



ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ
И ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

ISSN 2712-8490 (Print)
ISSN 2712-8962 (Online)

DIGITAL DIAGNOSTICS

Рецензируемый научный медицинский журнал

3 Том | Volume 4 Выпуск | Issue



2022



ЭКО • ВЕКТОР

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

УЧРЕДИТЕЛИ

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

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77 - 74099 от 19.10.2018.

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

E-mail: adv@eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией

Елена Андреевна Филиппова

E-mail: ddjournal@eco-vector.com

Тел: +7 (965) 012 70 72

Адрес: 127051, г. Москва, ул. Петровка,
д. 24, стр. 1

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: *Е.Д. Бугаенко*

Отпечатано в ООО «Типография Фурсова».

196105, Санкт-Петербург, ул. Благодатная, 69.

Тел.: +7 (812) 646-33-77

ISSN 2712-8490 (Print)

ISSN 2712-8962 (Online)

Digital Diagnostics

Том 3 | Выпуск 4 | 2022

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор

Синицын Валентин Евгеньевич, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5649-2193

Заместитель главного редактора

Юрий Александрович Васильев, к.м.н., (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-0208-5218

Научный редактор

Березовская Татьяна Павловна, д.м.н., профессор (Обнинск, Россия)

ORCID: 0000-0002-3549-4499

Редакционная коллегия

Андрейченко А.Е., к.ф.-м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6359-0763

Berlin L., профессор (Иллинойс, США)

ORCID: 0000-0002-0717-0307

Беляев М.Г., к.ф.-м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-9906-6453

Важенина Д.А., д.м.н., доцент (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-6236-709X

Bisdas S., MBBS, MD, PhD (Лондон, Великобритания)

ORCID: 0000-0001-9930-5549

Гомбелевский В.А., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-1816-1315

Доможирова А.С., д.м.н., доцент (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-0806-3164

Frija G., профессор (Париж, Франция)

ORCID: 0000-0003-0415-0586

Guglielmi G., MD, профессор (Фоджа, Италия)

ORCID: 0000-0002-4325-8330

Holodny A., д.м.н. (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0002-1159-2705

Лебедев Г.С., д.т.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-4289-2102

Li H., MD, профессор (Пекин, КНР)

Mannelli L., MD (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0002-9102-4176

Матвеев И.А., д.т.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-2005-9467

Мащеплишвили С.Т., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5670-167X

Митьков В.В., д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Россия)

ORCID: 0000-0003-1959-9618

Морозов С.П., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6545-6170

Neri E., д.м.н. (Пиза, Италия)

ORCID: 0000-0001-7950-4559

Омельяновский В.В., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-1581-0703

Van Ooijen P., к.м.н. (Гронинген, Нидерланды)

ORCID: 0000-0002-8995-1210

Oudkerk M., профессор (Гронинген, Нидерланды)

ORCID: 0000-0003-2800-4110

Ros P.R., MD, MPH, PhD, профессор (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0003-3974-0797

Roviga A., профессор (Барселона, Испания)

ORCID: 0000-0002-2132-6750

Решетников Р.В., к.ф.-м.н., (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-9661-0254

Румянцев П.О., д.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-7721-634X

Аншелев А.А., д.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-2675-3276

Арутюнов Г.П., д.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-6645-2515

Белевский А.С., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6050-724X

Васильева Е.Ю., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-4111-0874

Гехт А.Б., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-1170-6127

Кобякова О.С., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-0098-1403

Кремнева Е.И., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-9396-6063

Петриков С.С., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-3292-8789

Проценко Д.Н., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5166-3280

Хатков И.Е., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-4088-8118

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».

16+

© ООО «Эко-Вектор», 2022



FOUNDERS

- Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine
- 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
E-mail: adv@eco-vector.com

EDITORIAL OFFICE

Executive editor

Elena A. Philippova
E-mail: ddjournal@eco-vector.com
Phone: +7 (965) 012 70 72

SUBSCRIPTION

For print version:
www.journals.eco-vector.com/

PUBLICATION ETHICS

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

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: *E. Bugaenko*



© Eco-Vector, 2022

ISSN 2712-8490 (Print)
ISSN 2712-8962 (Online)

Digital Diagnostics

Volume 3 | Issue 4 | 2022

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL

EDITOR-IN-CHIEF

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5649-2193

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Yurii A. Vasilev, MD, Cand.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-0208-5218

SCIENTIFIC EDITOR

Tatiana P. Berezovskaya MD, Dr.Sci. (Med.), Professor (Obninsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-3549-4499

EDITORIAL BOARD

A.E. Andreychenko, PhD (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-6359-0763
L. Berlin, Professor (Illinois, United States)
ORCID: 0000-0002-0717-0307
M.G. Belyaev, Cand.Sci. (Phys-Math), Assistant Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-9906-6453
S. Bisdas, MBBS, MD, PhD (London, United Kingdom)
ORCID: 0000-0001-9930-5549
Dar'ya A. Vazhenina, MD, Dr.Sci. (Med.), Associate Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-6236-709X
V.A. Gomboleviskiy, MD, Dr.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-1816-1315
Alla S. Domozhirova, MD, Dr.Sci. (Med.), Associate Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-0806-3164
G. Frija, Professor (Paris, France)
ORCID: 0000-0003-0415-0586
G. Guglielmi, MD, Professor (Foggia, Italy)
ORCID: 0000-0002-4325-8330
A. Holodny, MD (New-York, United States)
ORCID: 0000-0002-1159-2705
H. Li, MD, Professor (Beijing, China)
Georgiy S. Lebedev, Dr.Sci. (Tech.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-4289-2102
L. Mannelli, MD (New-York, United States)
ORCID: 0000-0002-9102-6176
Ivan A. Matveev, Dr.Sci. (Tech.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-2005-9467
Vladimir V. Mit'kov, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (St-Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0003-1959-9618
Simon T. Matskeplishvili, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5670-167X
S.P. Morozov, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-6545-6170
E. Neri, MD, Associate Professor (Pisa, Italy)
ORCID: 0000-0001-7950-4559
Vitaliy V. Omel'yanovskiy, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-1581-0703
P. van Ooijen, PhD, Assoc. Professor (Groningen, Netherlands)
ORCID: 0000-0002-8995-1210
M. Oudkerk, Professor (Groningen, Netherlands)
ORCID: 0000-0003-2800-4110
P.R. Ros, MD, MPH, PhD, Professor (New-York, United States)
ORCID: 0000-0003-3974-0797
A. Rovira, Professor (Barcelona, Spain)
ORCID: 0000-0002-2132-6750
R.V. Reshetnikov, Cand.Sci. (Phys-Math) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-9661-0254
P.O. Rumyantsev, MD, Dr.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-7721-634X
Vitaliy V. Omel'yanovskiy, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-1581-0703
Aleksandr E. Khramov, Dr.Sci. (Phys-Math), Professor (St-Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0003-2787-2530

A.A. Ansheles, MD, Dr.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-2675-3276
G.P. Arutyunov, MD, Dr.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-6645-2515
A.S. Belevskiy, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-6050-724X
E.Y. Vasilieva, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-4111-0874
A.B. Gekht, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-1170-6127
O.S. Kobayakova, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-0098-1403
E.I. Kremneva, MD, Cand.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-9396-6063
S.S. Petrikov, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-3292-8789
D.N. Protsenko, MD, Cand.Sci. (Med) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5166-3280
I.E. Khatkov, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-4088-8118

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

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Е.И. Маткевич, В.Е. Синицын, И.В. Иванов

Обоснование нового подхода к критериям оценки дозы облучения пациентов при компьютерной томографии 344

Н.Н. Ветшева, И.В. Солдатов, З.А. Лантух, С.Г. Киреев, А.И. Гуревич, А.Н. Мухоморова

Минимальный стандарт оснащения поликлиник города Москвы ультразвуковыми диагностическими приборами 362

Д.Ю. Кокина, В.А. Гомбелевский, К.М. Арзамасов, А.Е. Андрейченко, С.П. Морозов

Возможности и ограничения использования инструментов машинной обработки текстов в лучевой диагностике 374

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

А.П. Гончар, И.А. Блохин, Ю.Ф. Шумская

Редкая локализация аваскулярного некроза при лечении новой коронавирусной инфекции глюкокортикостероидами 384

Ю.Ф. Шумская, Т.С. Нефедова, Д.А. Ахмедзянова, И.А. Блохин, М.Г. Мнацаканян

Скрытое течение болезни Крона: роль томографических методов в диагностике 394

РЕДАКЦИОННЫЕ СТАТЬИ

П.О. Румянцев, Д.А. Черкасов

Как создать современный медицинский центр в текущих условиях? 404

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

И.А. Виноградова, Л.А. Низовцова, О.В. Омелянская

Инновационная стратегическая сессия в научной деятельности Центра диагностики и телемедицины 414

CONTENTS

ORIGINAL STUDY ARTICLES

Elena I. Matkevich, Valentin E. Sinitsyn, Ivan V. Ivanov

Substantiation of a new approach to the criteria for assessing the radiation dose of patients during computed tomography 344

Natalia N. Vetsheva, Ilya V. Soldatov, Zoya A. Lantukh, Sergey G. Kireev, Anzhelika I. Gurevich, Anna N. Mukhortova

Minimum standard for equipping Moscow clinics with ultrasound diagnostic devices 362

Daria.Yu. Kokina, Victor A. Gomboleviskiy, Kirill M. Arzamasov, Anna E. Andreychenko, Sergey P. Morozov

Possibilities and limitations of using machine text-processing tools in Russian radiology reports 374

CASE REPORTS

Anna P. Gonchar, Ivan A. Blokhin, Yuliya F. Shumskaya

Rare localization of avascular necrosis during treatment of COVID-19 with glucocorticosteroids 384

Yuliya F. Shumskaya, Tamara S. Nefedova, Dina A. Akhmedzyanova, Ivan A. Blokhin, Marina G. Mnatsakanyan

Latent course of Crohn's disease: the role of tomographic imaging in diagnosis 394

EDITORIALS

Pavel O. Rumiantsev, Dmitry A. Cherkasov

How to create a modern medical center in the current conditions? 404

LETTERS TO THE EDITOR

Irina A. Vinogradova, Lyudmila A. Nizovtsova, Olga V. Omelyanskaya

Innovative strategic session in the scientific activity of the Center for Diagnostics and Telemedicine 414

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

Обоснование нового подхода к критериям оценки дозы облучения пациентов при компьютерной томографии

Е.И. Маткевич^{1, 2}, В.Е. Сеницын^{2, 3}, И.В. Иванов^{4, 5}

¹ Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Российская Федерация

² Городская клиническая больница имени И.В. Давыдовского, Москва, Российская Федерация

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

⁵ Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины, Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В период резкого возрастания количества исследований с применением компьютерной томографии (КТ) повышается актуальность совершенствования методов контроля дозы облучения пациентов в целях не превышения рекомендуемых уровней.

Цель — проанализировать зависимость эффективной дозы при компьютерной томографии различных областей тела от массы пациента и рассчитать стандартную эффективную дозу для пациентов массой 70 кг и 80 кг.

Материалы и методы. Проанализированы протоколы КТ-исследований — однофазных (209 пациентов) и многофазных (114 пациентов). Эффективную дозу рассчитывали в соответствии с нормализованными коэффициентами для каждой области тела (голова, грудная клетка, брюшная полость и малый таз). Значения стандартной эффективной дозы рассчитывали путём аппроксимации данных с использованием линейной функции эффективной дозы относительно массы тела для стандартного пациента массой 70 кг или 80 кг для каждого типа КТ-сканера и сканируемой области тела.

Результаты. Установлено, что при КТ-исследовании эффективная доза увеличивается пропорционально массе тела пациентов. Рассчитаны и сопоставлены значения средней эффективной дозы, медианной эффективной дозы, референтных диагностических уровней (мЗв) со стандартной эффективной дозой (мЗв) при однофазной и многофазной компьютерной томографии. Во всех сравниваемых группах эти показатели были несколько выше, чем стандартная эффективная доза, если критерием была масса 70 кг, и были близки к стандартной эффективной дозе, если критерием была масса 80 кг. Показана возможность использования для расчёта стандартной эффективной дозы не только данных пациентов, отобранных по стандартной массе тела, но и всего массива данных методом аппроксимации. Это может быть использовано для совершенствования руководящих принципов сравнения и стандартизации доз облучения при компьютерной томографии у пациентов по изученным областям тела.

Заключение. В исследовании описана методика оценки и сравнения дозы КТ-излучения на примере двух больниц и двух КТ-сканеров с учётом массы стандартного пациента. Результаты показывают, что расчёт и анализ стандартной эффективной дозы для каждой области тела вместо средней эффективной дозы, медианной эффективной дозы или 75-го квантиля эффективной дозы помогают более корректно сравнивать радиационное облучение в разных медицинских учреждениях и анализировать причины превышения региональных или национальных референтных диагностических уровней. В условиях резкого увеличения числа КТ-исследований в последнее время не превышение при компьютерной томографии референтных диагностических уровней, рассчитанных по критерию стандартной эффективной дозы, призвано снизить отдалённые последствия в виде онкологической патологии среди населения.

Ключевые слова: компьютерная томография; радиационное облучение; эффективная доза, референтные диагностические уровни; масса тела; корреляционный анализ.

Как цитировать

Маткевич Е.И., Сеницын В.Е., Иванов И.В. Обоснование нового подхода к критериям оценки дозы облучения пациентов при компьютерной томографии // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 344–361. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

Substantiation of a new approach to the criteria for assessing the radiation dose of patients during computed tomography

Elena I. Matkevich^{1, 2}, Valentin E. Sinitsyn^{2, 3}, Ivan V. Ivanov^{4, 5}

¹ State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

² I.V. Davydovsky City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

⁴ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

⁵ State Scientific-Research Test Institute of Military Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: In accordance with the requirements of the IAEA basic safety standards and the International Commission on Radiation Protection, comparing the radiation dose for patients undergoing computed tomography (CT) in diagnostic and treatment clinics with national or international DRLs is important for controlling medical radiation doses. The search for ways to improve DRLs calculations determines the relevance of such studies.

AIM: To analyze the dependence of effective doses (EDs) in CT of different body parts on patient's weight and to calculate the standard ED for the patient (70 and 80 kg).

MATERIALS AND METHODS: CT acquisition protocols in 209 patients were single phase (SP) CT, while 114 patients underwent multi-phase (MP) CT. ED was calculated according to the normalized coefficients for each body area. The values of standard ED was calculated by data approximation using linear function of ED relatively body weight for each type CT scanner and body area scanned.

RESULTS: The increase in ED following a CT examination was proportional to the body weight of patients. For SP and MP CT scans, the standard EDs were calculated according to all body areas. The mean ED, median ED, and DRLs (mSv) in these groups was slightly higher than standard ED (mSv) if the criterion was 70 kg and were close to standard ED if the criterion was 80 kg. These values give a basis for improving the guidelines concerning the recommended limits of radiation doses for CT in individual patients according to indications and body parts studied.

CONCLUSIONS: In the study, a methodology for assessing and comparing the dose of CT-radiation at two hospitals in the two CT scanners, considering weight of a standard patient, is described. Our results show that the calculation and analysis of the standard ED of CT-examining areas of the body instead of mean ED and median ED help to compare the radiation exposure in different medical facilities more properly. Given the recent sharp increase in the number of CT studies, not exceeding the standard ED for patients with CT will reduce the long-term consequences in the form of oncological pathology among the population.

Keywords: computed tomography; radiation dose; effective dose; diagnostic reference levels; body weight; correlation of data.

To cite this article

Matkevich EI, Sinitsyn VE, Ivanov IV. Substantiation of a new approach to the criteria for assessing the radiation dose of patients during computed tomography. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):344–361. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

Received: 09.09.2022

Accepted: 28.11.2022

Published: 15.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

在计算机断层扫描中估计病人剂量的标准的新方法的论证

Elena I. Matkevich^{1,2}, Valentin E. Sinitsyn^{2,3}, Ivan V. Ivanov^{4,5}¹ State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation² I.V. Davydovsky City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation³ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation⁴ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation⁵ State Scientific-Research Test Institute of Military Medicine, Saint Petersburg, Russian Federation

结构化简评

论证。在计算机断层扫描（CT）检查数量急剧增加的时候，改进监测病人剂量的方法越来越迫切，不要超过推荐水平。

目的是分析身体各部分CT的有效剂量（ED）对病人体重的依赖性，并计算体重70公斤和80公斤的病入的标准ED。

方法。我们分析了CT检查的协议——单相（SP）（209名患者）和多相（MP）（114名患者）。ED是根据身体各部分（头部、胸部、腹部和骨盆）的归一化系数计算的。对于每一种CT扫描仪和扫描的身体面积，使用线性ED函数与体重的关系来计算标准的ED值，标准的ED值是通过近似的数据，对于体重70公斤或80公斤的标准病人。

结果。在CT扫描中发现，ED的增加与病人体重成正比。计算了平均ED、中位ED、DRLs（mSv），并与SP和MP CT的标准ED值（mSv）进行了比较。在所有比较组中，如果标准是体重70公斤，这些指标略高于标准ED，如果标准是体重80公斤，这些指标接近标准ED。同时表现了，不仅可以按标准体重取样的病人的数据，而且可以通过近似法使用整个数据集来计算标准ED。按所研究的身体部分，这可以用于改进比较导则和使患者的CT辐射剂量标准化。

结论。该研究描述了一种评估和比较CT辐射剂量的方法，以两家医院和两台CT扫描仪为例，考虑到一个标准病人的体重。结果显示，不是平均ED、中位ED或75分位ED，而是计算和分析每个身体部分的标准ED，有助于更正确地比较不同医疗机构的辐射量，分析超过区域或国家的参考诊断水平（DRLs）的原因。随着最近CT检查数量的急剧增加，为了减少人口中癌症病理形式的长期后果，应该不超过CT中使用标准ED标准计算的DRLs。

关键词：CT扫描；射线照射；有效剂量；参考诊断水平；身体质量；相关性分析。

To cite this article

Matkevich EI, Sinitsyn VE, Ivanov IV. 在计算机断层扫描中估计病人剂量的标准的新方法的论证. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):344–361. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110857>

收到: 09.09.2022

接受: 28.11.2022

发布日期: 15.12.2022

Список сокращений

КТ — компьютерная томография

ОБП — органы брюшной полости

ОБП+ОМТ — органы брюшной полости и органы малого таза

ОГК — органы грудной клетки

ОМТ — органы малого таза

ЭД — эффективная доза (мЗв)

CTDIvol (Computed tomography dose index — объёмный взвешенный индекс дозы КТ) — мера поглощённой дозы облучения в одном томографическом срезе (мГр)

DLP (dose length product) — произведение поглощённой дозы (мГр) на длину области сканирования (см)

DRLs (diagnostic reference levels) — референтные диагностические уровни

ICRP (International Commission on Radiological Protection) — международная комиссия по радиационной защите

SSDE (size-specific dose estimate) — оценка дозы, зависящей от размера (мГр)

ОБОСНОВАНИЕ

В последние годы наблюдается тенденция к увеличению дозовой нагрузки от компьютерной томографии (КТ) на население как во всём мире, так и в России. В 2020 г. в России было зафиксировано резкое (на 30%) возрастание среднегодовых эффективных доз медицинского облучения на одного жителя (2019 г. — 0,6 мЗв, 2020 г. — 0,81 мЗв) [1], при этом вклад КТ в коллективную дозу от медицинского облучения увеличился с 22,1% в 2010 г. до 73,5% в 2020 г. и в настоящее время занимает первое место среди других видов рентгенологических и радиологических исследований. В долгосрочной перспективе следует ожидать увеличения суммарных доз облучения пациентов при проведении скрининговых КТ-сканирований для диагностики последствий COVID-19, рака лёгкого и молочной железы, а также повторных КТ-сканирований для установления динамики патологического процесса, в том числе КТ с использованием рентгеноконтрастных средств.

