону study_BBBB.nii.gz, где BBBB —уникальный порядковый номер исследования во всём наборе данных (сквозная нумерация)

В директории masks находятся бинарные маски разметки в формате NIfTI, заархивированные в Gzip. Названия масок построены по шаблону study_BBBB_mask.nii.gz, где BBBB — порядковый номер соответствующего исследования

Рис. 3. Структура хранения данных в датасете.

Средняя плотность маски для разметки составляет от -700 HU до -130 HU, однако она могла отличаться в зависимости от глубины вдоха. Исключением разметки служили крупные сосуды и бронхи, визуально неизменная лёгочная паренхима, двигательные артефакты (дыхательные за счёт кашля и дыхательной недостаточности), гравитационные изменения (если их можно было достоверно дифференцировать), кальцинаты, плевральный выпот.

Все исследования, включенные в датасет, имели два совпадающих независимых чтения: врачом-рентгенологом по месту проведения исследования и экспертом ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ. В дополнение к этому, разметка 50 исследований с помощью бинарных масок проводилась независимыми специалистами ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ с использованием внешнего программного обеспечения MedSeg® (© 2020 Artificial Intelligence AS).

Набор данных предназначен для обучения, калибровки и независимой оценки алгоритмов искусственного интеллекта (компьютерного зрения) [10]. В помощь в борьбе с COVID-19 алгоритмы искусственного интеллекта (компьютерного зрения) позволяют:

- 1) обследовать пациентов в амбулаторных учреждениях для их быстрой и последовательной маршрутизации (в т.ч. на основе критериев КТ0–КТ4);
- 2) приоритизировать исследования, содержащие признаки COVID-19, в рабочем списке;
- 3) провести быструю и качественную оценку аномальных изменений путём сравнения нескольких исследований;

- 4) минимизировать риск ошибок и пропущенных аномалий.

В настоящее время существует широкий спектр общедоступных наборов данных COVID-19 [11, 12]. Однако это не должно рассматриваться как препятствие, так как разработка алгоритмов искусственного интеллекта требует больших объёмов качественной клинической информации, репрезентативной для реальных популяций пациентов. Кроме того, алгоритмы искусственного интеллекта должны быть проверены с использованием новых наборов данных, которые не использовались на этапах обучения и калибровки. Чем больше данных имеется в открытых источниках, тем более высококачественные алгоритмы искусственного интеллекта могут создавать разработчики. Имеющиеся наборы данных относительно малы и редко содержат дополнительную информацию, например теги и/или бинарные маски для интересующих регионов (ROI).

Как использовать датасет

Постоянная ссылка: https://mosmed.ai/datasets/covid19_1110. Этот набор данных лицензирован Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported (CC BY-NC-ND 3.0); рис. 3.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикация статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.



Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Участие авторов: С.П. Морозов — концепция исследования, утверждение финальной версии рукописи; А.Е. Андрейченко — дизайн статьи, формирование набора данных; И.А. Блохин — разметка данных, редактирование текста рукописи; П.Б. Гележе — поиск публикаций по теме статьи, разметка данных; А.П. Гончар — разметка данных, экспертная оценка информации; А.Е. Николаев — разметка данных, экспертная оценка информации; Н.А. Павлов — написание

статьи, формирование набора данных; В.Ю. Чернина — разметка данных, написание рукописи; В.А. Гомболевский — разметка данных, написание рукописи, утверждение финальной версии статьи, согласование правок. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

Благодарности. Авторы выражают благодарность всем врачам медицинских организаций Департамента здравоохранения Москвы, борющимся с эпидемией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. Vol. 296, N 2. E32–E40. doi: 10.1148/radiol.2020200642
2. Handbook of COVID-19 Prevention and Treatment. Ed. by T. Liang. Zhejiang University School of Medicine, 2020. 68 p.
3. Huang Z., Zhao S., Li Z., et al. The battle against Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): emergency management and infection control in a Radiology Department. *J Am Coll Radiol*. 2020. Vol. 17, N 6. P. 710–716. doi: 10.1016/j.jacr.2020.03.011
4. Морозов С.П., Гомболевский В.А., Чернина В.Ю. и др. Прогнозирование летальных исходов при COVID-19 по данным компьютерной томографии органов грудной клетки // *Туберкулез и болезни легких*. 2020. Т. 98, № 6. С. 7–14. doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14
5. Morozov S., Guseva E., Ledikhova N., et al. Telemedicine-based system for quality management and peer review in radiology // *Insights Imaging*. 2018. Vol. 9, N 3. P. 337–341. doi: 10.1007/s13244-018-0629-y
6. Li L., Qin L., Xu Z., et al. Using artificial intelligence to detect COVID-19 and community-acquired pneumonia based on pulmonary CT: evaluation of the diagnostic accuracy // *Radiology*. 2020. Vol. 296, N 2. E65–E71. doi: 10.1148/radiol.2020200905
7. Ucar F., Korkmaz D. COVIDiagnosis-Net: Deep Bayes-SqueezeNet based diagnosis of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) from X-ray images // *Med Hypotheses*. 2020. Vol. 140. P. 109761. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109761
8. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 9» (утв. Министерством здравоохранения РФ 26 октября 2020). Режим доступа: <https://base.garant.ru/74810808/>. Дата обращения: 12.10.2020.
9. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В. и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов: методические рекомендации. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 65. Москва, 2020.
10. Morozov S.P., Vladzimirskyy A.V., Klyashtornyy V.G., et al. Clinical acceptance of software based on artificial intelligence technologies (radiology). Series «Best practices in medical imaging». Moscow, 2019. Issue 57.
11. Cohen J.P., Morrison P., Dao L. COVID-19 Image Data Collection [Internet]. 2020 [дата обращения: 25.03.2020]. Доступ по ссылке: <https://arxiv.org/abs/2003.11597>
12. Jun M., Cheng G., Yixin W., et al. COVID-19 CT lung and infection segmentation dataset. Version 1.0. 2020. doi: 10.5281/zenodo.3757476