В соответствии с требованиями основных стандартов безопасности Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ, International Atomic Energy Agency, IAEA) [2] и Международной комиссии по радиационной защите (International Commission on Radiological Protection, ICRP) [3–7] сравнение дозы облучения для пациентов, проходящих КТ в диагностических и лечебных клиниках, с национальными или международными референтными диагностическими уровнями (Diagnostic reference levels, DRLs) имеет важное значение для контроля доз медицинского облучения. Поиск направлений совершенствования расчётов DRLs обуславливает актуальность подобных исследований.

Цель исследования — проанализировать зависимость эффективной дозы (ЭД) при КТ различных областей тела от массы пациента и рассчитать стандартную ЭД для пациентов массой 70 кг и 80 кг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Ретроспективное исследование выполнено на материалах электронных баз данных КТ-обследований пациентов при однофазных и многофазных КТ-исследованиях головы, органов грудной клетки (ОГК), органов брюшной полости (ОБП) и малого таза (ОМТ).

Критерии соответствия

Критерии включения: пациенты в возрасте от 17 до 95 лет, которые проходили диагностическое КТ-исследование по направлению лечащего врача.

Критерии исключения: пациенты с отсутствием данных о массе тела.

Условия проведения

Исследованием охвачены пациенты двух многопрофильных лечебных заведений — «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России (далее «больница 1») и «Городская клиническая больница имени И.В. Давыдовского Департамента здравоохранения г. Москвы» (далее «больница 2») — с использованием стандартных протоколов проведения КТ-исследований данных областей тела.

Продолжительность исследования

Проанализированы данные электронных архивов о дозовых нагрузках пациентов при КТ-исследованиях за 2015–2018 гг.

Описание медицинского вмешательства

КТ-исследования проводили на двух КТ-сканерах (в больнице 1 — GE Discovery CT750 HD, 64-срезовый, GE Healthcare, США; в больнице 2 — Toshiba Aquilion Prime, 80-срезовый, Toshiba, Япония) по стандартному протоколу сканирования [8]: напряжение на трубке составляло 100

или 120 кВ с автоматической модуляцией силы тока, толщина среза — 0,5; 0,625; 1,25 и 1,5 мм. Основные параметры протоколов КТ представлены в табл. 1. При проведении данного исследования при всех КТ-сканированиях использовали однотипные алгоритмы шумоподавления для соответствующей области тела.

Из отчётов КТ каждого пациента в базу данных были внесены значения параметров, определяющих лучевую нагрузку: CTDIvol (объёмно-взвешенный компьютерно-томографический индекс дозы, мГр) и DLP (поглощённая

доза за всё КТ-исследование, мГр×см). Индивидуальные ЭД пациентов оценивали по формуле [5]:

$$\text{ЭД (мЗв)} = K_{\text{ЭД DLP}} \times \text{DLP}, \quad (1)$$

где ЭД — эффективная доза; K — коэффициент; DLP (dose length product) — произведение поглощённой дозы (мГр) на длину области сканирования (см).

При расчёте использовали коэффициенты пересчёта $K_{\text{ЭД DLP}}$ (мЗв×мГр⁻¹×см⁻¹) [4]: голова — 0,0023, ОГК — 0,017, ОБП — 0,015, ОМТ — 0,019.

Таблица 1. Общая характеристика пациентов и параметров протоколов при однофазных и многофазных КТ-исследованиях

Показатели	Обследуемая область	Однофазное КТ		Многофазное КТ	
		Больница 1	Больница 2	Больница 1	Больница 2
Общая характеристика пациентов					
Число пациентов, <i>n</i>	Голова	18	32	14	8
	ОГК	25	38	11	27
	ОБП+ОМТ	75	21	30	24
	Всего	118	91	55	59
Соотношение мужчины/женщины	Голова	8/10	9/23	6/8	5/3
	ОГК	9/16	17/21	6/5	15/12
	ОБП+ОМТ	33/42	10/11	12/18	7/17
	Всего	50/68	36/55	24/31	27/32
Возраст, М±m, лет	Голова	52,1±3,2	66,3±2,5	52,5±3,0	56,8±7,2
	ОГК	57,6±2,7	51,9±3,0	58,6±4,7	62,7±3,2
	ОБП+ОМТ	57,5±5,3	65,3±4,8	57,6±2,5	55,5±3,5
Масса тела, М±m, кг	Голова	79,8±3,2	77,0±2,0	81,2±3,8	86,6±3,5
	ОГК	76,1±4,0	76,3±2,3	75,5±5,0	91,6±3,2
	ОБП+ОМТ	75,5±2,0	83,1±3,5	79,7±2,9	80,7±2,7
Основные параметры протоколов КТ					
Коллимация, мм	Голова, ОГК, ОБП, ОМТ	64×0,6	80×0,5	64×0,6	80×0,5
Модуляция тока трубки	Голова, ОГК, ОБП, ОМТ	Автоматическая	Автоматическая	Автоматическая	Автоматическая
Напряжение на трубке, кВ*	Голова	120	120	120	120
	ОГК	120	120	100; 120	120
	ОБП+ОМТ	120	120	100; 120	120
Питч	Голова	0,531	0,625	0,531	0,625
	ОГК	1,375	1,388	0,984; 1,375	1,388
	ОБП+ОМТ	1,375	0,813	0,984; 1,375	0,813
Время ротации, сек	Голова	0,8	0,5; 0,75	0,8	0,5; 0,75
	ОГК	0,6; 0,7	0,5	0,6; 0,7	0,5
	ОБП+ОМТ	0,7	0,5	0,7	0,5
Толщина среза, мм	Голова	1,25	0,5	1,25	0,5
	ОГК	1,25	0,5	0,625; 1,25	0,5
	ОБП+ОМТ	1,25	0,5	0,625; 1,25	0,5

Примечание. * В проведённых исследованиях низкодозные протоколы и специальные алгоритмы шумоподавления не применялись, использована технология обратной прямой проекции FBP (Filtered BackProjection). КТ — компьютерная томография; ОГК — органы грудной клетки; ОБП — органы брюшной полости; ОМТ — органы малого таза.

Основной исход исследования

Настоящее исследование посвящено изучению зависимости ЭД, полученной пациентами при КТ различных областей тела, от массы тела пациента и расчёту стандартной ЭД для «стандартных пациентов» массой 70 кг и 80 кг. В качестве метода сравнения использовали оценку в этих же группах пациентов средней ЭД, медианы ЭД и 75% квантиля ЭД.

Дополнительные исходы исследования

Проведены оценка распределения массы тела пациентов в группах и анализ особенностей динамики средней массы пациентов в нашей популяции.

Анализ в подгруппах

В исследовании были сформированы и сравнивались 2 группы пациентов: обследованные в больнице 1 (КТ-сканер GE Discovery CT750 HD, 64-срезовый) и обследованные в больнице 2 (КТ-сканер Toshiba Aquilion Prime, 80-срезовый). Каждая из этих групп была разбита на 3 подгруппы по областям КТ-исследования (голова, ОГК, ОБП+ОМТ). В каждой из 3 подгрупп анализировали дозы облучения пациентов отдельно при проведении однофазных и многофазных КТ.

Этическая экспертиза

Вследствие ретроспективного дизайна исследований на обезличенных наборах данных заключения этического комитета не требовалось.

Статистический анализ

Размер групп пациентов определялся количеством пациентов за период, охваченный сроками исследования, у которых при КТ-исследовании регистрировались не только доза облучения, но и масса тела. Для анализа были отобраны КТ-исследования с хорошим качеством изображения в соответствии с Европейскими руководящими принципами по критериям качества КТ [4]. В соответствии с этим под хорошим качеством изображения понимали «визуально чёткое воспроизведение структуры органов, тканей и т.д., границ между ними, а также образований и очагов».

Мы специально измеряли массу тела каждого пациента с точностью ± 3 кг, во всех группах были рассчитаны средние значения массы тела ($M \pm m$, кг). Различия средних значений регистрируемых показателей для каждой области КТ-сканирования между больницей 1 и больницей 2 оценивали по Т-критерию Стьюдента ($p \leq 0,05$). Для установления зависимости дозы облучения от массы тела пациента был проведён корреляционно-регрессионный анализ с использованием программного обеспечения STATISTICA (v. 10.0).

В нашем исследовании были определены по формуле (1) индивидуальные ЭД пациентов (в миллизивертах, мЗв) для больницы 1 и больницы 2, затем рассчитаны

средняя эффективная доза (средняя ЭД, мЗв) как среднее арифметическое (M) и стандартные отклонения ($\pm m$); медиана, 25-й и 75-й квантили ЭД (мЗв) (Me [25th, 75th]) и DRLs (мЗв; $ЭД_{75th}$) для каждой области сканирования с использованием пакета программ Microsoft Excel 2013.

При расчёте стандартной ЭД исходили из положения [4, 7, 9, 10], что это средняя ЭД у взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70 ± 3 кг. При проведении выбранной рентгенодиагностической процедуры в типичном режиме работы данного рентгеновского аппарата с типичным протоколом её выполнения стандартная $ЭД_{70 \text{ кг}}$ (мЗв) и стандартная $ЭД_{80 \text{ кг}}$ (мЗв) были рассчитаны путём аппроксимации данных для каждой из трёх областей сканирования (голова, ОГК, ОБП+ОМТ) линейными функциями ЭД от массы тела, при этом использовали уравнение регрессии:

$$ЭД \text{ (мЗв)} = a + b \times M \text{ (кг)}, \quad (2)$$

где ЭД — эффективная доза (мЗв), полученная пациентом; a , b — коэффициенты уравнения регрессии; M — масса тела пациента (кг).

Коэффициенты « a » и « b » для этих уравнений были получены с использованием программного обеспечения STATISTICA для каждой области сканирования (голова, ОГК, ОБП+ОМТ) в больнице 1 и больнице 2 для однофазных и многофазных КТ. Затем путём решения уравнения (2) для $M=70$ кг и $M=80$ кг были рассчитаны значения стандартной $ЭД_{70 \text{ кг}}$ (ЭД для стандартного пациента с массой тела 70 кг) и стандартной $ЭД_{80 \text{ кг}}$ (ЭД для стандартного пациента с массой тела 80 кг).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Объекты (участники) исследования

Для статистического анализа были использованы результаты 323 компьютерных томографических исследований (137 мужчин и 186 женщин в возрасте от 17 до 93 лет). КТ выполнялись по стандартным протоколам. Всего проанализировано 209 однофазных КТ и 114 многофазных КТ.

Как видно из табл. 1, сформированные группы пациентов были в основном сопоставимы по половозрастному составу и массе тела, которая варьировала от 42 до 129 кг.

Основные результаты исследования

На первом этапе исследования были определены средние значения показателей дозы облучения (CTDIvol, DLP и ЭД при одном КТ-исследовании) для однофазной и многофазной КТ головы, ОГК, ОБП и ОМТ (табл. 2). При одном однофазном КТ-исследовании пациента средняя ЭД составила для головы 1,8–2,0 мЗв, для ОГК — 2,4–5,3 мЗв, для ОБП+ОМТ — 7,5–8,2 мЗв, при одном многофазном КТ-исследовании — 2,4–4,6; 7,9–8,4 и 27,4–33,0 мЗв соответственно.

Можно видеть (см. табл. 1), что средняя масса тела в сравниваемых группах больницы 1 и больницы 2 отличалась незначительно, за исключением групп однофазных КТ ОБП+ОМТ (75,5±2,0 и 83,1±3,5 кг соответственно) и многофазных КТ ОГК (75,5±5,0 и 91,6±3,2 кг соответственно).

На втором этапе исследования проведённый корреляционный анализ позволил установить зависимость ЭД от массы тела пациента: коэффициенты корреляции составили 0,66–0,70 при однофазных и 0,59–0,68 при многофазных КТ ОГК; для ОБП+ОМТ коэффициенты

корреляции при однофазных/многофазных КТ составили 0,37/0,59; для головы при однофазных/многофазных КТ коэффициенты корреляции были чрезвычайно низкими — 0,05–0,09/0,11–0,18 соответственно.

На третьем этапе были рассчитаны медиана ЭД (Me [25th, 75th]) и DRLs (ЭД_{75th}); табл. 3. Для каждой области сканирования с использованием функции регрессии дозы от массы тела были рассчитаны стандартные ЭД для пациентов массой 70 кг и 80 кг при однофазных и многофазных КТ-исследованиях (рис. 1, 2).

Таблица 2. Дозы облучения при однофазном и многофазном КТ-исследовании головы, органов грудной клетки, органов брюшной полости и органов малого таза в больнице 1 и больнице 2

Показатели	Обследуемая область	Однофазное КТ		Многофазное КТ	
		Больница 1	Больница 2	Больница 1	Больница 2
ЭД при одном КТ-исследовании пациента, М±m, мЗв	Голова	1,8±0,1	2,0±0,03	2,4±0,3	4,6±0,3*
	ОГК	5,3±0,5	2,4±0,2*	7,9±1,7	8,4±0,7
	ОБП+ОМТ	7,5±1,1	8,2±0,7	33,0±1,8	27,4±2,4
DLP, М±m, мГр×см	Голова	771,9±38,8	899,2±10,8	1033,3±109,8	1988,7±131,1*
	ОГК	309,1±30,6	141,9±10,6*	466,9±97,6	494,3±48,4
	ОБП+ОМТ	449,0±67,3	491,1±51,9	1964,1±108,2	1623,7±144,4
CTDIvol, М±m, мГр	Голова	40,1±1,4	51,5±1,0*	-	-
	ОГК	8,3±0,9	3,8±0,3*	-	-
	ОБП+ОМТ	9,4±1,5	13,7±1,1*	-	-
Количество фаз при 1 КТ-исследовании пациента, М±m	Голова	1	1	2,1±0,1	2,5±0,2
	ОГК	1	1	1,4±0,2	2,0±0
	ОБП+ОМТ	1	1	3,8±0,1	3,8±0,1

Примечание. * Различия средних для данной области КТ-сканирования между больницей 1 и больницей 2 ($p \leq 0.05$). ЭД — эффективная доза; КТ — компьютерная томография; ОГК — органы грудной клетки; ОБП — органы брюшной полости; ОМТ — органы малого таза.

Таблица 3. Эффективные дозы (мЗв) при однофазном и многофазном КТ-исследовании головы, органов грудной клетки, органов брюшной полости и органов малого таза

Обследуемая область	Средняя ЭД		Медиана ЭД (Me [25th, 75th])		DRLs (ЭД _{75th})		Стандартная ЭД _{70 кг} *		Стандартная ЭД _{80 кг} **	
	Больница 1	Больница 2	Больница 1	Больница 2	Больница 1	Больница 2	Больница 1	Больница 2	Больница 1	Больница 2
<i>Однофазный протокол (SP-CT)</i>										
Голова	1,8±0,1	2,1±0,03	1,7 [1,5; 1,9]	2,1 [2,0; 2,2]	1,9	2,2	1,72	2,06	1,78	2,07
ОГК	5,3±0,4	2,4±0,2	4,9 [2,9; 7,6]	1,9 [1,8; 2,4]	7,6	2,4	4,53	2,09	5,71	2,60
ОБП+ОМТ	7,5±1,1	8,2±0,7	6,5 [5,8; 8,4]	10,3 [4,4; 10,8]	8,4	10,8	7,19	5,89	7,83	7,63
<i>Многофазный протокол (MP-CT)</i>										
Голова	2,4±0,3	4,6±0,3	2,2 [2,0; 2,3]	4,6 [4,0; 5,4]	2,3	5,4	1,94	3,61	2,33	3,77
ОГК	7,9±1,7	8,4±0,7	6,2 [4,4; 10,0]	8,9 [5,5; 11,0]	10,0	11,0	6,55	5,28	9,09	6,74
ОБП+ОМТ	33,0±1,8	27,4±2,4	31,4 [27,1; 35,7]	26,6 [17,9; 40,1]	35,7	40,1	29,99	21,63	33,11	26,91

Примечание. * Стандартная ЭД_{70 кг} (ЭД для стандартного пациента со стандартной массой тела 70 кг) вычисляется по уравнению регрессии: $ED_{70\text{ кг}} (\text{мЗв}) = a + b \times M (\text{кг})$ для $M = 70$ кг; коэффициенты «a» и «b» — из уравнений рис. 3, $a-f$ (однофазная КТ) и рис. 4, $a-f$ (многофазная КТ).

** Стандартная ЭД_{80 кг} (ЭД для стандартного пациента со стандартной массой тела 80 кг) вычисляется по уравнению регрессии:

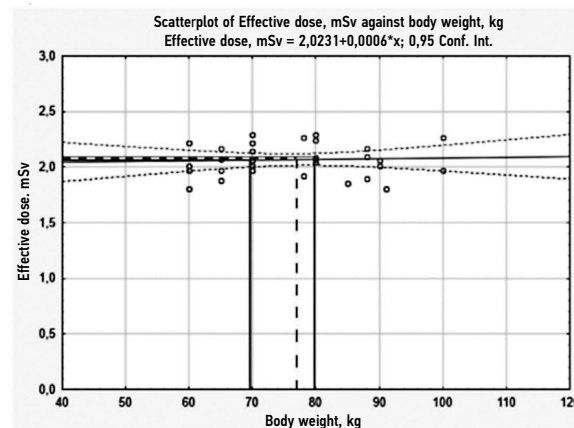
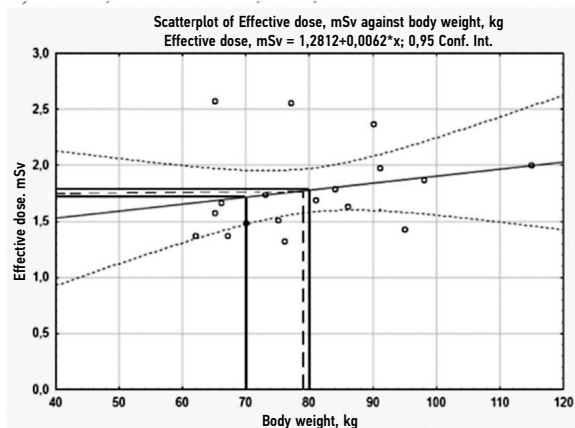
$ED_{80\text{ кг}} (\text{мЗв}) = a + b \times M (\text{кг})$ для $M = 80$ кг; коэффициенты «a» и «b» — из уравнений рис. 3, $a-f$ (однофазная КТ) и рис. 4, $a-f$ (многофазная КТ).

Полужирным шрифтом выделены отличия в значениях средней ЭД, медианы и DRLs между больницами 1 и 2, которые разнонаправлены с отличиями стандартных ЭД_{70 кг} между этими больницами. ЭД — эффективная доза; КТ — компьютерная томография; ОГК — органы грудной клетки; ОБП — органы брюшной полости; ОМТ — органы малого таза.

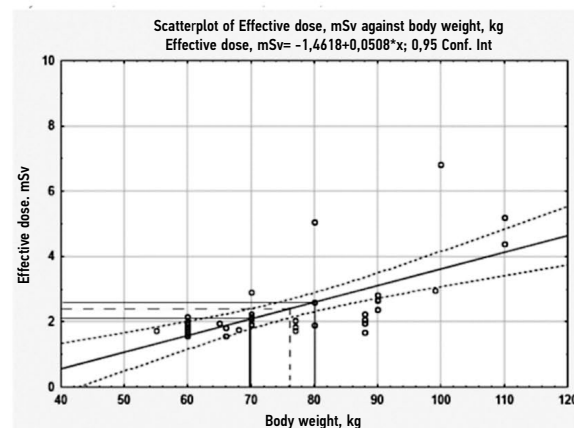
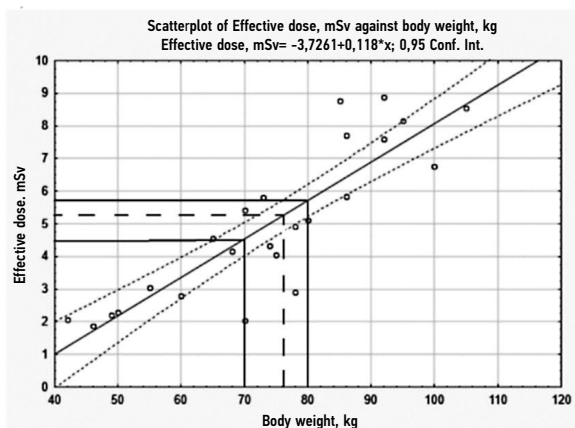
Больница 1 (GE Discovery CT750)

Больница 2 (Toshiba Aquilion Prime)

Голова

a) $n=18$, $M \pm m = 79,8 \pm 3,2$ кгb) $n=32$, $M \pm m = 77,0 \pm 2,0$ кг

ОГК

c) $n=25$, $M \pm m = 76,1 \pm 4,0$ кгd) $n=38$, $M \pm m = 76,3 \pm 2,3$ кг

ОБП+ОМТ

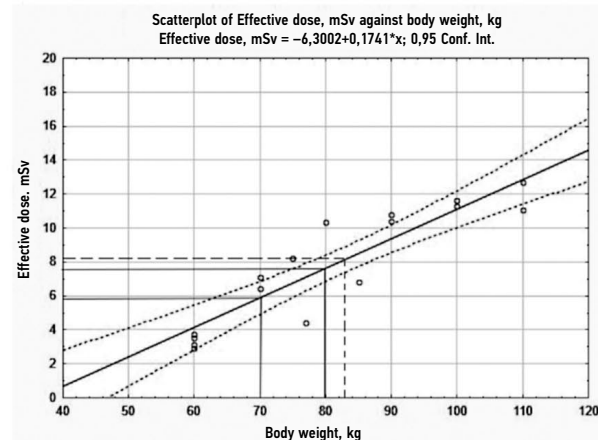
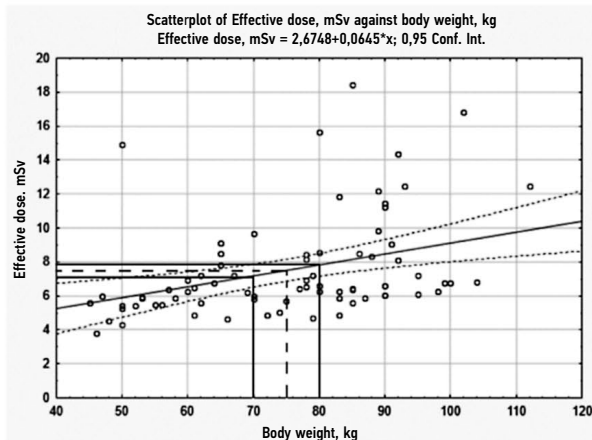
e) $n=75$, $M \pm m = 75,5 \pm 5,5$ кгf) $n=21$, $M \pm m = 83,10 \pm 3,5$ кг

Рис. 1. Результаты регрессионного анализа зависимости эффективной дозы от массы тела пациентов при однофазной компьютерной томографии головы, органов грудной клетки, органов брюшной полости + органов малого таза. По оси Y — эффективная доза, мЗв; по оси X — масса тела пациентов, кг.

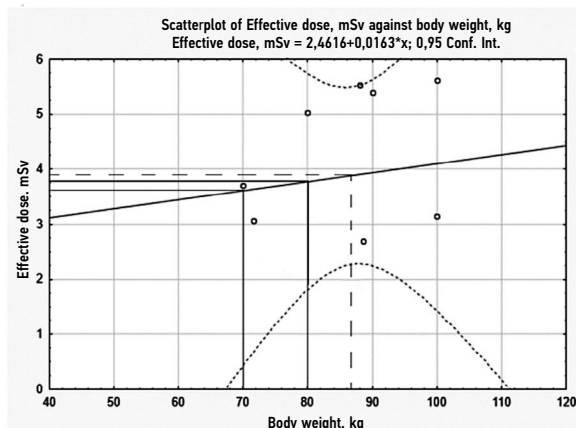
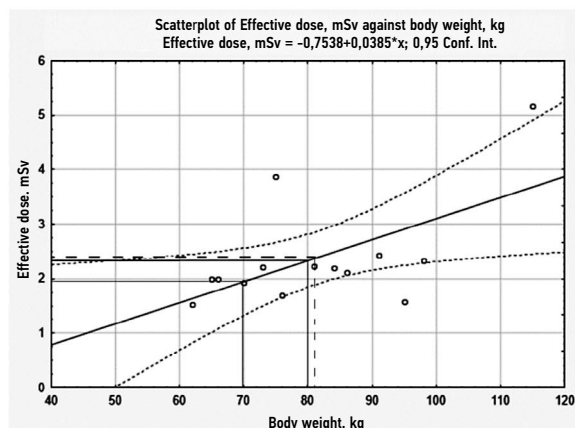
Условные обозначения: сплошная линия — линия графика регрессии; линиями из точек указаны доверительные интервалы линии графика регрессии, $p=0,95$; сплошные линии, перпендикулярные к осям — стандартная ЭД_{70 кг} и стандартная ЭД_{80 кг} (мЗв), рассчитанные для пациента массой 70/80 кг; пунктирные линии — средняя ЭД (мЗв), соответствующая средней массе тела пациентов в группе.

ЭД — эффективная доза; КТ — компьютерная томография; ОГК — органы грудной клетки; ОБП — органы брюшной полости; ОМТ — органы малого таза.

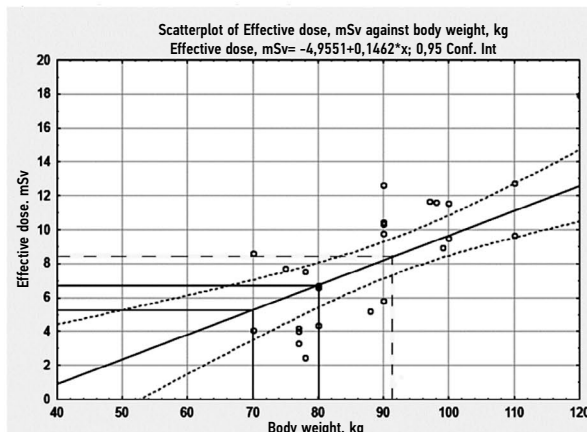
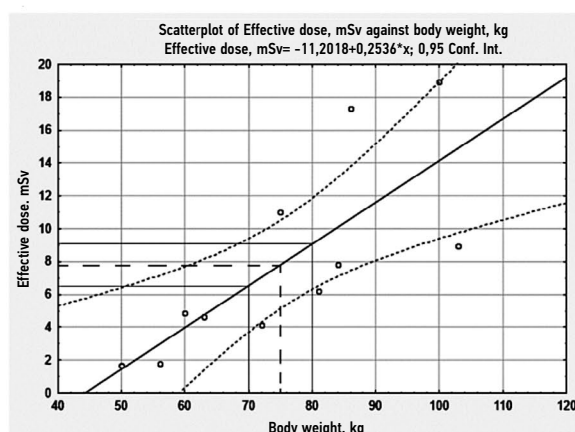
Больница 1 (GE Discovery CT750)

Больница 2 (Toshiba Aquilion Prime)

Голова

a) $n=14$, $M \pm m = 81,2 \pm 3,8$ кгb) $n=8$, $M \pm m = 86,6 \pm 3,5$ кг

ОГК

c) $n=11$, $M \pm m = 75,5 \pm 5,0$ кгd) $n=27$, $M \pm m = 91,6 \pm 3,6$ кг

ОБП+ОМТ

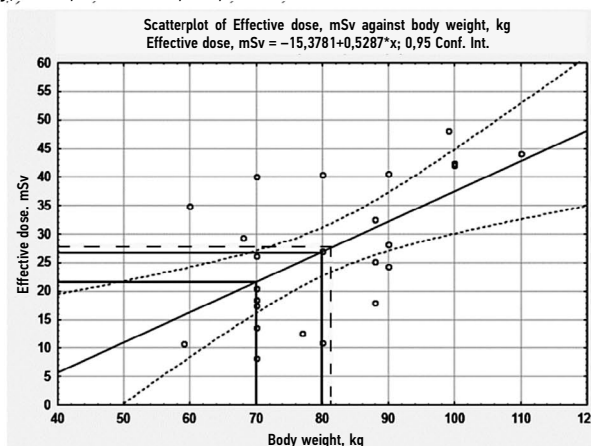
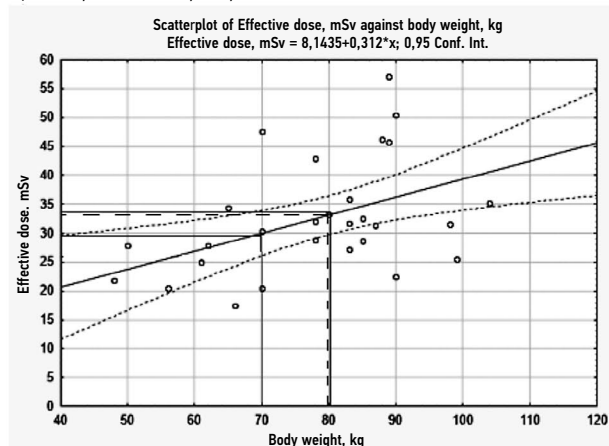
e) $n=30$, $M \pm m = 79,7 \pm 2,9$ кгf) $n=24$, $M \pm m = 80,7 \pm 2,7$ кг

Рис. 2. Результаты регрессионного анализа зависимости эффективной дозы от массы тела пациентов при многофазной компьютерной томографии головы, органов грудной клетки, органов брюшной полости + органов малого таза. По оси Y — эффективная доза, мЗв; по оси X — масса тела пациентов, кг.

Условные обозначения: сплошная линия — линия графика регрессии; линиями из точек указаны доверительные интервалы линии графика регрессии, $p=0,95$; сплошные линии, перпендикулярные к осям — стандартная ЭД_{70 кг} и стандартная ЭД_{80 кг} (мЗв), рассчитанные для пациента массой 70/80 кг; пунктирные линии — средняя ЭД (мЗв), соответствующая средней массе тела пациентов в группе.

ЭД — эффективная доза; КТ — компьютерная томография; ОГК — органы грудной клетки; ОБП — органы брюшной полости; ОМТ — органы малого таза.

Мы сравнили среднюю ЭД, медиану ЭД и DRLs (ЭД_{75th}) со стандартной ЭД для этих групп (см. табл. 3). Как видно, нет существенных различий в средней ЭД, медиане ЭД и DRLs (ЭД_{75th}) со стандартной ЭД для головы. Эти значения не зависели от массы тела пациентов и составляли 1,7–1,9 мЗв для больницы 1 и 2,1–2,2 мЗв для больницы 2.

Для других областей тела масса тела пациентов важна с точки зрения оценки ЭД. Когда средние массы тела пациентов близки (например, для однофазных КТ ОГК в больнице 1 — 76,1±4,0 кг, в больнице 2 — 76,3±2,3 кг), то различия в значениях средней ЭД, медиане ЭД, DRLs (ЭД_{75th}) и стандартной ЭД однонаправлены: все показатели ЭД в больнице 1 превышали показатели ЭД в больнице 2 в 2,2–3,2 раза.

В группе однофазных КТ ОБП+ОМТ в больнице 2 средняя масса пациента (83,1 кг) превышала среднюю массу пациента в больнице 1 (75,5 кг), поэтому средняя ЭД для больницы 2 (8,2±0,7 мЗв) несколько выше, чем средняя ЭД для больницы 1 (7,5±1,1 мЗв), как и DRLs (ЭД_{75th}) для больницы 2 (10,8 мЗв) больше, чем для больницы 1 (8,4 мЗв). В то же время рассчитанная стандартная ЭД_{70 кг} в больнице 2 (5,89 мЗв) меньше, чем рассчитанная стандартная ЭД_{70 кг} в больнице 1 (7,19 мЗв).

В группе многофазных КТ ОГК в больнице 2 средняя масса пациента (91,6 кг) превышает среднюю массу пациента в больнице 1 (75,5 кг), поэтому средняя ЭД для больницы 2 (8,4±0,7 мЗв) немного выше, чем средняя ЭД для больницы 1 (7,9±1,7 мЗв). DRLs (ЭД_{75th}) для больницы 2 (11,0 мЗв) немного больше, чем для больницы 1 (10,0 мЗв). В то же время рассчитанная стандартная ЭД_{70 кг} в больнице 2 (5,28 мЗв) меньше, чем рассчитанная стандартная ЭД_{70 кг} в больнице 1 (6,55 мЗв).

Видно, что на показатель DRLs (ЭД_{75th}) влияет не только масса тела, но и аномальные значения дозы облучения у отдельных пациентов. Так, в группе многофазных КТ ОБП+ОМТ средние массы тела пациентов в больнице 1 и больнице 2 были близки (79,7±2,9 и 80,7±2,7 кг соответственно), но у 5 пациентов в больнице 1 значения ЭД аномально превышали 45 мЗв (см. рис. 2, е), поэтому 75-е квантили ЭД, или DRLs (ЭД_{75th}), в больнице 2 были больше (40,1 мЗв), чем в больнице 1 (35,7 мЗв). В то же время стандартные ЭД_{70 кг} для больниц 1 и 2 составляли 29,99 и 21,63 мЗв соответственно.

Дополнительные результаты исследования

Полученные данные позволили установить, что средняя масса пациентов в сравниваемых группах приближалась к 80 кг (см. табл. 1), что связано с максимальным количеством пациентов практически во всех группах с массой около 80 кг. Поэтому средние ЭД и DRLs (ЭД_{75th}) в данных выборках пациентов всегда превышали значения стандартной ЭД_{70 кг} и были ближе к стандартной ЭД_{80 кг} (см. табл. 3). В связи с этим мы считаем, что в нашей

популяции разумно в качестве критерия оценки ЭД принимать значения стандартной ЭД_{80 кг}, а не стандартной ЭД_{70 кг}, так как стандартная ЭД_{80 кг} из-за изменений в антропологических данных на протяжении последних лет лучше отражает распределение массы тела в нашей популяции. В то же время при близости в группах сравнения средней массы тела к стандартной массе тела 80 кг можно использовать значения средней ЭД в обследованных группах пациентов для сравнения ЭД на разных компьютерных томографах.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

Конечной целью нашего исследования было обоснование важности расчёта стандартной ЭД при КТ-исследованиях, что позволит более корректно сравнивать уровни облучения пациентов в разных лечебно-диагностических учреждениях, поскольку сравниваемые выборки пациентов могут значительно отличаться по массе тела. Выполненный корреляционный анализ свидетельствует, что когорте пациентов с более высокой средней массой тела соответствует более высокая средняя доза облучения. Значения DRLs отражают 75-й квантиль значений дозы облучения и пропорциональны средней массе тела пациентов в группах, что не позволяет по DRLs корректно сравнить дозы облучения пациентов, обследованных в этих учреждениях, если группы пациентов резко отличаются по средней массе тела.

Проведённый в нашем исследовании корреляционный анализ показал общую закономерность увеличения дозы облучения пропорционально массе тела пациента при однофазных и многофазных КТ при обследовании ОГК (см. рис. 1, с, d; рис. 2, с, d), ОБП+ОМТ (см. рис. 1, е, f; рис. 2, е, f); корреляция дозы при КТ от массы тела пациента была максимальной для ОГК (0,59–0,70), ОБП+ОМТ (0,37–0,59) и минимальной для КТ головы (0,05–0,18) (см. рис. 1, а, b; рис. 2, а, b). Величина полученных коэффициентов корреляции согласуется с относительной массой сегментов тела человека [11–14]: масса верхней части туловища от общей массы тела составляет 15,9%, средней части туловища — 16,3%, нижней части туловища — 11,2%, а масса головы — лишь 6,9%.

Зависимость ЭД от массы тела пациента обусловлена конструктивными особенностями датчиков и автоматическим регулированием тока в трубке КТ-сканера. Это означает, что сравнение средней ЭД и медианы ЭД в различных медицинских учреждениях не может быть корректным, если средняя масса тела в сравниваемых группах пациентов резко отличается. Следовательно, для такого сравнения доз при КТ-исследованиях правильнее, как показано в нашем исследовании, рассчитывать и сопоставлять в сравниваемых группах стандартную ЭД_{70 кг} или стандартную ЭД_{80 кг}.