REFERENCES

1. 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;296(2):E32–E40. doi: 10.1148/radiol.2020200642
2. Handbook of COVID-19 Prevention and Treatment. Ed. by T. Liang. Zhejiang University School of Medicine; 2020. 68 p.
3. Huang Z., Zhao S., Li Z., et al. The battle against Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): emergency management and infection control in a Radiology Department. *J Am Coll Radiol*. 2020;17(6):710–716. doi: 10.1016/j.jacr.2020.03.011
4. Morozov SP, Gombolevskiy VA, Chernina VY, et al. Prediction of lethal outcomes in COVID-19 cases based on the results chest computed tomography. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2020;98(6):7–14. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-6-7-14
5. Morozov S., Guseva E., Ledikhova N., et al. Telemedicine-based system for quality management and peer review in radiology. *Insights Imaging*. 2018;9(3):337–341. doi: 10.1007/s13244-018-0629-y
6. Li L., Qin L., Xu Z., et al. Using artificial intelligence to detect COVID-19 and community-acquired pneumonia based on pulmonary CT: evaluation of the diagnostic accuracy. *Radiology*. 2020;296(2):E65–E71. doi: 10.1148/radiol.2020200905
7. Ucar F., Korkmaz D. COVIDiagnosis-Net: Deep Bayes-SqueezeNet based diagnosis of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) from X-ray images. *Med Hypotheses*. 2020;140:109761. doi: 10.1016/j.mehy.2020.109761
8. Vremennye metodicheskie rekomendatsii "Profilaktika, diagnostika i lechenie novoi koronavirusnoi infektsii (COVID-19). Ver-



siya 9" (utv. Ministerstvom zdravookhraneniya RF 26 oktyabrya 2020). Available from: <https://base.garant.ru/74810808/>

9. Morozov SP, Protsenko DN, Smetanina SV, editors. Radiation diagnostics of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results: guidelines. Series "Best practices of radiation and instrumental diagnostics". Issue 65. Moscow; 2020.

10. Morozov SP, Vladzmyrskyy AV, Klyashtornyy VG, et al. Clinical acceptance of software based on artificial intelligence tech-

nologies (radiology). Series "Best practices in medical imaging". Moscow; 2019. Issue 57.

11. Cohen JP, Morrison P, Dao L. COVID-19 Image Data Collection [Internet]. 2020 [cited 2020 Mar 25]. Available from: <https://arxiv.org/abs/2003.11597>

12. Jun M, Cheng G, Yixin W, et al. COVID-19 CT lung and infection segmentation dataset. Version 1.0. 2020. doi: 10.5281/zenodo.3757476

ОБ АВТОРАХ

***Гомболевский Виктор Александрович**, к.м.н.;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24/1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g_victor@mail.ru

Морозов Сергей Павлович, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: morozov@npcmr.ru

Андрейченко Анна Евгеньевна, к.ф.-м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6359-0763>;
eLibrary SPIN: 6625-4186; e-mail: a.andreychenko@npcmr.ru

Блохин Иван Андреевич;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

Гележе Павел Борисович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1072-2202>;
eLibrary SPIN: 4841-3234; e-mail: gelezhe.pavel@gmail.com

Гончар Анна Павловна;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-6540>;
eLibrary SPIN: 3513-9531; e-mail: a.gonchar@npcmr.ru

Николаев Александр Евгеньевич;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5151-4579>;
eLibrary SPIN: 1320-1651; e-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Павлов Николай Александрович;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4309-1868>;
eLibrary SPIN: 9960-4160; e-mail: n.pavlov@npcmr.ru

Чернина Валерия Юрьевна;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0302-293X>;
eLibrary SPIN: 8896-8051; e-mail: v.chernina@npcmr.ru

AUTHORS INFO

***Victor A. Gombolevskiy**, MD, PhD, MPH;
address: Petrovka 24/1, Moscow, Russia, 127051;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>;
eLibrary SPIN: 6810-3279; e-mail: g_victor@mail.ru

Sergey P. Morozov, MD, PhD, Professor;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: morozov@npcmr.ru

Anna E. Andreychenko, MD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6359-0763>;
eLibrary SPIN: 6625-4186; e-mail: a.andreychenko@npcmr.ru

Ivan A. Blokhin, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;
eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

Pavel B. Gelezhe, MD, PhD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1072-2202>;
eLibrary SPIN: 4841-3234; e-mail: gelezhe.pavel@gmail.com

Anna P. Gonchar, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-6540>;
eLibrary SPIN: 3513-9531 e-mail: a.gonchar@npcmr.ru

Alexander E. Nikolaev, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5151-4579>;
eLibrary SPIN: 1320-1651; e-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru

Nikolay A. Pavlov, MD, MPA;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4309-1868>;
eLibrary SPIN: 9960-4160; e-mail: n.pavlov@npcmr.ru

Valeria Yu. Chernina, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0302-293X>;
eLibrary SPIN: 8896-8051; e-mail: v.chernina@npcmr.ru



МРТ лёгких беременной пациентки с пневмонией COVID-19

© Ю.А. Васильев^{1, 2}, А.В. Бажин³, А.Г. Масри³,
Ю.Н. Васильева^{3, 4}, О.Ю. Панина^{1*}, В.Е. Сеницын¹

¹ ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

² ГБУЗ города Москвы «Городская клиническая онкологическая больница №1 Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

³ ГБУЗ города Москвы «Городская поликлиника № 3 Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

В работе представлен клинический случай 39-летней беременной женщины с респираторными признаками новой коронавирусной инфекции COVID-19. Результаты исследования органов грудной клетки методом магнитно-резонансной томографии (МРТ) показали билатеральное поражение в базальных отделах. Тест на коронавирус методом полимеразной цепной реакции был положительным. Оценка состояния лёгких проведена без потери значимой диагностической информации. Кроме того, отсутствие воздействия ионизирующего излучения позволило избежать высокой дозовой нагрузки на пациентку и плод. Данный случай раскрывает перспективные возможности МРТ в диагностике лёгочной патологии без воздействия ионизирующего излучения, особенно в группах риска (дети, беременные и др.).