Обсуждение основного результата исследования

Проблеме оценки дозы облучения пациентов при КТ посвящено большое количество исследований. В качестве критерия, который помогает оптимизировать защиту при медицинском воздействии на пациентов при проведении диагностических и интервенционных процедур, установлен показатель «диагностический референтный уровень» (DRLs) [7]. Понятие DRLs было введено ICRP с 1996 г. и постоянно развивается [2, 6, 7]. В настоящее время ICRP рекомендует оценивать медианное значение дозы излучения при одной процедуре для каждого из объектов, включённых в исследование [7]: национальные DRLs должны быть установлены как 75-й процентиль медианных значений DLP или ЭД, полученных в выборке репрезентативных центров. Однако при этом не учитываются возможные различия в дозах, обусловленные разной массой тела пациентов в сравниваемых группах.

Известно, что значения DRLs для одной и той же области КТ подвержены большой вариабельности, что затрудняет их корректное сопоставление. Так, в обзорном исследовании [15] была отмечена 2–3-кратная разница в значениях DRLs между исследованиями для одной и той же процедуры. При этом к возможным причинам различий относят дизайн исследования, технологию сканирования, использование различных параметров облучения и различных индексов дозы. Мнения о причинах этих различий расходятся. В исследовании [16] оценивали факторы пациента, оборудования и учреждения, влияющие на дозу КТ-излучения. Обнаружено, что размер пациента (размер тела с точки зрения размера футболки), протоколы, специфичные для учреждения, и многофазное сканирование были наиболее важными предикторами дозы (R^2 8–32%), за ними следуют производитель оборудования и итеративная реконструкция (R^2 0,2–15%). В другом исследовании [17] показано, что дозы КТ-излучения сильно различаются в разных странах, но утверждается, что это связано, в первую очередь, с местным выбором технических параметров КТ-сканирования, а не с характеристиками пациента, учреждения или оборудования.

Вопрос о стандартной ЭД становится всё более актуальным в связи с постоянным уточнением критериев оценки дозы облучения пациентов в разных медицинских организациях. Так, в международных документах [4, 7] указано, что DRLs должны быть стандартизованы, т.е. приведены, насколько это возможно, для «пациента стандартного размера» для каждого рассматриваемого типа КТ-исследования с учётом того, что «стандартная доза — это средняя доза у взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70 ± 3 кг при проведении выбранной рентгенодиагностической процедуры в типичном режиме работы данного рентгеновского аппарата с типичным протоколом её выполнения» [4, 8, 10]. Указано, что выбранная средняя масса должна быть близка к средней

массе в рассматриваемой популяции, и для некоторых стран может быть приемлемым средняя масса пациента 70 ± 10 кг [7]. Но на практике в лечебных учреждениях DRLs рассчитываются по средним или медианным значениям дозы облучения в общей выборке пациентов без учёта размеров и массы тела.

Лишь небольшое число авторов учитывало «размер пациента» для этих анализов: например, A.J. van der Molen и соавт. [18] привели дозы для «пациента стандартного размера» (рост 1,74 м, масса 77 кг, индекс массы тела $25,4 \text{ кг/м}^2 \pm 15\%$) или пациента с массой тела 70 ± 15 кг [19]. Можно предположить, что разброс данных был бы меньше, и сравнение DRLs было бы более корректным, если сопоставлялись не средние или медианные дозы, а стандартные дозы облучения для «стандартного пациента» массой 70 или 80 кг. Эта методика расчёта должна быть одинаковой для всех медицинских учреждений.

Проведённый анализ (табл. 4) показал, что в разных странах ЭД (мЗв) при однофазных КТ исследуемых областей могли отличаться в несколько раз, и у разных авторов составляли для головы 1,5–2,3 мЗв, ОГК 4,0–7,9 мЗв, ОБП 2,4–10,0 мЗв, ОБП+ОМТ 4,1–11,7. При многофазных КТ исследуемых областей ЭД у разных авторов во многом зависела от количества этапов исследования и отличалась в большей степени: ОГК 5,1–9,5 мЗв, ОБП 3,6–23,1 мЗв, ОБП+ОМТ 6,3–24,5. Расчёты стандартных ЭД для пациента со стандартным весом (70 кг) в настоящем исследовании в больнице 1 и больнице 2 при однофазных и многофазных КТ исследуемых областей сопоставимы со средним или медианным ЭД других авторов для головы и ОГК и несколько превышают дозы для многофазных КТ ОБП+ОМТ (см. табл. 4).

Наши данные подтверждаются результатами других исследований. Так, стратификация данных по двум подгруппам пациентов (без избыточного веса, с избыточным весом) позволила лучше оптимизировать дозы КТ и возможность устанавливать DRLs на основе класса индекса массы тела [37].

Другие авторы [38] для КТ ОГК взрослых провели сравнение индекса дозы объёмной КТ (CTDIvol), произведения дозы на длину (DLP) и оценок дозы в зависимости от размера (size specific dose estimate, SSDE) с китайскими DRLs 2017 года. Пациенты были разделены на 4 группы в зависимости от диаметра грудной клетки, эквивалентного воде (Dw). Установлено, что параметры CTDIvol, DLP и SSDE увеличивались пропорционально показателю Dw.

Было изучено влияние размера пациента на дозу облучения при КТ [39]. Основываясь на эффективном диаметре, оценённом по результатам КТ тела взрослого человека, каждая КТ была классифицирована по размеру футболки, как XXS, XS, S, M, L, XL и XXL. Было выполнено сравнение показателя дозы облучения для каждого размера и каждого типа обследования, и установлены значения CTDIvol для размеров XXS (~60%), XS (~65%), S (~75%), M (100%), L (~130%), XL (~165%), XXL (~210%).

Таблица 4. Эффективные дозы облучения пациентов при КТ-исследовании головы, органов грудной клетки, органов брюшной полости и органов малого таза

Показатели ЭД	ЭД (мЗв) для КТ обследованных областей ^{a, b}				Страна
	Голова	ОГК	ОБП	ОБП+ОМТ	
Медиана	1,5/-	4,0/5,1	2,4/3,6	4,4/6,3–13,3	Австралия [20]
Среднее	2,0 (n=50) [21]; 1,99 [22]	4,99 (n=43) [23]; 9,84 [22]	10,44 (n=43) [23]	11,7 [22]	Канада [21–23]
Среднее	-	7,9–9,5 (n=81) [24]	-	6,15 (n=85) [25]	Китай [24, 25]
Среднее	2,1–4,2	2,9–5,2	3,3–7,3	4,1–9,2	Германия [26]
Среднее	1,2	5,9	8,2	-	Греция [27]
Среднее	-	6,04 (n=50)	6,89 (n=51)	-	Индия [23]
Медиана	2,3 (n=26 965)	4,6 (n=6542)	-	9,7 (n=1692)	Италия [28]
Среднее	-	-	7,7/23,1 (n=44) [29]	8,0 (n=447) [30]	Корея [29, 30]
Медиана, только стандартные пациенты (1,74 м, 77 кг, ИМТ 25,4 кг/м ² ±15%)	1,5	4,6	8/13,2–19,4	-	Нидерланды [18]
Среднее	1,21 (n=52)	7,60 (n=38)	8,25 (n=54)	-	Польша [23]
Медиана, пациенты с массой тела 70±15 кг	-	5,4 (ОГК, n=39)	-/8,1 (аппендицит, n=100)	-/24,5 (КТ ОБП для выявления метастазов в печень и брюшную полость при колоректальном раке, n=40)	Катар [19]
Стандартная ЭД _{70 кг}	1,7/1,9 (n=18/n=14)	4,5/6,6 (n=25/n=11)	-	7,2/30,0 (n=75/n=30)	Россия, данное исследование, больница 1 ^c
Стандартная ЭД _{70 кг}	2,1/3,6 (n=32/n=8)	2,1/5,3 (n=38/n=27)	-	5,9/21,6 (n=21/n=24)	Россия, данное исследование, больница 2 ^d
Среднее	0,89 (n=36)	4,20 (n=32)	6,03 (n=66)	-	Таиланд [23]
Среднее (n=340)	1,36/1,79	4,34	-	11,6/13,26	ОАЭ [31]
Среднее	1,66 (n=10) [23]	3,45 (n=30) [23]	2,4–6,04/ 8,4–15,33 [32]	6,69 (n=25) [23]	Великобритания [23, 32]
Среднее	2	7	7,3–8,0/15	10	США [33, 34]
Среднее	2,7	5,8	22,3	-	Эфиопия [35]
Медиана	2,1	4,4	6,8	-	Турция [36]

Примечание. n — число наблюдений. ЭД — эффективная доза; КТ — компьютерная томография; ОГК — органы грудной клетки; ОБП — органы брюшной полости; ОМТ — органы малого таза, ИМТ — индекс массы тела.

^a K_{ЭД ДЛР} (мЗв×мГр⁻¹×см⁻¹) [4]: голова 0,0023, ОГК 0,017, ОБП 0,015, ОМТ 0,019; ^b однофазное/многофазное КТ; ^c больница 1, КТ-сканер GE Discovery CT750 HD, 64-срезовый; ^d больница 2, КТ-сканер Toshiba Aquilion Prime, 80-срезовый.

Таким образом, молодые пациенты (XXS) получали 60% дозы по сравнению с пациентами размера М, а пациентам размера XXL требовалось удвоение дозы (~210%). Авторы утверждают, что новый подход, выражающий размеры тела с точки зрения размера футболки, достаточно прост и предоставляет инструмент для демонстрации различий в дозах между пациентами разного телосложения. Однако, по нашему мнению, этот подход применим только для КТ ОГК; кроме того, масса тела более точно отражает

индивидуальные особенности организма пациента, чем размер футболки.

Ограничения исследования

Одним из ограничений исследования является то, что для учёта размера пациента при контроле дозы облучения в процессе КТ может применяться также концепция SSDE (оценка дозы, зависящей от размера). Но SSDE учитывает только поправки, основанные

на геометрических размерах пациента — линейных размерах, измеренных или определённых у пациента или на его изображениях [7]. Концепция SSDE направлена на корректировку стандартных параметров протокола КТ в зависимости от размера области КТ (эффективный диаметр области сканирования), чтобы минимизировать поглощённую дозу излучения (мГр) [40], но не учитывает массу тела пациента и не предназначена для оценки ЭД (мЗв) и рисков долгосрочных радиационных последствий.

Учитывая это, в настоящее время SSDE не считается подходящим критерием для использования в качестве DRLs [7]. В подтверждение этому в систематическом обзоре [15] по данным анализа 54 научных статей указано, что концепция SSDE широко не используется. Так, среди всех используемых комбинаций критериев дозы облучения пациентов показатели CTDIvol и/или DLP применяли в 87% исследований, а показатели DLP+SSDE — только в 1% исследований [15]. Наиболее часто SSDE использовали для моделирования дозы при КТ ОГК и документирования результатов стратегий снижения дозы для конкретного (особенно педиатрического) пациента [41–43].

Другим ограничением работы являются различные подходы к расчётам стандартной ЭД. В нашем исследовании для расчёта стандартной ЭД мы использовали метод линейной аппроксимации (формула 2) зависимости дозы от массы тела пациентов (уравнения линейной регрессии). Проведённый регрессионный анализ позволил установить коэффициенты уравнений регрессии для зависимостей дозы облучения от массы тела для каждой области КТ для больницы 1 и больницы 2. Затем эти коэффициенты были использованы для расчёта значений стандартной ЭД_{70 кг} для «стандартного пациента» массой 70 кг и стандартной ЭД_{80 кг} для «стандартного пациента» массой 80 кг (см. табл. 3).

Нелинейная модель (степенная функция) также может быть использована при описании зависимости дозы облучения при КТ от размера или массы тела пациента для конкретных областей тела. Например, в отчёте [23] при КТ брюшной полости линейную функцию использовали для расчёта зависимости нормализованного шума от индекса массы тела, а степенную функцию — для расчёта зависимости нормализованного шума от переднезаднего диаметра пациента.

Однако, по нашему мнению, линейная аппроксимация — более приемлемый вариант для практических рентгенологов. Если в каждой больнице врачи будут использовать свою собственную модель нелинейной аппроксимации зависимости ЭД от массы тела, это приведёт к разным математическим зависимостям и внесёт дополнительную несистематическую ошибку в такое сравнение стандартных ЭД. В связи с этим нам представляется, что использование линейной регрессии приемлемо для рутинной практической работы

рентгенологов в качестве единообразного метода такой аппроксимации.

Наше мнение совпадает с мнением, изложенным в [23]: «...наилучшая корреляция между нормализованным шумом и размером пациента была получена с использованием эффективных диаметров пациента и степенной функции. Однако определение переднезаднего и боковых диаметров (которые должны быть известны для расчёта эффективного диаметра) на практике может быть более сложным с точки зрения логистики работы рентген-отделения, чем взвешивание пациента. Именно поэтому принято решение [23] использовать взвешивание пациента из-за простоты измерения веса по сравнению с измерением указанных выше его диаметров, а также использовать доступную приемлемую линейную корреляцию, а не более сложную для вычисления степенную функцию».

Таким образом, в настоящее время национальные DRLs установлены как 75-й процентиль медианных значений дозы облучения пациентов, полученных в выборке репрезентативных центров [7]. Если в лечебном учреждении DRLs превышает региональный уровень, это является поводом к анализу технологии выполнения КТ (напряжение на трубке, протяжённость области сканирования и другие параметры протокола КТ) для поиска путей его снижения. Однако это превышение может быть обусловлено не только техническими параметрами КТ-исследования, но и большей средней массой пациентов в одном из лечебных учреждений. По нашему мнению, для корректного сравнения дозовой нагрузки в группах пациентов, которые значительно отличаются по средней массе тела, рекомендуется использовать рассчитанные в группах сравнения стандартные ЭД_{70 кг} или стандартные ЭД_{80 кг}. Даже при значительных различиях в средней массе тела пациентов, если при КТ стандартная ЭД в больнице 1 выше, чем в больнице 2, можно с уверенностью полагать, что это превышение не связано с массой пациентов, а связано со спецификой КТ-сканеров и протоколов сканирования, а для снижения дозы требуется их модификация.

Таким образом, методы расчёта DRLs постоянно совершенствуются [44–48], и полученные результаты важны для установления правильного DRLs лучевого воздействия на пациентов. Стандартная ЭД может быть использована в будущем для расчёта DRLs для КТ-сканеров по регионам страны, однако для этого требуется регистрировать массу тела пациента в каждом протоколе КТ.

В условиях резкого увеличения числа КТ-исследований в последнее время непревышение DRLs, установленной по стандартной ЭД, для пациентов при КТ-исследованиях уменьшит отдалённые последствия в виде онкологической патологии среди населения [49–51]. Мероприятия по контролю дозы облучения являются важной задачей для общественного здравоохранения [44, 45, 52, 53]

и отвечают целям сотрудничества с международными проектами EUROSAFE.

На практике может быть использована описанная методика оценки стандартной ЭД для каждой области тела и сравнения ЭД КТ-излучения на примере двух больниц и двух КТ-сканеров с учётом массы стандартного пациента. Расчёт и анализ стандартной ЭД для каждой области тела, а не только средней ЭД, медианной ЭД и 75-го квантиля ЭД, помогает более корректно сравнивать радиационное облучение в разных медицинских учреждениях и точнее анализировать причины превышения региональных или национальных DRLs.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективные дозы облучения при КТ пропорциональны массе тела пациента.

Сравнение средних и медианных доз облучения в группах пациентов, резко отличающихся по средней массе тела, является некорректным.

Обоснован метод сопоставления доз облучения пациентов на основе расчёта стандартной эффективной дозы для двух областей КТ (органы грудной клетки, органы брюшной полости и малого таза).

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796. Дата обращения: 25.10.2022.
2. IAEA [Интернет]. Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA, Vienna, 2014. Режим доступа: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards>. Дата обращения: 25.10.2022.
3. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection // Ann ICRP. 1991. Vol. 21, N 1-3. P. 1–201.
4. EUR16262 [Интернет]. European guidelines on quality criteria in Computed Tomography. Brussels, Belgium: European Commission, Report EUR 16262. 1999. Режим доступа: <https://op.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>. Дата обращения: 25.10.2022.
5. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103 // Ann ICRP. 2007. Vol. 37, N 2-4. P. 1–332. doi: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
6. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105 // Ann ICRP. 2007. Vol. 37, N 6. P. 1–63. doi: 10.1016/j.icrp.2008.08.001

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Е.И. Маткевич — концепция исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, оформление таблиц, написание текста; В.Е. Синицын — супервизия, анализ материалов и их редакция; И.В. Иванов — дизайн исследования, подготовка иллюстраций.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. E.I. Matkevich — concept of the study, collection and processing of materials, analysis of the obtained data, design of tables, writing of the text; V.E. Sinitsyn — supervision, analysis of materials and their editing; I.V. Ivanov — study design, preparation of illustrations.

7. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135 // Ann ICRP. 2017. Vol. 46, N 1. P. 1–144. doi: 10.1177/0146645317717209
8. Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография: учебное пособие. В 2 т. / пер. с англ. Ш.Ш. Шотемора. 3-е изд. Москва: МЕДпресс-информ, 2011.
9. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. Изменения в МР 2.6.1.0066-12. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/71e/mu-2.6.1.3584_19-izmeneniya-v-mu-2.6.1.2944_11.pdf. Дата обращения: 25.10.2022.
10. МР 2.6.1.0066-12. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. Режим доступа: https://rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4656. Дата обращения: 25.10.2022.
11. Hinrichs R.N. Adjustments to the segment center of mass proportions of Clauser et al. (1969) // J Biomech. 1990. Vol. 23, N 9. P. 949–951. doi: 10.1016/0021-9290(90)90361-6
12. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика. Москва: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. 550 с.

13. Ozlib.com [Интернет]. Общий центр масс, общий центр тяжести, геометрия масс, антропометрия // Биомеханика. Познавание телесно-двигательного упражнения. Режим доступа: https://ozlib.com/801945/sport/obschiy_tsentr_mass_obschiy_tsentr_tyazhesti_geometriya_mass_antropometriya. Дата обращения: 25.10.2022.
14. Helpiks.org [Интернет]. Распределение массы в теле человека. Режим доступа: <https://helpiks.org/6-6110.html>. Дата обращения: 25.10.2022.
15. Garba I., Zarb F., McEntee M.F., Fabri S.G. Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: A systematic review // *Radiography (Lond)*. 2021. Vol. 27, N 2. P. 673–681. doi: 10.1016/j.radi.2020.08.011
16. Smith-Bindman R., Wang Y., Yellen-Nelson T.R., et al. Predictors of CT radiation dose and their effect on patient care: a comprehensive analysis using automated data // *Radiology*. 2017. Vol. 282, N 1. P. 182–193. doi: 10.1148/radiol.2016151391
17. Smith-Bindman R., Wang Y., Chu P., et al. International variation in radiation dose for computed tomography examinations: prospective cohort study // *BMJ*. 2019. N 364. P. k4931. doi: 10.1136/bmj.k4931
18. Van der Molen A.J., Schilham A., Stoop P., et al. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands // *Insights Imaging*. 2013. Vol. 4, N 3. P. 383–390. doi: 10.1007/s13244-013-0253-9
19. Al Naemi H., Tsapaki V., Omar A.J., et al. Towards establishment of diagnostic reference levels based on clinical indication in the state of Qatar // *Eur J Radiol Open*. 2020. N 7. P. 100282. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100282
20. Heggie J.C. Patient doses in multi-slice CT and the importance of optimization // *Australas Phys Eng Sci Med*. 2005. Vol. 28, N 2. P. 86–96. doi: 10.1007/BF03178698
21. Rivers-Bowerman M.D., Shankar J.J. Iterative reconstruction for head CT: Effects on radiation dose and image quality // *Can J Neurol Sci*. 2014. Vol. 41, N 5. P. 620–625. doi: 10.1017/cjn.2014.11
22. MacGregor K., Li I., Dowdell T., Gray B.G. Identifying institutional diagnostic reference levels for CT with radiation dose index monitoring software // *Radiology*. 2015. Vol. 276, N 2. P. 507–517. doi: 10.1148/radiol.2015141520
23. IAEA-TECDOC-1621 [Интернет]. Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: A Feasibility/Demonstration Study. IAEA, Vienna, 2009. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1621_web.pdf. Дата обращения: 25.10.2022.
24. Qi L.P., Li Y., Tang L., et al. Evaluation of dose reduction and image quality in chest CT using adaptive statistical iterative reconstruction with the same group of patients // *Br J Radiol*. 2012. Vol. 85, N 1018. P. e906–e911. doi: 10.1259/bjr/66327067
25. Yasaka K., Katsura M., Akahane M., et al. Model-based iterative reconstruction for reduction of radiation dose in abdominopelvic CT: Comparison to adaptive statistical iterative reconstruction // *Springerplus*. 2013. Vol. 2, N 1. P. 209. doi: 10.1186/2193-1801-2-209
26. Hofer M. CT teaching manual: a systematic approach to CT reading. Thieme, 2005. 208 p.
27. Tsapaki V., Aldrich J.E., Sharma R., et al. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: Diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT-IAEA-coordinated research project // *Radiology*. 2006. Vol. 240, N 3. P. 828–834. doi: 10.1148/radiol.2403050993
28. Calderoni F., Campanaro F., Colombo P.E., et al. Analysis of a multicentre cloud-based CT dosimetric database: Preliminary results // *Eur Radiol Exp*. 2019. Vol. 3, N 1. P. 27. doi: 10.1186/s41747-019-0105-6
29. Shin H.J., Chung Y.E., Lee Y.H., et al. Radiation dose reduction via sinogram affirmed iterative reconstruction and automatic tube voltage modulation (CARE kV) in abdominal CT // *Korean J Radiol*. 2013. Vol. 14, N 6. P. 886–893. doi: 10.3348/kjr.2013.14.6.886
30. Kim K., Kim Y.H., Kim S.Y., et al. Low-dose abdominal CT for evaluating suspected appendicitis // *N Engl J Med*. 2012. Vol. 366, N 17. P. 1596–1605. doi: 10.1056/NEJMoa1110734
31. Abuzaid MM, Elshami W, Tekin HO, et al. Computed tomography radiation doses for common computed tomography examinations: a nationwide dose survey in United Arab Emirates. *Insights Imaging* 11, 88 (2020). doi: 10.1186/s13244-020-00891-6
32. Shrimpton P.C., Hillier M.C., Lewis M.A., Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003 // *Br J Radiol*. 2006. Vol. 79, N 948. P. 968–980. doi: 10.1259/bjr/93277434
33. Mettler F., Huda W., Yoshizumi T., Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog // *Radiology*. 2008. Vol. 248, N 1. P. 254–263. doi: 10.1148/radiol.2481071451
34. Pickhardt P.J., Lubner M.G., Kim D.H., et al. Abdominal CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): Initial results of a prospective trial comparing ultralow-dose with standard-dose imaging // *Am J Roentgenol*. 2012. Vol. 199, N 6. P. 1266–1274. doi: 10.2214/AJR.12.9382
35. Zewdu M., Kadir E., Tesfaye M., Berhane M. Establishing local diagnostic reference levels for routine computed tomography examinations in JIMMA university medical center south West Ethiopia // *Radiat Prot Dosimetry*. 2021. Vol. 193, N 3-4. P. 200–206. doi: 10.1093/rpd/ncab028
36. Atlı E., Uyanık S.A., Ögüslü U., et al. Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: An institutional dose report // *Diagn Interv Radiol*. 2021. Vol. 27, N 1. P. 147–151. doi: 10.5152/dir.2020.19560
37. Brat H., Zanca F., Montandon S., et al. Local clinical diagnostic reference levels for chest and abdomen CT examinations in adults as a function of body mass index and clinical indication: A prospective multicenter study // *Eur Radiol*. 2019. Vol. 29, N 12. P. 6794–6804. doi: 10.1007/s00330-019-06257-x
38. Hu X., Gou J., Lin W., et al. Size-specific dose estimates of adult, chest computed tomography examinations: Comparison of Chinese and updated 2017 American College of Radiology diagnostic reference levels based on the water-equivalent diameter // *PLoS One*. 2021. Vol. 16, N 9. P. e0257294. doi: 10.1371/journal.pone.0257294
39. Li X., Steigerwalt D., Rehani M. T-shirt size as a classification for body habitus in computed tomography (CT) and development of size-based dose reference levels for different indications // *Eur J Radiol*. 2022. Vol. 151, N 3. P. 110289. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110289
40. Westra S.J., Li X., Gulat K., et al. Entrance skin dosimetry and size-specific dose estimate from pediatric chest CTA // *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014. Vol. 8, N 2. P. 97–107. doi: 10.1016/j.jcct.2013.08.002
41. Strauss K.J. CT: Size Specific Dose Estimate (SSDE): Why We Need Another CT Dose Index. Clinical Imaging Physicist Cincinnati Children's Hospital University of Cincinnati College of Medicine // Boone J., McCollough C., McNitt-Grey M., et al. Acknowledgements. Available from: <https://docplayer.net/20784880-Ct-size-specific-dose-estimate-ssde-why-we-need-another-ct-dose-index-acknowledgements.html>. Дата обращения: 25.10.2022.

42. Özsoykal İ., Yurt A., Akgüngör K. Size-specific dose estimates in chest, abdomen, and pelvis CT examinations of pediatric patients // *Diagn Interv Radiol*. 2018. Vol. 24, N 4. P. 243–248. doi: 10.5152/dir.2018.17450
43. Lyra M., Rouchota M., Michalitsi M., Bouladaki A. Effective dose and size-specific dose estimate (SSDE) of the torso: In low dose MDCT protocol in multiple myeloma // *Radiol Diagn Imaging*. 2019. doi: 10.15761/RDI.1000146
44. Matkevich E.I., Sinitsyn V.E., Ivanov I.V. [Health prediction indices obtained with low-dose computer tomography scans] // *Aviakosm Ekolog Med*. 2015. Vol. 49, N 6. P. 61–67. Russian.
45. Применение референтных диагностических уровней для взрослых пациентов в лучевой диагностике. Методические рекомендации. Москва, 2020. 38 с.
46. Damilakis J., Vassileva J. The growing potential of diagnostic reference levels as a dynamic tool for dose optimization // *Physica Medica*. 2021. Vol. 84. P. 285–287. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.03.018
47. Moghadam N., Lecomte R., Mercure S., et al. Simplified size adjusted dose reference levels for adult CT examinations: A regional study // *Eur J Radiol*. 2021. Vol. 142. P. 109861. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109861
48. Almén A., Guðjónsdóttir J., Heimland N., et al. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves: A feasibility study including conventional and CT examinations // *Phys Med*. 2021. Vol. 87. P. 65–72. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.05.035
49. Smith-Bindman R., Lipson J., Marcus R., et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer // *Arch Intern Med*. 2009. Vol. 169, N 22. P. 2078–2086. doi: 10.1001/archinternmed.2009.427
50. Smith-Bindman R. Environmental causes of breast cancer and radiation from medical imaging: Findings from the institute of medicine report // *Arch Intern Med*. 2012. Vol. 172, N 13. P. 1023–1027. doi: 10.1001/archinternmed.2012.2329
51. Linet M.S., Slovis T.L., Miller D.L., et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures // *CA Cancer J Clin*. 2012. Vol. 62, N 2. P. 75–100. doi: 10.3322/caac.21132
52. Голиков В.Ю., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Шацкий И.Г. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении медицинских исследований в Российской Федерации // *Радиационная гигиена*. 2021. Т. 14, № 3. С. 56–68. doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68
53. Дружинин Ю.В., Рыжов С.А., Водоватов А.В., и др. Влияние COVID-19 на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении компьютерной томографии в медицинских организациях Москвы // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 1. С. 5–15. doi: 10.17816/DD87628

REFERENCES

1. On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2021. State report. Available from: https://www.rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=21796. Accessed: 25.10.2022.
2. IAEA [Internet]. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA, Vienna, 2014. Available from: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards>. Accessed: 25.10.2022.
3. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP*. 1991;21(1-3):1–201.
4. EUR16262 [Internet]. European guidelines on quality criteria in Computed Tomography. Brussels, Belgium: European Commission, Report EUR 16262. 1999. Available from: <https://op.europa.eu/da/publication-detail/-/publication/d229c9e1-a967-49de-b169-59ee68605f1a>. Accessed: 25.10.2022.
5. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP*. 2007;37(2-4):1–332. doi: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
6. Radiation protection in medicine. ICRP Publication 105. *Ann ICRP*. 2007;37(6):1–63. doi: 10.1016/j.icrp.2008.08.001.
7. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. *Ann ICRP*. 2017;46(1):1–144. doi: 10.1177/0146645317717209
8. Prokop M., Galanski M. Spiral and multislice computed tomography of the body. Vol. 2. Germany: Stuttgart, Verlag KG, cop. 2002.
9. Monitoring of the effective doses of patient due to medical x-ray examinations. Changes in Methodical guidelines MU 2.6.1.2944-11. 2.6.1. Ionizing radiation, radiation safety. Available from: https://www.rosпотреbnadzor.ru/upload/iblock/71e/mu-2.6.1.3584_19-izmeneniya-v-mu-2.6.1.2944_11.pdf. Accessed: 25.10.2022.
10. The application of reference diagnostic levels for optimization of patient's radiation protection during X-ray examinations of general purpose. Methodological recommendations MR 2.6.1.0066-12. Available from: https://rosпотреbnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4656. Accessed: 25.10.2022.
11. Hinrichs RN. Adjustments to the segment center of mass proportions of Clauser et al. (1969). *J Biomech*. 1990;23(9):949–951. doi: 10.1016/0021-9290(90)90361-6
12. Dubrovsky VI, Fedorova VN. Biomechanics: Textbook. For secondary and higher educational institutions. Moscow: VLADOS-PRESS; 2003. 550 p.
13. Ozlib.com [Internet]. Common center of mass, common center of gravity, geometry of masses, anthropometry. In: Biomechanics. Knowledge of body-motor exercises. 2013. Available from: https://ozlib.com/801945/sport/obschiy_tsentr_mass_obschiy_tsentr_tyazhesti_geometriya_mass_antropometriya. Accessed: 25.10.2022.
14. Helpiks.org [Internet]. Distribution of mass in the human body. Available from: <https://helpiks.org/6-6110.html>. Accessed: 25.10.2022.
15. Garba I, Zarb F, McEntee MF, Fabri SG. Computed tomography diagnostic reference levels for adult brain, chest and abdominal examinations: a systematic review. *Radiography (Lond)*. 2021;27(2):673–681. doi: 10.1016/j.radi.2020.08.011
16. Smith-Bindman R, Wang Y, Yellen-Nelson TR, et al. Predictors of CT radiation dose and their effect on patient care: a comprehensive analysis using automated data. *Radiology*. 2017;282(1):182–193. doi: 10.1148/radiol.2016151391
17. Smith-Bindman R, Wang Y, Chu P, et al. International variation in radiation dose for computed tomography examinations: prospective cohort study. *BMJ*. 2019;(364):k4931. doi: 10.1136/bmj.k4931
18. Van der Molen AJ, Schilham A, Stoop P, et al. A national survey on radiation dose in CT in The Netherlands. *Insights Imaging*. 2013;4(3):383–390. doi: 10.1007/s13244-013-0253-9
19. Al Naemi H, Tsapaki V, Omar AJ, et al. Towards establishment of diagnostic reference levels based on clinical indica-

- tion in the state of Qatar. *Eur J Radiol Open*. 2020;7:100282. doi: 10.1016/j.ejro.2020.100282
20. Heggie JC. Patient doses in multi-slice CT and the importance of optimisation. *Australas Phys Eng Sci Med*. 2005;28(2):86–96. doi: 10.1007/BF03178698
21. Rivers-Bowerman MD, Shiva Shankar JJ. Iterative reconstruction for head CT: Effects on radiation dose and image quality. *Can J Neurol Sci*. 2014;41(5):620–625. doi: 10.1017/cjn.2014.11
22. MacGregor K, Li I, Dowdell T, Gray BG. Identifying institutional diagnostic reference levels for CT with radiation dose index monitoring software. *Radiology*. 2015;276(2):507–517. doi: 10.1148/radiol.2015141520
23. IAEA-TECDOC-1621 [Internet]. Dose Reduction in CT while Maintaining Diagnostic Confidence: A Feasibility/Demonstration Study. IAEA, Vienna; 2009. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1621_web.pdf. Accessed: 25.10.2022.
24. Qi LP, Li Y, Tang L, Li YL, et al. Evaluation of dose reduction and image quality in chest CT using adaptive statistical iterative reconstruction with the same group of patients. *Br J Radiol*. 2012;85(1018):e906–e911. doi: 10.1259/bjr/66327067
25. Yasaka K, Katsura M, Akahane M, et al. Model-based iterative reconstruction for reduction of radiation dose in abdominopelvic CT: Comparison to adaptive statistical iterative reconstruction. *Springerplus*. 2013;2(1):209. doi: 10.1186/2193-1801-2-209
26. Hofer M. CT teaching manual: a systematic approach to CT reading. Thieme; 2005. 208 p.
27. Tsapaki V, Aldrich JE, Sharma R, et al. Dose reduction in CT while maintaining diagnostic confidence: Diagnostic reference levels at routine head, chest, and abdominal CT-IAEA-coordinated research project. *Radiology*. 2006;240(3):828–834. doi: 10.1148/radiol.2403050993
28. Calderoni F, Campanaro F, Colombo PE, et al. Analysis of a multicentre cloud-based CT dosimetric database: Preliminary results. *Eur Radiol Exp*. 2019;3(1):27. doi: 10.1186/s41747-019-0105-6
29. Shin HJ, Chung YE, Lee YH, et al. Radiation dose reduction via sinogram affirmed iterative reconstruction and automatic tube voltage modulation (CARE kV) in abdominal CT. *Korean J Radiol*. 2013;14(6):886–893. doi: 10.3348/kjr.2013.14.6.886
30. Kim K, Kim YH, Kim SY, et al. Low-dose abdominal CT for evaluating suspected appendicitis. *N Engl J Med*. 2012;366(17):1596–1605. doi: 10.1056/NEJMoa1110734
31. Abuzaid MM, Elshami W, Tekin HO et al. Computed tomography radiation doses for common computed tomography examinations: a nationwide dose survey in United Arab Emirates. *Insights Imaging* 11, 88 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00891-6>
32. Shrimpton PC, Hillier MC, Lewis MA, Dunn M. National survey of doses from CT in the UK: 2003. *Br J Radiol*. 2006;79(948):968–980. doi: 10.1259/bjr/93277434
33. Mettler F, Huda W, Yoshizumi T, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: A catalog. *Radiology*. 2008;248(1):254–263. doi: 10.1148/radiol.2481071451
34. Pickhardt PJ, Lubner MG, Kim DH, et al. Abdominal CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): Initial results of a prospective trial comparing ultralow-dose with standard-dose imaging. *Am J Roentgenol*. 2012;199(6):1266–1274. doi: 10.2214/AJR.12.9382
35. Zewdu M, Kadir E, Tesfaye M, Berhane M. Establishing local diagnostic reference levels for routine computed tomography examinations in JIMMA university medical center south West Ethiopia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2021;193(3-4):200–206. doi: 10.1093/rpd/ncab028
36. Atlı E, Uyanık SA, Ögüslü U, et al. Radiation doses from head, neck, chest and abdominal CT examinations: An institutional dose report. *Diagn Interv Radiol*. 2021;27(1):147–151. doi: 10.5152/dir.2020.19560
37. Brat H, Zanca F, Montandon S, et al. Local clinical diagnostic reference levels for chest and abdomen CT examinations in adults as a function of body mass index and clinical indication: A prospective multicenter study. *Eur Radiol*. 2019;29(12):6794–6804. doi: 10.1007/s00330-019-06257-x
38. Hu X, Gou J, Lin W, et al. Size-specific dose estimates of adult, chest computed tomography examinations: Comparison of Chinese and updated 2017 American College of Radiology diagnostic reference levels based on the water-equivalent diameter. *PLoS One*. 2021;16(9):e0257294. doi: 10.1371/journal.pone.0257294
39. Li X, Steigerwalt D, Rehani M. T-shirt size as a classification for body habitus in computed tomography (CT) and development of size-based dose reference levels for different indications. *Eur J Radiol*. 2022;151(3):110289. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110289
40. Westra SJ, Li X, Gulat K, et al. Entrance skin dosimetry and size-specific dose estimate from pediatric chest CTA. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2014;8(2):97–107. doi: 10.1016/j.jcct.2013.08.002
41. Strauss KJ. CT: Size Specific Dose Estimate (SSDE): Why We Need Another CT Dose Index. Clinical Imaging Physicist Cincinnati Children's Hospital University of Cincinnati College of Medicine. In: Boone J, McCollough C, McNitt-Grey M, et al. Acknowledgements. Available from: <https://docplayer.net/20784880-Ct-size-specific-dose-estimate-ssde-why-we-need-another-ct-dose-index-acknowledgements.html>. Accessed: 25.10.2022.
42. Özsoykal İ, Yurt A, Akgüngör K. Size-specific dose estimates in chest, abdomen, and pelvis CT examinations of pediatric patients. *Diagn Interv Radiol*. 2018;24(4):243–248. doi: 10.5152/dir.2018.17450
43. Lyra M, Rouchota M, Michalitsi M, Boultadaki A. Effective dose and size-specific dose estimate (SSDE) of the torso: In low dose MDCT protocol in multiple myeloma. *Radiol Diagn Imaging*. 2019. doi: 10.15761/RDI.1000146
44. Matkevich EI, Sinitsyn VE, Ivanov IV. Health prediction indices obtained with low-dose computer tomography scans. *Aviakosm Ekolog Med*. 2015;49(6):61–67. (In Russ).
45. The use of reference diagnostic levels for adult patients in radiation diagnostics. Methodological recommendations. Moscow; 2020. 38 p. (In Russ).
46. Damilakis J, Vassileva J. The growing potential of diagnostic reference levels as a dynamic tool for dose optimization. *Physica Medica*. 2021;84:285–287. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.03.018
47. Moghadam N, Lecomte R, Mercure S, et al. Simplified size adjusted dose reference levels for adult CT examinations: A regional study. *Eur J Radiol*. 2021;142:109861. doi: 10.1016/j.ejrad.2021.109861
48. Almén A, Guðjónsdóttir J, Heimland N, et al. Establishing paediatric diagnostic reference levels using reference curves: A feasibility study including conventional and CT examinations. *Phys Med*. 2021;87:65–72. doi: 10.1016/j.ejmp.2021.05.035
49. Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med*. 2009;169(22):2078–2086. doi: 10.1001/archinternmed.2009.427
50. Smith-Bindman R. Environmental causes of breast cancer and radiation from medical imaging: Findings from the institute

of medicine report. *Arch Intern Med.* 2012;172(13):1023–1027. doi: 10.1001/archinternmed.2012.2329