Ключевые слова: COVID-19; беременность; магнитно-резонансная томография; пневмония.

Как цитировать

Васильев Ю.А., Бажин А.В., Масри А.Г., Васильева Ю.Н., Панина О.Ю., Сеницын В.Е. МРТ лёгких беременной пациентки с пневмонией COVID-19 // *Digital Diagnostics*. 2020;1(1)61–68. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46800>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46800>



Chest MRI of a pregnant woman with COVID-19 pneumonia

Yuriy A. Vasilev^{1,2}, Alexander V. Bazhin³, Amir G. Masri³,
Yulia N. Vasileva^{3,4}, Olga Yu. Panina¹, Valentin E. Sinitsyn¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² City Clinical Oncological Hospital No. 1 of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

³ City Polyclinic No. 3 of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

⁴ Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

This paper presents a clinical case of a 39-year-old pregnant woman with respiratory signs of the novel coronavirus Covid-19 infection. Chest MRI showed bilateral lesions in basal segments. The PCR test was positive. A lung condition was assessed without loss of significant diagnostic information. Besides that, the absence of exposure to ionizing radiation allowed to avoid a high loading dose on the patient and the fetus. This case reveals potential opportunities of MRI in the diagnosis of pulmonary pathology without exposure to ionizing radiation, especially in patient risk groups (children, pregnant women, etc.).

Keywords: COVID-19; pregnancy; magnetic resonance imaging; pneumonia.

To cite this article

Vasilev YuA, Sergunova KA, Bazhin AV, Masri AG, Vasileva YuN, Panina OYu, Sinitsyn VE. Chest MRI of a pregnant woman with COVID-19 pneumonia. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):61–68. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46800>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46800>

Received: 12.10.2020

Accepted: 21.12.2020

Published: 30.12.2020



COVID-19

感染孕妇的肺部核磁共振成像

Yuriy A. Vasilev^{1,2}, Alexander V. Bazhin³, Amir G. Masri³,
Yulia N. Vasileva^{3,4}, Olga Yu. Panina¹, Valentin E. Sinitsyn¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² City Clinical Oncological Hospital No. 1 of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

³ City Polyclinic No. 3 of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

⁴ Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

本文报告介绍一例39岁孕妇临床表现为COVID-19呼吸体征的病例。胸部器官MRI显示双侧基底节病变。PCR检测结果阳性。在不丢失重要诊断信息的情况下对肺部状况进行评估。此外，非电离辐射使患者和胎儿避免大剂量辐射成为可能。本病例显示MRI在非电离辐射的情况下诊断肺病理，特别是在危险群体（儿童、孕妇等）。

关键词： COVID-19；妊娠；磁共振成像；肺炎

引用本文：

Vasilev YuA, Sergunova KA, Bazhin AV, Masri AG, Vasileva YuN, Panina OYu, Sinitsyn VE. COVID-19感染孕妇的肺部核磁共振成像. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):61–68. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46800>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD46800>

收到:12.10.2020

接受:21.12.2020

发布时间:30.12.2020



ОБОСНОВАНИЕ

Лучевая диагностика поражений лёгких стала частью комплексного подхода в тактике введения пациентов с подозрением на пневмонию, вызванную новой коронавирусной инфекцией (COVID-19). Поскольку методом выбора является компьютерная томография (КТ), то существенное затруднение вызывает вопрос визуализации лёгких у беременных. Стоит отметить, что при выполнении КТ органов грудной клетки средняя индивидуальная доза составляет 5,6 мЗв [1]. Таким образом, поиск альтернативных неионизирующих методов привёл к опыту выполнения визуализации лёгких с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ).

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Женщина, 39 лет, срок гестации 26 нед. Течение беременности удовлетворительное. Беременность четвёртая, аборт 0, выкидышей 0. Предыдущие беременности протекали без осложнений с рождением здоровых детей.

Семейный анамнез без особенностей.

Эпидемиологический анамнез: муж и мать пациентки на момент её обращения в клинику отмечали проявления вирусной пневмонии. В июле 2020 г. пациентка обратилась к врачу с жалобами на боли в грудной клетке, фебрильную температуру до 38,5°C, головную боль и повышенную утомляемость. Данные физикального осмотра: при аускультации выслушивается преимущественно ослабленное везикулярное дыхание, хрипы и шумы отсутствуют. Данные пульсоксиметрии: сатурация 95%. На момент обращения результаты лабораторных тестов отсутствовали. Положительный результат полимеразной цепной реакции (ПЦР SARS-CoV-2) был получен после проведения МРТ.

В связи с эпидемиологическими и клиническими проявлениями, подозрительными на инфекцию COVID-19, для уточнения этиологии заболевания потребовалась визуализация органов грудной клетки. Во избежание неблагоприятных последствий вследствие высокой дозовой нагрузки на беременную и её плод была выполнена МРТ органов грудной клетки. Подчеркнём, что постоянно на протяжении всего времени пребывания в отделении лучевой диагностики для обеспечения безопасности в качестве средства индивидуальной защиты сотрудниками отделения и пациенткой использовались индивидуальные маски (хирургические, без ферромагнитных элементов).