51. Linet MS, Slovis TL, Miller DL, et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA Cancer J Clin.* 2012;62(2):75–100. doi: 10.3322/caac.21132

52. Golikov VY, Vodovатов AV, Chipiga LA, Shatsky IG. Assessment of radiation risk in patients during medical research in the Rus-

sian Federation. *Radiation hygiene.* 2021;14(3):56–68. (In Russ). doi: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68

53. Druzhinin YV, Ryzhov SA, Vodovатов AV, et al. The influence of COVID-19 on the dynamics of changes in the dose load on patients during computed tomography in medical organizations in Moscow. *Digital Diagnostics.* 2022;3(1):5–15. doi: 10.17816/DD87628

ОБ АВТОРАХ

* **Иванов Иван Васильевич**, д.м.н., профессор;
адрес: Россия, 105275, Москва, Проспект Будённого, д. 31;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7729-2724>;
eLibrary SPIN: 9888-2780; e-mail: ivanov-iv@yandex.ru

Маткевич Елена Ивановна, к.м.н.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5917-7706>;
eLibrary SPIN: 5546-4830; e-mail: pencil_red@mail.ru

Синицын Валентин Евгеньевич, д.м.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>;
eLibrary SPIN: 8449-6590; e-mail: vsini@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Ivan V. Ivanov**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
address: 31, Prospect Budennogo, 105275, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7729-2724>;
eLibrary SPIN: 9888-2780; e-mail: ivanov-iv@yandex.ru

Elena I. Matkevich, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5917-7706>;
eLibrary SPIN: 5546-4830; e-mail: pencil_red@mail.ru

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5649-2193>;
eLibrary SPIN: 8449-6590; e-mail: vsini@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111194>

Минимальный стандарт оснащения поликлиник города Москвы ультразвуковыми диагностическими приборами

Н.Н. Ветшева¹, И.В. Солдатов¹, З.А. Лантух¹, С.Г. Киреев¹, А.И. Гуревич², А.Н. Мухортова¹¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация² Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Разнообразие подвидов ультразвукового оборудования и отсутствие общепринятых классификаций приводит к неэффективному оснащению медицинских организаций, ошибочно подобранному с точки зрения вида прибора, наборов и характеристик датчиков, а также уровню качества исследования. Системный подход к оснащению однотипных медицинских организаций ультразвуковым оборудованием позволит обеспечить доступность и повысить качество первичной медицинской помощи в амбулаторно-поликлинических центрах.

Цель — разработать алгоритм расчёта и рекомендации составления минимального стандарта оснащения амбулаторных медицинских организаций государственной системы здравоохранения для региона на примере г. Москвы.

Материалы и методы. В процессе исследования использовали программные средства статистического и сравнительного анализа, согласно данным системы Управления материальным обеспечением Единой медицинской информационно-аналитической системы (УМО ЕМИАС), формы федерального статистического наблюдения № 30, а также технические данные и обзоры современных ультразвуковых диагностических приборов.

Результаты. Разработанный минимальный стандарт оснащения учитывает такие факторы, как потребность в оказании медицинской помощи отдельно детскому/взрослому населению; соответствие современным диагностическим технологиям; обеспечение территориальной доступности диагностики при условии эффективной эксплуатации работы оборудования.

Заключение. Стандартизация оснащения амбулаторных медицинских организаций ультразвуковыми диагностическими приборами способствует повышению качества проведения диагностики, улучшению доступности оказания необходимых исследований прикрепленному населению, снижению срока ожидания исследований; сокращению дефицита необходимого оборудования; расширению спектра медицинских услуг, оказываемых населению города; минимизации дублирующих исследований на последующих этапах оказания медицинской помощи.

Ключевые слова: стандарт оснащения; ультразвук; поликлиники; ультразвуковые диагностические приборы; медицинское оборудование.

Как цитировать

Ветшева Н.Н., Солдатов И.В., Лантух З.А., Киреев С.Г., Гуревич А.И., Мухортова А.Н. Минимальный стандарт оснащения поликлиник города Москвы ультразвуковыми диагностическими приборами // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 362–372. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111194>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111194>

Minimum standard for equipping Moscow clinics with ultrasound diagnostic devices

Natalia N. Vetsheva¹, Ilya V. Soldatov¹, Zoya A. Lantukh¹, Sergey G. Kireev¹, Anzhelika I. Gurevich², Anna N. Mukhortova¹

¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

² Filatov N.F. Children's City Hospital, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: A variety of ultrasound equipment and a lack of generally accepted classifications lead to inefficient equipment of medical organizations, incorrectly selected types of device, sets and probes' characteristics, as well as a level of study quality. A systematic approach to equipping similar medical organizations with ultrasound devices will ensure the availability and improve the quality of primary medical care in outpatient centers.

AIM: To develop a calculation algorithm and recommendations for the minimum standard for equipping regional outpatient medical facilities of the state healthcare system based on the Moscow example.

MATERIALS AND METHODS: In conducting the study, we used software for statistical and comparative analysis based on the data of the Material Support Management System of the Unified Medical Information and Analytical System (MSMS UMIAS), Form No.30 of Federal Statistical Observation, as well as a number of assigned population to the outpatient center (hereinafter referred to as the OC), technical data, and reviews of modern ultrasound diagnostic devices.

RESULTS: The developed minimum standard for equipment considers the following factors: 1) need to provide medical care to children and adult populations separately; 2) compliance with modern diagnostic technologies; 3) ensuring the territorial availability of diagnostics under the condition of efficient equipment operation.

CONCLUSIONS: Standardization of equipment of outpatient medical facilities with ultrasound diagnostic devices contributes to improving the quality of diagnostics and the availability of providing required examinations to the assigned population, reducing the waiting time for examinations, reducing the shortage of necessary equipment, expanding the range of medical services provided to the city population, and minimizing duplicate studies at subsequent stages of medical care.

Keywords: equipment and supplies; ultrasonography; ambulatory care facility; medical equipment.

To cite this article

Vetsheva NN, Soldatov IV, Lantukh ZA, Kireev SG, Gurevich AI, Mukhortova AN. Minimum standard for equipping Moscow clinics with ultrasound diagnostic devices. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):362–372. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111194>

Received: 04.10.2022

Accepted: 12.12.2022

Published: 19.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111194>

为莫斯科综合医院配备超声诊断设备的最低标准

Natalia N. Vetsheva¹, Ilya V. Soldatov¹, Zoya A. Lantukh¹, Sergey G. Kireev¹,
Anzhelika I. Gurevich², Anna N. Mukhortova¹

¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

² Filatov N.F. Children's City Hospital, Moscow, Russian Federation

简评现实意义。超声设备的种类繁多，缺乏通用分类，导致医疗机构的装备效率低下，在设备类型、换能器的设置和特点以及检查质量水平方面的选择都是错误的。为单一类型的医疗机构配备超声设备的系统性方法，将确保门诊综合医院的可及性并提高初级保健的质量。

目的。以莫斯科市为例，开发一种计算算法与推荐来制定该地区公共医疗系统中门诊医疗机构的最低设备标准。

材料与方法。根据统一医疗信息和分析系统材料管理系统（UMO EMIAS）的、联邦统计观察第30号表格的及指定归综合门诊中心（以下简称APC）的人口数的数据，研究中使用了统计和比较分析的软件工具，以及现代超声诊断设备的技术数据和评论。

结果。在已经制定的最低设备标准中，考虑了以下因素：

- 1) 对儿童和成人分别进行医疗护理的需求；
- 2) 符合现代诊断技术；
- 3) 根据设备的有效运行，确保诊断的地域可用性。

结论。为门诊医疗机构配备超声诊断设备的标准化有助于提高诊断质量，增加民众获得必要检查的机会，减少检查的等待时间，减少必要设备的短缺，扩大为城市人口提供的医疗服务范围，尽量减少医疗服务后续阶段的重复检查。

关键词：设备标准；超声波；门诊部；超声诊断设备；医疗设备。

To cite this article

Vetsheva NN, Soldatov IV, Lantukh ZA, Kireev SG, Gurevich AI, Mukhortova AN. 为莫斯科综合医院配备超声诊断设备的最低标准. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):362–372. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111194>

收到: 04.10.2022

接受: 12.12.2022

发布日期: 19.12.2022

ВВЕДЕНИЕ

На начало 2020 г. оснащение государственных амбулаторных медицинских организаций осуществлялось в рамках Приказа Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753¹, где медицинские организации делятся по типам подчинённости, и рекомендуется проводить их оснащение согласно приведённым табелям. Тем не менее указанные стандарты не в полной мере отражают актуальную потребность как по количеству оборудования, так и по наличию современных диагностических технологий. Именно поэтому особенно важно чётко понимать диагностические задачи, которые будут решаться с помощью данного вида оборудования, и сопоставлять их с предложениями современного рынка. Обязательным условием оснащения считается прогнозирование использования на последующие 10 лет эксплуатации. Для эффективной работы ультразвукового диагностического прибора (УЗДП) в медицинской организации, согласно Приказу Департамента здравоохранения города Москвы от 31.07.2020 № 751², число планируемых исследований в год должно составлять порядка 9000 на один прибор при эксплуатации оборудования 12 часов в день 5 дней в неделю.

На настоящий момент оснащение медицинских организаций оборудованием возможно следующими способами [1]:

- закупка нового;
- закупка эксплуатировавшегося ранее;
- закупка модернизированного;
- долгосрочная аренда (лизинг).

При согласованном решении о закупке нового оборудования наступает этап подготовки технического задания (ТЗ), который включает в себя следующие принципы формирования ТЗ:

1. Технические характеристики и комплектация оборудования должны быть клинически обоснованы на этапе планирования.
2. Необходимые параметры должны иметь качественную (наличие) или количественную характеристику, например, минимальные и максимальные диапазоны частот датчиков.
3. При составлении ТЗ необходимо обращение к фирмам-поставщикам для получения характеристик оборудования: это даёт возможность уточнить технические нюансы и оценить ТЗ с позиции актуальности современного рынка медицинского оборудования, сделать конкурентоспособные закупки как минимум для трёх различных фирм-производителей.

4. Для оформления ТЗ медицинские организации могут использовать перечень ГОСТов с рекомендациями по соблюдению требований для государственных закупок, а также стандарты оказания медицинской помощи по разным профилям.

При несоблюдении принципов формирования ТЗ могут возникнуть проблемы эксплуатации оборудования: например, невозможность использования ультразвуковых датчиков, предназначенных для взрослых пациентов, в детских медицинских организациях, и наоборот. Недостаточная проработка комплектации датчиков или программ, не позволяющих расширить спектр медицинских услуг кабинета ультразвуковой диагностики, впоследствии также может стать причиной замены всего прибора [2].

В целях предотвращения подобных ошибок при массовых закупках возникла необходимость разработать методический материал, сопоставляющий потребность медицинской организации с её типом и видами оказываемых медицинских услуг, и на этой основе создать минимальный стандарт оснащения [3].

С целью внедрения единого системного подхода к распределению ресурсов как по количеству, так и по качеству оборудования разработан минимальный стандарт оснащения УЗДП для амбулаторно-поликлинических центров (АПЦ) Департамента здравоохранения г. Москвы [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На основании имеющегося парка оснащения нами проведена оценка загрузки и распределения оборудования в АПЦ Департамента здравоохранения г. Москвы, отдельно во взрослых и детских организациях, а также в филиалах и головных учреждениях. При разработке минимального стандарта учитывали количество прикрепленного населения, концентрацию клинических специалистов в головном учреждении, а также количество проведённых исследований за отчётный период.

В процессе работы использовали данные системы Управления материальным обеспечением Единой медицинской информационно-аналитической системы (УМО ЕМИАС) Департамента здравоохранения г. Москвы (Форма федерального статистического наблюдения № 30 за отчётный период), а также имеющиеся в открытом доступе технические характеристики и обзоры современных УЗДП.

Наиболее часто в технических заданиях используют деление приборов на универсальные (260250), портативные (324320) и специализированные для сердечно-сосудистых

¹ Приказ Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753 «Об оснащении диагностическим оборудованием амбулаторно-поликлинических и стационарно-поликлинических учреждений муниципальных образований». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901962043>. Дата обращения: 26.09.2022.

² Приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 31.07.2020 № 751 «Об утверждении целевых показателей медицинского оборудования в медицинских организациях государственной системы здравоохранения города Москвы, оказывающих первичную медико-санитарную помощь». Режим доступа: https://tele-med.ai/media/documents/%D0%B2%D1%85._3884.1-6_mw9losC.pdf. Дата обращения: 26.09.2022.

исследований (192070), которые указаны в Номенклатурной классификации медицинских изделий³, что позволяет охватывать широкий спектр необходимых исследований прикрепленному населению взрослых и детских АПЦ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Состояние парка ультразвуковых диагностических приборов в амбулаторном звене Департамента здравоохранения г. Москвы

Согласно данным Формы федерального статистического наблюдения № 30 за 2019 г., 86 АПЦ, в состав которых входят городские поликлиники, детские городские поликлиники, диагностические центры, клиничко-диагностические центры, консультативно-диагностические поликлиники, оснащены более 1300 единицами УЗДП, которые предназначены для проведения исследований прикрепленному населению (более 10 млн человек) в рамках территориальной программы государственных гарантий (табл. 1).

Для понимания разделения УЗДП по видам медицинской помощи рассмотрим три типа приборов: универсальные, специализированные для сердечно-сосудистых исследований и портативные (табл. 2).

Целевой показатель эффективности кабинета ультразвуковой диагностики при двухсменном режиме работы составляет 40 исследований в день, согласно Письму Управления организации первичной медико-санитарной помощи Департамента здравоохранения г. Москвы № 41-18-54078/18⁴. Среднее число исследований в день — 19, средний режим работы — 1,6 смены. Динамика загрузки имеющихся УЗДП представлена в табл. 3.

Прикрепленное население одного АПЦ для взрослого населения варьирует от 92 000 до 300 000 человек с учетом головного здания и всех филиалов, в то время как для детского населения — от 28 000 до 73 000 человек. По данным Формы федерального статистического наблюдения № 30 за 2019 г., во взрослых АПЦ было проведено более 4 800 000 ультразвуковых исследований (в том числе более 2 300 000 ультразвуковых сердечно-сосудистых исследований), в то время как в детских АПЦ — более 2 000 000 исследований (в том числе более

Таблица 1. Текущее состояние оборудования для ультразвуковой диагностики в амбулаторно-поликлинических центрах*

Показатель	Амбулаторно-поликлинические центры		
	Взрослые	Детские	Итого
Число оборудования, абс. ед.	964	428	1392
Средний срок эксплуатации УЗДП, лет	7	8	8
Число УЗДП со сроком эксплуатации >10 лет, %	17	21	19
Число УЗДП со сроком эксплуатации <3 лет, %	10	2	6

Примечание. * На основании данных Формы федерального статистического наблюдения № 30 за 2019 г. УЗДП — ультразвуковой диагностический прибор.

Таблица 2. Распределение имеющегося парка оборудования по видам медицинской помощи*

Показатель	Амбулаторно-поликлинические центры		
	Взрослые	Детские	Итого
Число универсальных УЗДП, абс. ед.	726	376	1102
Число специализированных УЗДП для сердечно-сосудистых исследований, абс. ед.	192	9	201
Число портативных УЗДП, абс. ед.	46	43	89

Примечание. * На основании данных Формы федерального статистического наблюдения № 30 за 2019 г. УЗДП — ультразвуковой диагностический прибор.

Таблица 3. Динамика загрузки ультразвуковых диагностических приборов в 2017–2019 гг. в амбулаторно-поликлинических центрах*

Тип медицинской организации	2017	2018	2019
Амбулаторно-поликлинические центры	55	57	59

Примечание. * По данным системы Управления материальным обеспечением Единой медицинской информационно-аналитической системы (УМО ЕМИАС) за 2017–2019 гг.

³ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 06.06.2012 № 4н «Об утверждении номенклатурной классификации медицинских изделий». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902353334>. Дата обращения: 26.09.2022.

⁴ Письмо Управления организации первичной медико-санитарной помощи Департамента здравоохранения города Москвы от 22.10.2018 № 41-18-54078/18. Режим доступа: https://tele-med.ai/media/documents/tselevyye_pokazateli_zagruzki_tmt.pdf. Дата обращения: 26.09.2022.

214 000 ультразвуковых сердечно-сосудистых исследований). Количество ставок врачей ультразвуковой диагностики во взрослых АПЦ составляет порядка 663 (из них физических лиц — 604), в то время как в детских АПЦ — 286 (из них физических лиц — 240).

ОБСУЖДЕНИЕ

Минимальный стандарт оснащения

Исходя из расчётов, что взрослые и детские АПЦ, по данным Формы отчётности № 30 за 2019 г., оснащены более 1300 УЗДП при прикрепленном населении более 10 млн человек, и что было проведено более 7 млн исследований, можно сделать вывод, что в среднем на 1 единицу УЗДП приходится менее 6000 исследований в год.

Расчёт по универсальным УЗДП для взрослого прикрепленного населения проводился исходя из соотношения прикрепленного населения к количеству УЗДП, помноженного на отношение среднего количества прикрепленного населения АПЦ к общему количеству исследований, помноженного на отношение количества исследований на 1 прибор в АПЦ к количеству исследований на 1 прибор (без учёта кардиологических исследований). Для детского прикрепленного населения полученное значение

в минимальном стандарте оснащения определено исходя из сравнения количества проведённых исследований и количества прикрепленного населения для взрослых и детей.

Расчёт по специализированным УЗДП для сердечно-сосудистых исследований для взрослого прикрепленного населения проводился исходя из отношения среднего количества сердечно-сосудистых исследований в АПЦ к среднему количеству исследований на 1 ультразвуковой прибор в АПЦ. Для детского прикрепленного населения полученное значение в минимальном стандарте оснащения определено исходя из сравнения количества проведённых исследований и количества прикрепленного населения для взрослых и детей.

В целях повышения эффективности работы отделений лучевой и инструментальной диагностики рекомендовано также оснащение как минимум по 1 портативному УЗДП во взрослые и детские АПЦ, как в головные здания, так и в филиалы, для проведения исследований малоподвижным группам граждан, а также диспансеризаций и медицинских осмотров вне медицинской организации.

Минимальный стандарт оснащения УЗДП взрослых и детских АПЦ, оказывающих первичную медико-санитарную помощь (табл. 4, 5; обе таблицы вошли в состав Приказа от 15.09.2020 № 1043⁵), описывает систему

Таблица 4. Минимальный стандарт оснащения ультразвуковыми диагностическими приборами взрослых амбулаторно-поликлинических центров, оказывающих первичную медико-санитарную помощь

Тип ультразвукового прибора	Амбулаторно-поликлинический центр	
	Головное здание, тыс. населения	Филиал, тыс. населения
Ультразвуковой диагностический прибор универсальный	<50 — 1 ед.	
	50–100 — 2 ед.	
	100–150 — 3 ед.	<50 — 1 ед.
	>150 — 4 ед. (но не более 4 ед. на здание, в т.ч. 1 ед. экспертного класса)	>50 — 2 ед.
Ультразвуковой диагностический прибор портативный	1 ед. (экспертного класса)	1 ед.
Ультразвуковой диагностический прибор специализированный для сердечно-сосудистой системы	<100 — 1 ед.	
	>100 — 2 ед.	1 ед.

Таблица 5. Минимальный стандарт оснащения ультразвуковыми диагностическими приборами детских амбулаторно-поликлинических центров, оказывающих первичную медико-санитарную помощь

Тип ультразвукового прибора	Амбулаторно-поликлинический центр	
	Головное здание, тыс. населения	Филиал, тыс. населения
Ультразвуковой диагностический прибор универсальный для педиатрии	<30 — 1 ед.	<15 — 1 ед.
	>30 — 2 ед.	>15 — 2 ед.
Ультразвуковой диагностический прибор портативный для педиатрии	1 ед.	1 ед.
Ультразвуковой диагностический прибор специализированный для сердечно-сосудистой системы для педиатрии	<50 — 1 ед.	
	>50 — 2 ед.	-

⁵ Приказ Департамента здравоохранения города Москвы от 15.09.2020 № 1043 «Об утверждении модели расчета потребности в оснащении ультразвуковыми аппаратами медицинских организаций государственной системы здравоохранения города Москвы». Режим доступа: https://tele-med.ai/media/documents/Приказ_ДЗМ_1043_от_15.09.2020.pdf. Дата обращения: 26.09.2022.

оснащения на определённый момент времени по потребности города. При увеличении количества населения, развитии его районов оснащение УЗДП может быть увеличено. При наличии обоснования, достаточного количества сотрудников для полноценной загрузки аппаратуры допускается оснащение выше минимального стандарта.

В целях повышения эффективности работы, помимо оснащения УЗДП, крайне важна комплектация поставляемого оборудования. Для каждого из типов приборов предполагается проведение определённых видов исследований (табл. 6).

Для обеспечения информативного проведения вышеописанных исследований совместно с минимальной моделью расчёта потребности в оснащении УЗДП взрослых и детских АПЦ была проработана минимальная комплектация поставки УЗДП с необходимыми ультразвуковыми датчиками с минимальными диапазонами частот (табл. 7).

Сравнение стандартов оснащения

1. На примере взрослого и детского АПЦ рассмотрим оснащение по Приказу Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753⁶ и оснащение по разработанному минимальному стандарту оснащения (табл. 8, 9).

Расчёт потребности УЗДП во взрослой АПЦ проводился следующим образом: за основу рассматривали взрослую поликлинику, имеющую в составе головное здание и 3 филиала, расположенные по разным удалённым друг от друга адресам, каждый объект имеет определённое количество прикрепленного населения.

Исходя из количества прикрепленного взрослого населения (92 149 человек) проводился расчёт числа

приборов: согласно минимальному стандарту оснащения (см. табл. 4), требуется поставить в головное здание 2 универсальных УЗДП, 1 специализированный УЗДП для сердечно-сосудистой системы; в филиалах (менее 50 тыс. человек) — по 1 УЗДП универсальному и 1 специализированный УЗДП для сердечно-сосудистой системы. По 1 портативному УЗДП требуется на каждое здание, независимо от прикрепленного населения, для проведения исследований маломобильным группам граждан или вне медицинского учреждения.

Таким образом, для оснащения взрослого АПЦ, имеющего головное здание и три филиала, согласно Приказу Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753, необходимо 12 приборов по двум предложенным видам. Текущая версия минимального стандарта оснащения предлагает оснащение данной медицинской организации 13 приборами, которые разделены по видам и равномерно распределены по филиалам медицинской организации.

Расчёт потребности УЗДП в детской АПЦ проводился аналогично расчёту во взрослой АПЦ.

Исходя из количества прикрепленного детского населения (59 328 человек) проводился расчёт количества приборов: согласно минимальному стандарту оснащения (см. табл. 5), требуется поставить в головное здание 2 универсальных УЗДП и 2 специализированных УЗДП для сердечно-сосудистой системы; в филиалах (менее 15 тыс. человек) — по 1 УЗДП универсальному. По 1 портативному УЗДП требуется на каждое здание, независимо от количества прикрепленного населения.

Таким образом, на примере детского АПЦ, имеющего головное здание и три филиала, согласно Приказу

Таблица 6. Сопоставление видов исследования с типом ультразвукового диагностического прибора

Вид исследования	Портативный	Универсальный	Специализированный*
Неросонография (для детских АПЦ)	+	+	-
Исследование поверхностно-расположенных органов и структур	+	+	-
Исследование внутренних органов брюшной полости, почек, забрюшинного пространства, органов малого таза трансабдоминально	+	+	-
Исследование плевральной полости	+	+	+
Эхокардиография	+ (скрининговый уровень)	+ (скрининговый уровень)	+ (экспертный уровень)
Транскраниальное исследование сосудов	+ (скрининговый уровень)	+ (скрининговый уровень)	+ (экспертный уровень)
Исследование сосудов шеи, верхних и нижних конечностей	+ (скрининговый уровень)	+ (скрининговый уровень)	+ (экспертный уровень)
Исследование органов малого таза внутриволостным доступом	-	+	-

Примечание. * Для исследования сердечно-сосудистой системы. АПЦ — амбулаторно-поликлинический центр.

⁶ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 01.12.2005 № 753 «Об оснащении диагностическим оборудованием амбулаторно-поликлинических и стационарно-поликлинических учреждений муниципальных образований». Режим доступа: <https://base.garant.ru/4182310/>. Дата обращения: 26.09.2022.

Таблица 7. Ориентировочная комплектация ультразвуковыми диагностическими приборами с минимальным диапазоном частот датчиков

Вид прибора	Техническая характеристика	АПЦ, головное здание и филиалы	
		Взрослые	Детские
Ультразвуковой диагностический прибор специализированный для сердечно-сосудистой системы	Линейный датчик, частотный диапазон, МГц	3–10	5–12
	Конвексный датчик, частотный диапазон, МГц	3–5	3–7
	Секторный фазированный датчик, частотный диапазон, МГц	2–5	2–5
	Секторный фазированный датчик, частотный диапазон, МГц	-	5–8
Ультразвуковой диагностический прибор портативный	Линейный датчик, частотный диапазон, МГц	5–12	8–14
	Конвексный датчик, частотный диапазон, МГц	3–5	3–7
	Секторный фазированный датчик, частотный диапазон, МГц	2–4	2–4
	Секторный фазированный датчик, частотный диапазон, МГц	-	5–8
Ультразвуковой диагностический прибор универсальный	Линейный датчик, частотный диапазон, МГц	5–12	8–14
	Конвексный датчик, частотный диапазон, МГц	2–5	3–7
	Внутриполостной микроконвексный датчик, частотный диапазон, МГц	4–9	-
	Секторный фазированный датчик, частотный диапазон, МГц	-	5–8
	Секторный фазированный датчик, частотный диапазон, МГц	2–4	2–4

Примечание. АПЦ — амбулаторно-поликлинический центр.

Таблица 8. Расчёт потребности в ультразвуковых диагностических приборах во взрослом амбулаторно-поликлиническом центре

Параметры	Взрослая поликлиника X				
	Головное здание	Филиал № 1	Филиал № 2	Филиал № 3	Итого
Количество прикреплённого населения, абс.	26 451	20 190	26 583	18 925	92 149
Количество необходимых УЗДП по Приказу Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753					
Аппарат ультразвуковой диагностический медицинский	2	2	2	2	8
Портативный	1	1	1	1	4
Количество необходимых УЗДП по минимальному стандарту оснащения					
Универсальный	2	1	1	1	5
Специализированный	1	1	1	1	4
Портативный	1	1	1	1	4

Примечание. УЗДП — ультразвуковой диагностический прибор.

Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753, для оснащения данного АПЦ необходимо всего 4 прибора одного вида. Текущая версия минимального стандарта предлагает оснащение данной медицинской организации 11 приборами, которые разделены по видам и равномерно распределены по филиалам медицинской организации.

2. Рассмотрим пример оснащения взрослой и детской АПЦ до и после применения разработанного минимального стандарта оснащения (табл. 10, 11).

На примере табл. 10 приведено оснащение взрослой АПЦ. Всего АПЦ оснащён 22 стационарными УЗДП и 2 портативными УЗДП на 166 000 прикреплённого населения. Согласно анализу эффективности использования данного оборудования за 2019 г., средняя эффективность работы имеющегося парка УЗДП составила 64%, что соответствует низкоэффективному уровню работы. Таким образом, можно сделать вывод, что указанная в примере взрослая АПЦ имеет переизбыток УЗДП или недостаток врачебных ставок для обеспечения работы стационарных приборов

Таблица 9. Расчёт потребности в ультразвуковых диагностических приборах в детском амбулаторно-поликлиническом центре

Параметры	Детская поликлиника Y				
	Главное здание	Филиал № 1	Филиал № 2	Филиал № 3	Итого
Количество прикрепленного населения, абс.	20 640	14 639	10 160	13 889	59 328
Количество необходимых УЗДП по Приказу Минздравсоцразвития РФ от 01.12.2005 № 753					
Аппарат ультразвуковой диагностический медицинский	1	1	1	1	4
Количество необходимых УЗДП по минимальному стандарту оснащения					
Универсальный	2	1	1	1	5
Специализированный	2	0	0	0	2
Портативный	1	1	1	1	4

Примечание. УЗДП — ультразвуковой диагностический прибор.

Таблица 10. Сравнение оснащения ультразвуковыми диагностическими приборами во взрослом амбулаторно-поликлиническом центре

Параметры	Взрослая поликлиника А				
	Главное здание	Филиал № 1	Филиал № 2	Филиал № 3	Итого
Количество прикрепленного населения, абс.	36 051	51 162	45 589	33 653	166 455
Количество имеющихся УЗДП до оснащения по минимальному стандарту оснащения					
Система ультразвуковой визуализации	8	6	4	4	22
Система ультразвуковой визуализации портативная	1	0	0	1	2
Количество имеющихся УЗДП после оснащения по минимальному стандарту оснащения					
Универсальный	2	2	1	1	6
Специализированный	2	1	1	1	5
Портативный	1	1	1	1	4

Примечание. УЗДП — ультразвуковой диагностический прибор.

Таблица 11. Сравнение оснащения ультразвуковыми диагностическими приборами в детском амбулаторно-поликлиническом центре

Параметры	Детская поликлиника В				
	Главное здание	Филиал № 1	Филиал № 2	Филиал № 3	Итого
Количество прикрепленного населения, абс.	14 357	17 931	18 346	13 663	64 297
Количество имеющихся УЗДП до оснащения по минимальному стандарту оснащения					
Система ультразвуковой визуализации	4	3	2	2	11
Система ультразвуковой визуализации портативная	1	0	0	0	1
Количество имеющихся УЗДП после оснащения по минимальному стандарту оснащения					
Универсальный для педиатрии	2	2	2	1	7
Специализированный для педиатрии	2	0	0	0	2
Портативный для педиатрии	1	1	1	1	4

Примечание. УЗДП — ультразвуковой диагностический прибор.

5 дней в неделю в 2 смены, исходя из целевого показателя загрузки оборудования⁷. По минимальному стандарту оснащения, данное АПЦ требует оснащения 6 универсальными, 5 специализированными и 4 портативными УЗДП (итого 15 УЗДП), при этом только 11 стационарными приборами, на которые требуется меньшее количество ставок врачей для полноценной загрузки и эффективного использования оборудования.

На примере табл. 11 приведено оснащение детской АПЦ. Всего АПЦ оснащена 11 стационарными УЗДП и 1 портативным УЗДП на 64 000 прикрепленного населения. Согласно анализу эффективности использования данного оборудования за 2019 г., средняя эффективность работы имеющегося парка УЗДП составила 91%, что соответствует высокоэффективному уровню работы. По минимальному стандарту оснащения, данное АПЦ требует оснащения 7 универсальными, 2 специализированными и 4 портативными УЗДП (итого 13 УЗДП).

Таким образом, сокращение количества УЗДП и дооснащение, а также разделение аппаратов на виды (см. табл. 10, 11) позволит обеспечить прикрепленное население взрослого и детского АПЦ всеми необходимыми видами ультразвуковых исследований, а также повысит эффективность работы нового оборудования в соответствии с мировыми стандартами⁸.

Сформулированный в рамках данной работы стандарт оснащения поликлиник ультразвуковыми приборами включён в базу данных, определяющих минимальные требования к оснащению медицинских организаций оборудованием для лучевой и инструментальной диагностики⁹, утверждён и внедрён в практику Департаментом здравоохранения города Москвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный минимальный стандарт оснащения взрослых и детских АПЦ способствует повышению качества проведения диагностики. Стандарт позволяет равномерно распределить оборудование по всей медицинской организации для более качественного и доступного оказания первичной медицинской помощи прикрепленному населению АПЦ.

Посредством деления оборудования на типы с описанием необходимой комплектации стандарт имеет простое практическое применение. Уточнение оснащения

медицинских организаций амбулаторного звена отдельно в головное здание и филиалы по данному стандарту способствует повышению доступности оказания необходимых исследований прикрепленному населению, снижению срока ожидания исследований, рациональному планированию оснащения на период времени, сокращению дефицита необходимого оборудования (прогнозирование будущего количества исследований), а также расширению спектра медицинских услуг, оказываемых населению города. Современная комплектация приборов для проведения информативных исследований различных органов и систем способствует минимизации дублирования исследований на последующих этапах оказания медицинской помощи.

Анализ работы АПЦ с суммарным прикрепленным населением в 10 млн человек показал достаточность предложенного подхода для обеспечения качественного оказания медицинской помощи в части ультразвуковой диагностики. Оценка экономического эффекта требует долгосрочных наблюдений в связи с поэтапной заменой оборудования, однако, как показано в работе, предложенное решение не снижает доступности данной категории исследований.

Алгоритм расчёта минимального стандарта может быть предложен для других регионов Российской Федерации с целью стандартизации дооснащения амбулаторных медицинских организаций.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: С.Г. Киреев — идея исследования, обработка результатов, написание текста статьи; Н.Н. Ветшева, А.И. Гуревич — правка рукописи, экспертная оценка; И.В. Солдатов, З.А. Лантух — обработка результатов, написание текста статьи; А.И. Гуревич, А.Н. Мухоморова — правка рукописи.

⁷ Информационное письмо Управления организации первичной медико-санитарной помощи Департамента здравоохранения города Москвы от 22.10.2018 № 41-18-54078/18. Режим доступа: https://tele-med.ai/media/documents/tselevyye_pokazateli_zagruzki_tmt.pdf. Дата обращения: 26.09.2022.

⁸ Practice Parameters and Technical Standards. American college of radiology (ACR). Режим доступа: <https://www.acr.org/Clinical-Resources/Practice-Parameters-and-Technical-Standards>. Дата обращения: 26.09.2022.

⁹ База данных № 2022621124/19.05.22. Морозов С.П., Солдатов И.В., Киреев С.Г. и др. Данные, определяющие минимальные требования к оснащению медицинских организаций оборудованием для лучевой и инструментальной диагностики. Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=DB&DocNumber=2022621124&TypeFile=html. Дата обращения: 26.09.2022.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis,

interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. S.G. Kireev — the idea of the study, processing the results, writing the text of the article; N.N. Vetsheva, A.I. Gurevich — editing of the manuscript, peer review; I.V. Soldatov, Z.A. Lantukh — processing of results, writing the text of the article; A.I. Gurevich, A.N. Mukhortova — editing the manuscript.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов С.П., Аронов А.В., Габай П.Г. Основы менеджмента медицинской визуализации / под ред. С.П. Морозова. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 432 с.
2. Кротов И.А., Коновалов О.Е., Терлецкая Р.Н. Оценка врачами-специалистами состояния ультразвуковой диагностики в педиатрической практике // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2021. Т. 29, № 1. С. 76–79. doi: 10.32687/0869-866x-2021-29-1-76-79

3. European Society of Radiology (ESR). Renewal of radiological equipment // *Insights Imaging*. 2014. Vol. 5, N 5. P. 543–546. doi: 10.1007/s13244-014-0345-1
4. European Society of Radiology (ESR). Position statement and best practice recommendations on the imaging use of ultrasound from the European Society of Radiology Ultrasound Subcommittee // *Insights Imaging*. 2020. Vol. 11, N 1. P. 115. doi: 10.1186/s13244-020-00919-x

REFERENCES

1. Morozov SP, Aronov AV, Gabai PG. Fundamentals of medical imaging management. Ed. by S.P. Morozov. Moscow: GEOTAR-Media; 2020. 432 p. (In Russ).
2. Krotov IA, Kononov OE, Terletskaia RN. Evaluation by medical specialists of the state of ultrasound diagnostics in pediatric practice. *Problems of social hygiene, healthcare and history of medicine*. 2021;29(1):76–79. (In Russ). doi: 10.32687/0869-866x-2021-29-1-76-79

3. European Society of Radiology (ESR). Renewal of radiological equipment. *Insights Imaging*. 2014;5(5):543–546. doi: 10.1007/s13244-014-0345-1
4. European Society of Radiology (ESR). Position statement and best practice recommendations on the imaging use of ultrasound from the European Society of Radiology Ultrasound Subcommittee. *Insights Imaging*. 2020;11(1):115. doi: 10.1186/s13244-020-00919-x

ОБ АВТОРАХ

* Киреев Сергей Геннадьевич;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3324-3733>;
eLibrary SPIN: 3611-2336; e-mail: s.kireev@npcmr.ru

Ветшева Наталья Николаевна, д.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9432>;
eLibrary SPIN: 9201-6146; e-mail: vetsheva@npcmr.ru

Солдатов Илья Владимирович;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-0746>;
eLibrary SPIN: 4065-6048; e-mail: i.soldatov@npcmr.ru

Лантух Зоя Александровна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-9610>;
eLibrary SPIN: 5486-6496; e-mail: z.lantukh@npcmr.ru

Гуревич Анжелика Иосифовна, д.м.н.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-214X>;
eLibrary SPIN: 7641-1319; e-mail: gurevichai@yandex.ru

Мухортova Анна Николаевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9814-3533>;
eLibrary SPIN: 9051-1130; e-mail: a.mukhortova@npcmr.ru

AUTHORS' INFO

* Sergei G. Kireev;

address: Petrovka st. 24 Bld, 1, Moscow, 127051, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3324-3733>;
eLibrary SPIN: 3611-2336; e-mail: s.kireev@npcmr.ru

Natalia N. Vetsheva, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9017-9432>;
eLibrary SPIN: 9201-6146; e-mail: vetsheva@npcmr.ru

Ilya V. Soldatov;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-0746>;
eLibrary SPIN: 4065-6048; e-mail: i.soldatov@npcmr.ru

Zoya A. Lantukh;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-9610>;
eLibrary SPIN: 5486-6496; e-mail: z.lantukh@npcmr.ru

Anzhelika I. Gurevich, MD, Dr. Sci. (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-214X>;
eLibrary SPIN: 7641-1319; e-mail: gurevichai@yandex.ru

Anna N. Mukhortova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9814-3533>;
eLibrary SPIN: 9051-1130; e-mail: a.mukhortova@npcmr.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD101099>

Возможности и ограничения использования инструментов машинной обработки текстов в лучевой диагностике

Д.Ю. Кокина, В.А. Гомболевский, К.М. Арзамасов, А.Е. Андрейченко, С.П. Морозов

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В радиологии важную информацию содержат не только медицинские изображения, но и сопровождающие их текстовые описания, создаваемые врачами-рентгенологами. Идентификация протоколов исследований, содержащих определённые данные, и извлечение этих данных может быть полезным в первую очередь для клинических задач, однако, учитывая большой объём таких данных, необходима разработка машинных алгоритмов анализа.