Сокращение времени сканирования с целью быстрого и комфортного проведения исследования беременной пациентки, в том числе без потери качества, было главной задачей при формировании МР-протокола. Прежде всего, T2-взвешенные изображения (T2WI) были получены в трёх плоскостях с использованием однократного быстрого спинного эха (SSFSE) с другими параметрами: TR 1300 мс, TE 80 мс, угол наклона 90°, FOV 450–450 мм, матрица 512×512, толщина среза 6 мм, расстояние между срезами 6 мм, число усреднений 0,6, метод заполнения k-пространства — декартова система координат. T1WI были выполнены LAVA 3D и IDEAL 3D. Для LAVA 3D параметры сканирования составляли TR 4 мс, TE 2,2 мс и 1,1 мс, угол наклона 10°, FOV 400–400 мм, матрица 512×512, толщина среза 3 мм, расстояние между срезами 1,5 мм, число усреднений 0,7 с фракциями WATER и FAT (in phase/out phase). Для IDEAL 3D параметры сканирования составляли TR 5,8 мс, TE 2,5 мс, угол наклона 3°, FOV 440–440 мм, матрица 256×256, толщина среза 10 мм, расстояние между срезами 10 мм, число усреднений 0,7 с WATER и FAT (in phase/out phase). Диффузионно-взвешенные изображения (DWI) выполнялись с помощью последовательности импульсов EPI TR 10 000 мс, TE 62,3 мс, угол наклона 89°, FOV 400–400 мм, матрица 128–140, толщина среза 5 мм, расстояние между срезами 5 мм, число усреднений 1. Значения b-фактора составили 50 и 800 с/мм². Число усреднений для серий SSFSE, LAVA-Flex и EPI было выбрано не более 1, чтобы уменьшить артефакты магнитной восприимчивости. Исследование было выполнено без применения физического дыхательного триггера, только с использованием автоматической синхронизации по движению купола диафрагмы для оптимизации времени сбора данных.

Позиционирование пациента лёжа на спине с установкой брюшной и спинальной радиочастотных (РЧ) катушек. Центр брюшной катушки располагался на середине грудины. РЧ-катушка фиксировалась для минимизации динамических артефактов от дыхательных движений пациента. Централизация луча лазера проходила по срединной линии грудины. МРТ лёгких была проведена с интервалом 7 дней, поскольку на фоне лечения состояние не улучшалось, респираторные симптомы в виде сухого непродуктивного кашля нарастали. МРТ, выполненная через неделю, выявила очаги инфильтрации (рис. 1, 2) в нижних долях лёгких.

ОБСУЖДЕНИЕ

Постановка диагноза «коронавирусная инфекция SARS-CoV-2» основывается на эпидемиологическом



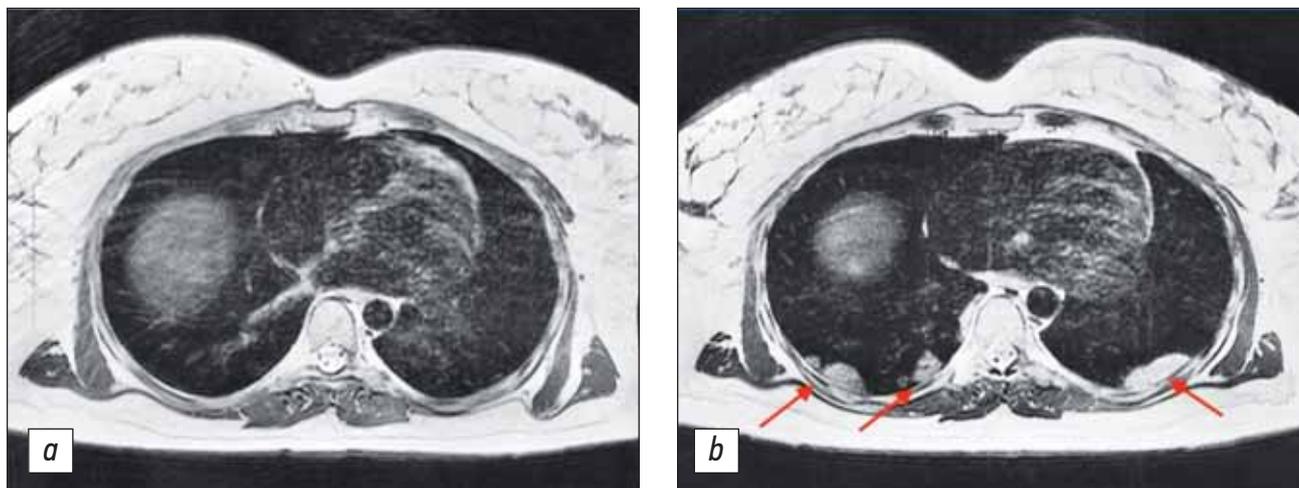


Рис. 1. Магнитно-резонансная томография органов грудной клетки, T2-ВИ SSFSE, аксиальная плоскость: *a* — первичное исследование, *b* — через 7 дней (стрелками отмечены зоны консолидации в S 9, 10 в виде участков гиперинтенсивного и изоинтенсивного сигнала с обеих сторон).

анамнезе, клинических проявлениях, результатах лабораторных анализов, КТ органов грудной клетки и положительном результате ПЦР на SARS-CoV-2. Все эти методы одновременно полезны и ограничены, так как ПЦР имеет ложноотрицательный показатель не менее 30%. Следовательно, диагностический процесс должен быть комплексным [2]. Использование компьютерной томографии лёгких для скрининга на COVID-19 оправдано у пациентов с клиническими и эпидемиологическими подозрениями, особенно при отрицательных результатах тестов ПЦР SARS-CoV-2 [3]. Текущая пандемия подчеркнула важность КТ в диагностике и динамическом контроле пневмонии COVID-19, так как метод обладает более высокой чувствительностью по сравнению с рентгенографией. Кроме того, выполнение КТ грудной клетки, в том

числе беременным, способствует раннему выявлению, оценке тяжести и обеспечению мониторинга терапевтических эффектов с подтверждением SARS-CoV-2 или без него [4, 5]. Выполнение КТ ассоциировано с высокой лучевой нагрузкой на пациента. Если требуется динамическое наблюдение, то, соответственно, нагрузка возрастает [1]. Согласно новым методическим рекомендациям, методом диагностики новой коронавирусной инфекции является КТ, в то время как МРТ лёгких для выявления COVID-19-обусловленной пневмонии используют в исключительных случаях (поломка единственного прибора, неопределённые результаты рентгенографии и др.), а также при наличии врачей с опытом выполнения и интерпретации подобных исследований [6]. В настоящий момент имеются немногочисленные данные о проведении МРТ органов

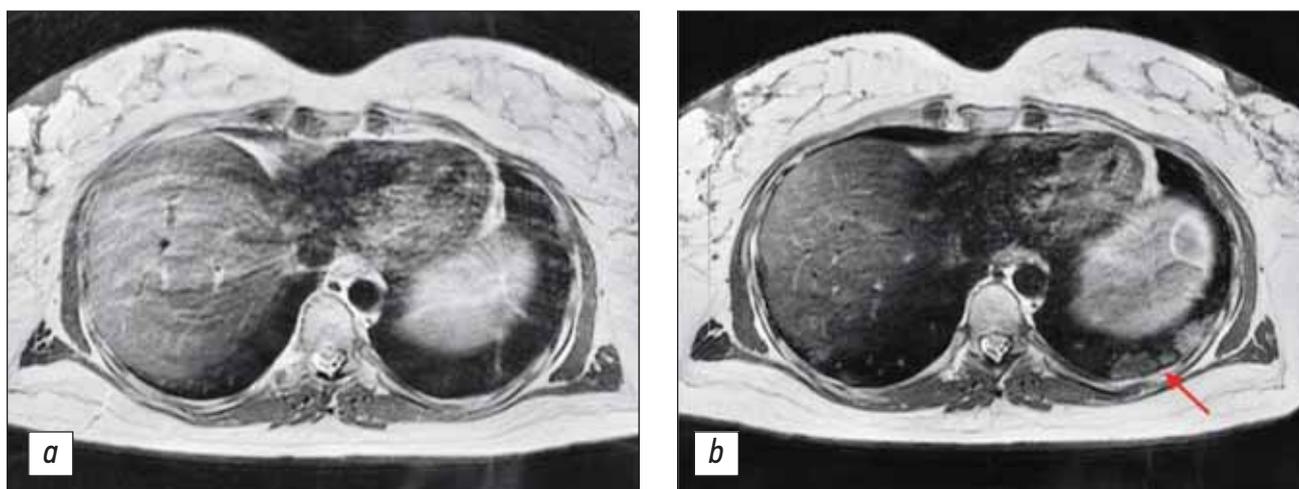


Рис. 2. Магнитно-резонансная томография органов грудной клетки, T2-ВИ SSFSE, аксиальная плоскость: *a* — первичное исследование, *b* — через 7 дней (стрелкой отмечена зона консолидации в S 9, 10 левого лёгкого в виде участков гиперинтенсивного сигнала).



грудной клетки с целью диагностики коронавирусной пневмонии [7–9].

В данной статье представлен уникальный случай выполнения МРТ лёгких беременной пациентке с COVID-19-пневмонией. Более того, в кейсе демонстрируется развитие заболевания в динамике по данным МРТ. Стоит подчеркнуть, что это не первый случай визуализации органов грудной клетки посредством МРТ у беременных [10–15]. М. Kapdagli и соавт. докладывают об обнаружении хондросаркомы правого лёгкого у 23-летней беременной женщины по данным МРТ. Размеры объёмного образования составляли 18×16×17 мм и происходили из рёбер [14]. М. Said и соавт. также описывают редкий случай МРТ-диагностики первичной липосаркомы лёгкого у 28-летней беременной пациентки, жалующейся на одышку [15]. В то же время литературных данных о методах визуализации, используемых у беременных с COVID-19-пневмонией, на момент написания работы не обнаружено.

В рамках данного клинического случая ограничением выступало отсутствие возможности сопоставить данные МРТ с КТ.

В настоящее время новые импульсные последовательности, программное обеспечение и современное техническое оснащение позволяют оценить состояние лёгких при помощи МРТ [16]. Визуализация лёгких технически сложна из-за низкой плотности протонов водорода в паренхиме лёгких, а также быстрого распада имеющихся сигналов. Однако патологические изменения, приводящие к увеличению тканей (плюс-ткань), такие как узловые образования, инфильтраты, слизь или плевральный выпот, легко обнаруживаются с высокой диагностической точностью [17]. МРТ, уступая КТ лёгких в обнаружении тонких морфологических структур, благодаря постоянному совершенствованию программного обеспечения томографов предлагает в настоящее время всё больший спектр функциональ-

ной визуализации. Не подвергая пациентов риску ионизирующего излучения, повторные обследования позволяют оценить течение заболевания и контролировать терапевтический ответ с помощью количественной оценки, обеспечивая уровень функциональной детализации, который невозможно получить с помощью какого-либо другого метода визуализации [18, 19].

Приведённые в статье данные могут быть также полезны при выполнении МРТ других зон, в частности сердца, молочных желёз, грудного отдела позвоночника, брюшной полости. Например, при МРТ брюшной полости выявляются «находки» в нижних отделах грудной клетки [12]. Выявленные изменения могут быть упущены из виду или неверно интерпретированы вследствие их расположения за пределами основного фокуса исследования, а также незнания семиотических признаков коронавирусной пневмонии на МРТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

МРТ может применяться для диагностики изменений лёгких у беременных с подозрением на пневмонию COVID-19. Обладая определёнными преимуществами, МРТ лёгких может рассматриваться методом выбора в тех случаях, когда требуется динамический контроль. МРТ органов грудной клетки ввиду постоянного совершенствования программного обеспечения томографов является перспективным направлением развития лучевой диагностики лёгочной патологии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Исследование и публикации статьи осуществлены на личные средства авторского коллектива.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов С.П., Солдатов И.В., Лантух З.А., и др. Характеристика дозовой нагрузки на пациентов в медицинских организациях г. Москвы [Интернет]. Режим доступа: https://tele-med.ai/documents/482/harakteristika_dozovoj_nagruzki_na_pacientov_v_meditsinskih_organizacijah_g_moskvy_1.pdf. Дата обращения: 12.10.2020.
2. Rajewska A., Mikołajek-bedner W., Lebdowicz-knul J., et al. COVID-19 and pregnancy – where are we now? A review // *J Perinat Med*. 2020. Vol. 48, N 5. P. 428–434. doi: 10.1515/jpm-2020-0132
3. Fang Y., Zhang H., Xie J., et al. Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR // *Radiology*. 2020. Vol. 296, N 2. E115–E117. doi: 10.1148/radiol.2020200432.
4. Liu H., Liu F., Li J., et al. Clinical and CT imaging features of the COVID-19 pneumonia: Focus on pregnant women and children // *J Infect*. 2020. Vol. 80, N 5. e7–e13. doi: 10.1016/j.jinf.2020.03.007
5. Gong X.M., Song L., Li H., et al. CT characteristics and diagnostic value of COVID-19 in pregnancy // *PLoS One*. 2020. Vol. 15, N 7. e0235134. doi: 10.1371/journal.pone.0235134



6. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 8 (утв. Министерством здравоохранения РФ 3 сентября 2020). Режим доступа: <https://base.garant.ru/74596434/>. Дата обращения: 12.10.2020.
7. Torkian P, Rajebi H, Zamani T, et al. Magnetic resonance imaging features of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia: The first preliminary case series // *Clin Imaging*. 2021. Vol. 69. P. 261–265. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.09.002
8. Ates O.F., Taydas O., Dheir H. Thorax magnetic resonance imaging findings in patients with Coronavirus Disease (COVID-19) // *Acad Radiol*. 2020. Vol. 27, N 10. P. 1373–1378. doi: 10.1016/j.acra.2020.08.009
9. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): магнитно-резонансная томография. Препринт. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» [Интернет]. Режим доступа: <https://tele-med.ai/biblioteka-dokumentov/luhevaya-diagnostika-covid-19-mri>. Дата обращения: 12.10.2020.
10. Schloß M., Heckrodt J., Schneider C., et al. Magnetic resonance imaging of the lung as an alternative for a pregnant woman with pulmonary tuberculosis // *J Radiol Case Rep*. 2015. Vol. 9, N 5. P. 7–13. doi: 10.3941/jrcr.v9i5.2256
11. Holzmann K., Kropfmüller R., Schinko H., et al. Lung cancer in pregnancy // *Wien Klin Wochenschr*. 2015. Vol. 127, N 15-16. P. 639–644. doi: 10.1007/s00508-015-0726-6
12. Bin Saeedan M., Alabdulkarim F.M., Aloufi F.F., et al. Check the chest: review of chest findings on abdominal MRI // *Clin Imaging*. 2020. Vol. 59, N 1. P. 68–77. doi: 10.1016/j.clinimag.2019.10.005
13. Oto A., Ernst R., Jesse M.K., et al. Magnetic resonance imaging of the chest, abdomen, and pelvis in the evaluation of pregnant patients with neoplasms // *Am J Perinatol*. 2007. Vol. 24, N 4. P. 243–250. doi: 10.1055/s-2007-973444
14. Kapdagli M., Erus S., Tanju S., Dilege S. Extensive chest wall resection, reconstruction and right pneumonectomy in a 24-week pregnant patient // *Lung Cancer*. 2018. N 122. P. 7–9. doi: 10.1016/j.lungcan.2018.05.005
15. Said M., Migaw H., Hafsa C., et al. Imaging features of primary pulmonary liposarcoma // *Australas Radiol*. 2003. Vol. 47, N 3. P. 313–317. doi: 10.1046/j.1440-1673.2003.01198.x
16. Ali M., Monti C.B., Secchi F., et al. Fast thoracic MRI as an alternative to chest x-ray: A retrospective evaluation of 287 patients // *Clin Imaging*. 2020. Vol. 60, N 2. P. 244–248. doi: 10.1016/j.clinimag.2019.12.016
17. Romei C., Turturici L., Tavanti L., et al. The use of chest magnetic resonance imaging in interstitial lung disease: A systematic review // *Eur Respir Rev*. 2018. Vol. 27, N 150. P. 180062. doi: 10.1183/16000617.0062-2018
18. Wielpütz M., Kauczor H.U. MRI of the lung: State of the art // *Diagnostic Interv Radiol*. 2012. Vol. 18, N 4. P. 344–353. doi: 10.4261/1305-3825.DIR.5365-11.0
19. Zeng J., Liu Z., Shen G., et al. MRI evaluation of pulmonary lesions and lung tissue changes induced by tuberculosis // *Int J Infect Dis*. 2019. Vol. 82. P. 138–146. doi: 10.1016/j.ijid.2019.03.004

REFERENCES

1. Morozov SP, Soldatov IV, Lantuh ZA, et al. Characteristic of radiation exposure of patients in medical centers of Moscow [Internet]. (In Russ). Available from: https://tele-med.ai/documents/482/harakteristika_dozovoj_nagruzki_na_pacientov_v_medicinskih_organizacijah_g_moskvy_1.pdf
2. Rajewska A, Mikołajek-bedner W, Lebdowicz-knul J, et al. COVID-19 and pregnancy – where are we now? A review. *J Perinat Med*. 2020;48(5):428–434. doi: 10.1515/jpm-2020-0132
3. Fang Y, Zhang H, Xie J, et al. Sensitivity of Chest CT for COVID-19: Comparison to RT-PCR. *Radiology*. 2020;296(2):E115–E117. doi: 10.1148/radiol.2020200432
4. Liu H, Liu F, Li J, et al. Clinical and CT imaging features of the COVID-19 pneumonia: Focus on pregnant women and children. *J Infect*. 2020;80(5):e7–e13. doi: 10.1016/j.jinf.2020.03.007
5. Gong XM, Song L, Li H, et al. CT characteristics and diagnostic value of COVID-19 in pregnancy. *PLoS One*. 2020;15(7):e0235134. doi: 10.1371/journal.pone.0235134
6. Vremennye metodicheskie rekomendatsii. Profilaktika, diagnostika i lechenie novoi koronavirusnoi infektsii (COVID-19). Versiya 8 (utv. Ministerstvom zdravookhraneniya RF 3 sentyabrya 2020). (In Russ). Available from: <https://base.garant.ru/74596434/>
7. Torkian P, Rajebi H, Zamani T, et al. Magnetic resonance imaging features of coronavirus disease 2019 (COVID-19) pneumonia: The first preliminary case series. *Clin Imaging*. 2021;69:261–265. doi: 10.1016/j.clinimag.2020.09.002
8. Ates OF, Taydas O, Dheir H. Thorax magnetic resonance imaging findings in patients with Coronavirus Disease (COVID-19). *Acad Radiol*. 2020;27(10):1373–1378. doi: 10.1016/j.acra.2020.08.009
9. Luhevaya diagnostika koronavirusnoi bolezni (COVID-19): magnitno-rezonansnaya tomografiya. Preprint. Seriya “Luchshie praktiki luchevoi i instrumental’noi diagnostiki”: Gosudarstvennoe byudzhethnoe uchrezhdenie zdravookhraneniya goroda Moskvy “Nauchno-prakticheskii klinicheskii tsentr diagnostiki i teleditsinskikh tekhnologii Departamenta zdravookhraneniya goroda Moskvy” [Internet]. (In Russ). Available from: <https://tele-med.ai/biblioteka-dokumentov/luhevaya-diagnostika-covid-19-mri>
10. Schloß M, Heckrodt J, Schneider C, et al. Magnetic resonance imaging of the lung as an alternative for a pregnant woman with pulmonary tuberculosis. *J Radiol Case Rep*. 2015;9(5):7–13. doi: 10.3941/jrcr.v9i5.2256
11. Holzmann K, Kropfmüller R, Schinko H, et al. Lung cancer in pregnancy. *Wien Klin Wochenschr*. 2015;127(15-16):639–644. doi: 10.1007/s00508-015-0726-6
12. Bin Saeedan M, Alabdulkarim FM, Aloufi FF, et al. Check the chest: review of chest findings on abdominal MRI. *Clin Imaging*. 2020;59(1):68–77. doi: 10.1016/j.clinimag.2019.10.005



13. Oto A, Ernst R, Jesse MK, et al. Magnetic resonance imaging of the chest, abdomen, and pelvis in the evaluation of pregnant patients with neoplasms. *Am J Perinatol.* 2007;24(4):243–250. doi: 10.1055/s-2007-973444
14. Kapdagli M, Erus S, Tanju S, Dilege S. Extensive chest wall resection, reconstruction and right pneumonectomy in a 24-week pregnant patient. *Lung Cancer.* 2018;(122):7–9. doi: 10.1016/j.lungcan.2018.05.005
15. Said M, Migaw H, Hafsa C, et al. Imaging features of primary pulmonary liposarcoma. *Australas Radiol.* 2003;47(3):313–317. doi: 10.1046/j.1440-1673.2003.01198.x
16. Alì M, Monti CB, Secchi F, et al. Fast thoracic MRI as an alternative to chest x-ray: A retrospective evaluation

- of 287 patients. *Clin Imaging.* 2020;60(2):244–248. doi: 10.1016/j.clinimag.2019.12.016
17. Romei C, Turturici L, Tavanti L, et al. The use of chest magnetic resonance imaging in interstitial lung disease: A systematic review. *Eur Respir Rev.* 2018;27(150):180062. doi: 10.1183/16000617.0062-2018
18. Wielpütz M, Kauczor HU. MRI of the lung: State of the art. *Diagnostic Interv Radiol.* 2012;18(4):344–353. doi: 10.4261/1305-3825.DIR.5365-11.0
19. Zeng J, Liu Z, Shen G, et al. MRI evaluation of pulmonary lesions and lung tissue changes induced by tuberculosis. *Int J Infect Dis.* 2019;82:138–146. doi: 10.1016/j.ijid.2019.03.004

ОБ АВТОРАХ

***Панина Ольга Юрьевна**, мл. научный сотрудник;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24;
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8684-775X>;
eLibrary SPIN: 5504-8136; e-mail: olgayurpanina@gmail.com

Васильев Юрий Александрович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0208-5218>;
eLibrary SPIN: 4458-5608; e-mail: dr.vasilev@me.com

Бажин Александр Владимирович, к.м.н.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3198-1334>;
eLibrary SPIN: 6122-5786; e-mail: avbazhin@yandex.ru

Масри Амиз Гази;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6294-1285>;
eLibrary SPIN: 5357-1487; e-mail: amir.masri6@gmail.com

Васильева Юлия Николаевна, к.м.н.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4955-2749>;
eLibrary SPIN: 9777-2067; e-mail: drugya@yandex.ru

Валентин Евгеньевич Синицын, д-р мед. наук, профессор,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>;
e-mail: v.sinitsyn@npcmr.ru

AUTHORS INFO

Olga Yu. Panina, Junior Scientist Researcher;
address: 24, ul. Petrovka, Moscow, 127051, Russia;
ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-8684-775X>;
eLibrary SPIN: 5504-8136; e-mail: olgayurpanina@gmail.com

Yuriy A. Vasilev, Ph.D.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0208-5218>;
eLibrary SPIN: 4458-5608; e-mail: dr.vasilev@me.com

Alexander V. Bazhin, Ph.D.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3198-1334>;
eLibrary SPIN: 6122-5786; e-mail: avbazhin@yandex.ru

Amir Gazi Masri;
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6294-1285>; eLibrary SPIN:
5357-1487; e-mail: amir.masri6@gmail.com

Yulia N. Vasileva, Ph.D.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4955-2749>;
eLibrary SPIN: 9777-2067; e-mail: drugya@yandex.ru

Valentin E. Sinitsyn, Professor of Radiology Chair
(Faculty of Fundamental Medicine),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>;
e-mail: v.sinitsyn@npcmr.ru



Профессор Анатолий Ильич Шехтер (18 января 1935 – 26 ноября 2020)

26 ноября 2020 г. нас постигла печальная весть — на 85-м году жизни после болезни скончался один из самых известных и уважаемых советских и российских рентгенологов профессор Анатолий Ильич Шехтер.

Десятки лет Анатолий Ильич нёс знания, свет и добро множеству поколений студентов и врачей. Его имя широко известно в нашей стране и за рубежом. Вся его жизнь с самого рождения была связана с медициной.



Professor Anatoly I. Shekhter (January 18, 1935 - November 26, 2020)

On November 26, 2020, sad news befell us: at the age of 85, one of the most famous and respected Soviet and Russian radiologists, Professor Anatoly I. Shekhter, died after an illness.

For decades, Anatoly Ilyich carried knowledge, light and goodness to many generations of students and doctors. His name is widely known in our country and abroad. His whole life from birth was associated with medicine.

Anatoly Ilyich Shechter 教授 (1935年1月18日—2020年11月26日)

在2020年11月26日，我们收到了一个悲伤的消息，苏联和俄罗斯最著名和最受尊敬的放射学家之一Anatoly Ilyich Shechter教授因病去世，享年85岁。

几十年来，Anatoly Ilyich为许多代学生和医生带来了知识以光明和善。他的名字在俄罗斯和国外都非常有名。他出生起就与医学有关。

Анатолий Ильич родился в г. Днепропетровске, на Украине, за 6 лет до войны, в семье врачей. Его отец, Шехтер Илья Александрович (1907–1975), после войны стал известным советским рентгенологом, доктором медицинских наук, профессором, заслуженным деятелем науки и техники. Он участвовал в войне, работал начальником эвакуационного госпиталя в Алма-Ате (Казахстан). В 1943 г. семья Шехтеров переехала в Москву. С 1954 по 1975 г. профессор И.А. Шехтер был заведующим основанной им же кафедры рентгенологии и радиологии ММСИ имени Н.А. Семашко. Продолжая семейную традицию, младший брат Анатолия

Ильича — Юрий Ильич Шехтер — также стал известным российским рентгенологом.

Отец оказал влияние на выбор жизненного пути и своего старшего сына — в 1958 г. Анатолий Ильич окончил Второй Московский государственный медицинский институт (в настоящее время РНИМУ им. Н.И. Пирогова). Медицинская биография выпускника, как и многих молодых специалистов того времени, началась с работы врача-терапевта на целине, в Казахстане.

По возвращении в Москву в 1964 г. Анатолий Ильич поступил на кафедру лучевой диагностики и терапии (рентгенологии и радиологии) Первого Москов-



ского государственного медицинского института им. И.М. Сеченова (в настоящее время Сеченовский Университет), где работал до своего последнего дня. Большая часть его жизни была неразрывно связана с университетом и любимой кафедрой.

Лучевая диагностика болезней органов дыхания на многие годы стала одним из главных направлений научной и преподавательской деятельности Анатолия Ильича. В 1964 г. он защитил кандидатскую диссертацию по клинко-рентгенологической диагностике поражений лёгких, в 1972 г. — докторскую диссертацию на тему лучевой диагностики хронических воспалительных заболеваний лёгких. С 1975 г. А.И. Шехтер стал заниматься новой научной темой — лучевой диагностикой заболеваний молочных желёз. В 1980 г. ему было присвоено звание профессора.

В течение десятков лет преподавательская и научная работа Анатолия Ильича шла в тесном сотрудничестве со знаменитыми заведующими легендарной кафедры лучевой диагностики и терапии Первого Меда — профессорами Леонидом Давидовичем Линденбрatenом, Леонидом Андреевичем Юдиным и академиком Сергеем Константиновичем Терновым.

Профессор А.И. Шехтер был одним из самых ярких и известных профессоров кафедры. Он автор сотен научных статей, соавтор трёх монографий и учебника, нескольких учебно-методических материалов. Под его руководством подготовлено 16 кандидатских диссертаций. За свою активную и плодотворную работу профессор А.И. Шехтер был удостоен множества наград: в 1958 г. — медали «За освоение целинных земель», в 1970 г. — знака «Отличник здравоохранения»,

в 1980 г. — медали «Ветеран труда». В 2008 г. Анатолий Ильич стал лауреатом «Почётного знака им. профессора Ю.Н. Соколова».

Анатолий Ильич был человеком высокой культуры. Его отличали профессионализм, доброжелательность, оптимизм, желание помочь молодым коллегам. Его любили и уважали студенты, ординаторы, аспиранты, коллеги кафедры.

Помимо медицины, Анатолий Ильич отлично знал литературу, поэзию, помнил и читал наизусть сотни стихотворений. Одними из самых любимых были строки из знаменитого стихотворения Бориса Пастернака:

**«Во всём мне хочется дойти
До самой сути.
В работе, в поисках пути,
В сердечной смуте.
До сущности протекших дней,
До их причины,
До оснований, до корней,
До сердцевины.
Всё время схватывая нить
Судеб, событий,
Жить, думать, чувствовать, любить,
Свершать открытья...»**

Запомним его таким... Светлая память о профессоре Анатолии Ильиче Шехтере навсегда останется в наших сердцах.

*От лица Российского общества рентгенологов
и радиологов (РОРР) и Московского общества
рентгенологов РОРР (МРО РОРР)
В.Е. Сеницын, С.П. Морозов*