Цель — оценить возможности и ограничения использования инструментов машинной обработки текстов для поиска патологий в протоколах лучевых исследований.

Материалы и методы. Для создания первого прототипа алгоритма автоматического анализа протоколов были выбраны исследования молочных желёз (маммография) и органов грудной клетки (рентгенография, флюорография, компьютерная томография и низкодозная компьютерная томография), выполненные в лечебно-профилактических учреждениях Москвы, которые участвовали в эксперименте по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений. Для каждого вида исследований был первоначально составлен словарь ключевых слов, соответствующий наличию или отсутствию целевых патологий. После первичной автоматической разметки протоколов разработанным инструментом производились выборочная оценка и валидация результатов врачом-рентгенологом. Количество протоколов, проанализированных врачом для обучения и валидации алгоритмов, составило 977 для маммографии, 3196 для рентгенографии, 1608 для флюорографии, 4074 для компьютерной и 398 для низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки. Для окончательного тестирования разработанных алгоритмов были дополнительно размечены тестовые датасеты из 1032 исследований для маммографии, 544 для флюорографии/рентгенографии, 5000 для компьютерной и 1082 для низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки.

Результаты. Наилучшие результаты достигнуты в поиске признаков вирусной пневмонии по протоколам компьютерной томографии органов грудной клетки (точность 0,996, чувствительность 0,998, специфичность 0,989) и рака молочной железы по протоколам маммографии (точность 1,0, чувствительность 1,0, специфичность 1,0). При поиске алгоритмом признаков рака лёгкого метрики получились следующими: точность 0,895, чувствительность 0,829, специфичность 0,936, а при поиске патологических изменений органов грудной клетки в протоколах рентгенографии и флюорографии точность составила 0,912, чувствительность — 1,000, специфичность — 0,844.

Заключение. Машинные методы с высокой точностью могут быть использованы с целью автоматической классификации текстов рентгенологических протоколов маммографии и компьютерной томографии органов грудной клетки для поиска вирусной пневмонии. Для поиска признаков рака лёгкого в модальности компьютерной и низкодозной компьютерной томографии, а также патологических изменений в протоколах рентгенографии и флюорографии органов грудной клетки достигнутой точности достаточно для успешного применения в целях автоматизированного сравнения работы врачей и моделей искусственного интеллекта.

Ключевые слова: протоколы рентгенологических исследований; COVID-19-пневмония; рак лёгкого; рак молочной железы; обработка естественного языка.

Как цитировать

Кокина Д.Ю., Гомболевский В.А., Арзамасов К.М., Андрейченко А.Е., Морозов С.П. Возможности и ограничения использования инструментов машинной обработки текстов в лучевой диагностике // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 374–383. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD101099>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD101099>

Possibilities and limitations of using machine text-processing tools in Russian radiology reports

Daria.Yu. Kokina, Victor A. Gombolevskiy, Kirill M. Arzamasov, Anna E. Andreychenko, Sergey P. Morozov

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: In radiology, important information can be found not only in medical images, but also in the accompanying text descriptions created by radiologists. Identification of study protocols containing certain data and extraction of these data can be useful primarily for clinical problems; however, given the large amount of such data, the development of machine analysis algorithms is necessary.

AIM: To estimate the possibilities and limitations of using a tool for machine processing of radiology reports to search for pathological findings.

MATERIALS AND METHODS: To create an algorithm for automatic analysis of radiology reports, use cases were selected that participated in the experiment on the use of innovative technologies in the computer vision for the analysis of medical images in 2020. Mammography, chest X-ray, chest computed tomography (CT), and LDCT, were among the use cases performed in Moscow. A dictionary of keywords has been compiled. After the automatic marking of the reports by the developed tool, the results were assessed by a radiologist. The number of protocols analyzed by the radiologist for training and validation of the algorithms was 977 for mammography, 4,804 for all chest X-ray scans, 4,074 for chest CT, and 398 for chest LDCT. For the final testing of the developed algorithms, test datasets of 1,032 studies for mammography, 544 for chest X-ray, 5,000 for CT of the chest, and 1,082 studies for the LDCT of the chest were additionally labeled.

RESULTS: The best results were achieved in the search for viral pneumonia in chest CT reports (accuracy 0.996, sensitivity 0.998, and specificity 0.989) and breast cancer in mammography reports (accuracy 1.0, sensitivity 1.0, and specificity 1.0). When searching for signs of lung cancer by the algorithm, the metrics were as follows: accuracy 0.895, sensitivity 0.829, and specificity 0.936, when searching for pathological changes in the chest organs in radiography and fluorography protocols (accuracy 0.912, sensitivity 1.000, and specificity 0.844).

CONCLUSIONS: Machine methods with high accuracy can be used to automatically classify the radiology reports of mammography and chest CT with viral pneumonia. The achieved accuracy is sufficient for successful application to automatically compare the conclusions of physicians and artificial intelligence models when searching for signs of lung cancer in chest CT and LDCT, pathological findings in chest X-ray.

Keywords: radiology reports, COVID-19 pneumonia, lung cancer, breast cancer, natural language processing

To cite this article

Kokina DY, Gombolevskiy VA, Arzamasov KM, Andreychenko AE, Morozov SP. Possibilities and limitations of using machine text-processing tools in Russian radiology reports. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):374–383. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD101099>

Received: 18.02.2022

Accepted: 24.11.2022

Published: 19.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD101099>

在辐射诊断中使用文本机床的可能性和局限性

Daria.Yu. Kokina, Victor A. Gomboleviskiy, Kirill M. Arzamasov, Anna E. Andreychenko, Sergey P. Morozov

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

简评

论证。在放射学中，重要信息不仅包括在医学图像中，还包括在放射科医生创建的随附文本描述中。包含某些数据的研究方案的识别和这些数据的提取首先可能对临床问题有用，但是，鉴于大量此类数据，机器分析算法的开发是必要的。

研究目的是评估使用文本处理工具在放射学协议中搜索病理的可能性和局限性。

材料与方法。为了创建自动协议分析算法的第一个原型，选择了参与使用计算机视觉领域的创新技术进行医学图像分析的实验的研究。这些研究包括在莫斯科医疗机构进行的乳房X光检查、胸部X光摄影、胸部X线间接照相、胸部CT和LDCT。对于每种类型的研究，最初都编制了一个关键词词典，对应于目标病理学的存在与否。在使用开发的工具对协议进行初始自动标记之后，放射科医生对结果进行了选择性评估和验证。医生为训练和验证算法而分析的协议数量为977个乳房X线照相术、3196个射线照相术、1608个荧光照相术、4074个胸部CT和398个胸部LDCT。为了对开发的算法进行最终测试，额外标记了1032项乳房X线照相术研究、544项荧光照相/射线照相术、5000项胸部CT研究和1082项胸部LDCT研究的测试数据集。

结果。最好结果是根据胸部CT协议（精确度0.996，灵敏度0.998，特异性0.989）和乳房X光检查协议（精确度1.0，灵敏度1.0，特异性1.0）分别在寻找病毒性肺炎迹象和寻找乳腺癌迹象的方面取得的。当通过该算法搜索肺癌征兆时，指标如下：精确度0.895，灵敏度0.829，特异性0.936，以及在射线照相和荧光照相术协议中搜索胸部器官的病理变化时为精确度0.912，灵敏度1.000，特异性0.844。

结论。机器方法可用于乳腺X线检查和胸部CT检查文本的自动分类，以寻找病毒性肺炎。在胸部CT和LDCT模式中寻找肺癌征象，在胸部X线摄影和荧光摄影协议中寻找病理变化，所达到的准确性足以成功应用于医生和人工智能模型工作的自动比较。

关键词：X射线协议；COVID-19肺炎；肺癌；乳腺癌；自然语言处理。

To cite this article

Kokina DY, Gomboleviskiy VA, Arzamasov KM, Andreychenko AE, Morozov SP. 在辐射诊断中使用文本机床的可能性和局限性. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):374–383. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD101099>

收到: 18.02.2022

接受: 24.11.2022

发布日期: 19.12.2022

ОБОСНОВАНИЕ

Протоколы лучевых исследований содержат в себе текстовую медицинскую информацию, включающую предварительный диагноз, клинические данные, описательную часть с характеристиками изменений исследуемых органов и систем, рентгенологический диагноз или заключение и рекомендации по наблюдению [1, 2]. Эта информация может быть использована в комплексной диагностике и лечении заболеваний, прогнозировании исходов и мониторинга состояния, а также вне клинических целей, например для организационных, статистических или исследовательских задач.

Протоколы лучевых исследований обладают рядом особенностей, среди которых разнообразие повествовательных стилей, использование телеграфной речи, лексические и терминологические вариации, разнообразный порядок слов, многообразие сокращений, акронимов [3]. Отдельной особенностью, характерной для всей медицинской информации, является использование терминологии, оценка которой зачастую невозможна без наличия профильного образования. Кроме того, русскоязычные протоколы имеют также ряд специфических свойств, например, более свободные правила синтаксиса, лексическое разнообразие; врачи-рентгенологи используют нестандартные аббревиатуры, сложные грамматические конструкции, объёмные фразы, затрудняющие интерпретацию, множество вариантов обозначения отрицания [4]. Лексические вариации характерны для лучевой диагностики в целом, однако в русскоязычной лучевой диагностике это разнообразие ещё более широко (например, «затемнение» может описываться как «затенение», «тень», «инфильтрат», «участок пониженной прозрачности», «участок повышенной плотности», «участок пониженной воздушности», «фокус», «уплотнение» и огромное количество других вариантов для одной группы изменений). Напротив, вариативность в англоязычной лучевой диагностике регулируется нормативными документами, рекомендациями и т.д. Таким образом, протоколы лучевых исследований содержат большое количество текстовой, неструктурированной и специализированной информации, что приводит к определённым трудностям в её использовании исключительно автоматизированными методами.

В настоящее время исследуется использование инструментов обработки естественного языка для структуризации и стандартизации протоколов, выделения необходимой для клинических специалистов информации, автоматической замены специфической терминологии, в том числе для пациентов, с использованием более понятной лексики или переводом на другие языки [1, 2]. Идентификация протоколов исследований, содержащих определённые данные, и извлечение этих данных может быть полезным в первую очередь для клинических задач [1]. Так, имеются работы, посвящённые выявлению

протоколов описания костно-мышечной системы с признаками переломов костей, компьютерной томографии с признаками тромбоэмболии лёгочных артерий, узлов лёгких и т.д. [3, 5, 6].

Разработка алгоритма для машинной обработки русскоязычных протоколов необходима для работы с большим объёмом данных и использования результатов такого анализа для оценки медицинских изображений в совокупности с описанием и заключением врача.

Цель исследования — оценить возможности и ограничения использования инструментов машинной обработки текстов для поиска патологий различного характера в протоколах лучевых исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработка инструмента по оценке текстовых протоколов лучевых исследований

Настоящая работа выполнена в рамках ранее одобренного этическим комитетом исследования; выписка из протокола № 2 Независимого этического комитета Московского регионального отделения Российского общества рентгенологов и радиологов (НЭК МРО РОПР) от 20 февраля 2020 г., также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).

Инструмент по оценке текстовых протоколов лучевых исследований разрабатывался в рамках московского эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и применялся для сопоставления результатов оценки наличия патологии на медицинских изображениях сервисами искусственного интеллекта и врачами-рентгенологами.

Протоколы исследований включали маммографию, рентгенографию и флюорографию органов грудной клетки (ОГК), компьютерную томографию (КТ) и низкодозную компьютерную томографию (НДКТ) ОГК; все исследования были выполнены в лечебно-профилактических учреждениях Департамента здравоохранения Москвы в 2020 г. В работе использовались анонимизированные протоколы лучевых исследований.

Основной целью было создание автоматизированного алгоритма для автоматического анализа протоколов рентгенологических исследований на предмет наличия или отсутствия искомых патологических изменений. Основой для выделения целевых патологий и разработки словаря были базовые требования к результатам сервисов искусственного интеллекта (<https://mosmed.ai/>).

Для рентгенографии и флюорографии ОГК целевые патологические признаки включали плевральный выпот, пневмоторакс, ателектаз, очаг, инфильтрацию/консолидацию, диссеминацию, полость с распадом или уровнем жидкости, кальцинат и нарушение целостности коркового слоя (перелом). Для КТ и НДКТ целевая патология включала солидные и субсолидные узлы объёмом более

100 мм³. Другой группой патологии для КТ ОГК были изменения, коррелирующие с признаками коронавирусной инфекции (COVID-19); использована классификация по степени тяжести, согласно временным методическим рекомендациям «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» Министерства здравоохранения Российской Федерации, а также методическим рекомендациям ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ «Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов» [7, 8]. Для маммографии использовалась система анализа и протоколирования результатов лучевых исследований молочной железы BI-RADS 3–6 (Breast Imaging Reporting and Data System) [9].

Программно-технические решения для предразметки текстовых протоколов

Были разработаны программно-технические решения для предразметки текстовых протоколов для каждого типа исследований, основанные на методах обработки естественного языка в комбинации с экспертным мнением врачей-рентгенологов. Разработка алгоритмов-предразметчиков осуществлялась итеративным образом в несколько основных этапов для каждой модальности.

1. Формирование первичного набора ключевых признаков для поиска указаний на определённые патологии. Среди признаков рассматривались ключевые слова и фразы, указания на размеры и, если это необходимо, «стоп»-слова и фразы. Первичный набор ключевых слов, составленный врачом-рентгенологом, включал общепринятые и наиболее часто употребляемые врачами-рентгенологами термины. «Стоп»-слова включали нецелевые патологические изменения или непатологические находки (изменения других органов в зоне сканирования, анатомические варианты и т.д.).
2. Перевод наборов признаков на машинный язык с помощью высокоуровневого языка программирования Python.

В настоящей работе мы использовали Python 3.8, для работы требуются библиотеки pandas=1.1.3, numpy=1.19.2, re=2.2.1, nltk=3.5. Входными данными для разработанной программы являются текстовые отчёты в табличной форме (.csv, .xlsx), содержащие как описание исследования, так и его заключение. Результаты работы представлены исходными данными с меткой «0» или «1», где «0» означает отсутствие признака/патологии, «1» — наличие признака/патологии.

Модуль для поиска признаков COVID-19 по текстовым заключениям КТ ОГК основан на методах обработки естественного языка (natural language processing, NLP) и классификаторе из семейства алгоритмов машинного обучения. В качестве выхода указывает наличие или отсутствие признаков COVID-19, а также КТ-степень поражения лёгких.

Модуль для поиска признаков злокачественных новообразований молочной железы по данным протоколов маммографии, включая заключение и описание, выявляет признаки злокачественных новообразований молочных желёз по классификации BI-RADS, выдавая в качестве ответа класс BI-RADS и бинарную классификацию (аналогичную скрининговой шкале). Требования к описанию результатов маммологического исследования регламентируют обязательную классификацию исследования по шкале BI-RADS; с другой стороны, написание формулировки BI-RADS 1 на практике имеет широкий вариатив. Врачи могут использовать написание с разным регистром, разными пунктуационными знаками и, что самое главное, с использованием различных раскладок. По этой причине обычный анализ (parsing) текста оказывается не всегда эффективным, приводя к ложным пропускам. Применение NLP для данной задачи сводится к функции извлечения информации.

Модуль для поиска признаков злокачественных новообразований лёгкого по текстовым протоколам (описанию и заключению) КТ/НДКТ ОГК идентифицирует признаки злокачественных новообразований по сочетанию ключевых слов (ключей) и параметров (размеров); основан на NLP.

Модуль для поиска различных признаков патологии в текстах описания и заключения для рентгенографических и флюорографических исследований ОГК идентифицирует признаки патологии по словарю ключевых слов ('признак RG/FLG': 'ключевое слово1', 'ключевое слово2', 'ключевое слово3'...).

3. Разметка протоколов программой-предразметчиком, созданной на этапе 2.
4. Отбор уникальных разнообразных (по патологическим признакам) протоколов из размеченной выборки на этапе 3. В ходе нашей работы мы неоднократно убеждались в использовании шаблонных формулировок врачами-рентгенологами. Обучение алгоритмов NLP на шаблонных формулировках позволит быстро переобучить модель. Нами была поставлена задача максимально широкого применения разрабатываемого алгоритма, благодаря обогащению обучающего набора данных разнообразными редкими (уникальными) формулировками.
5. Ручная верификация машинной разметки и оценка точности алгоритма-предразметчика. Точность машинной разметки оценивалась как процент правильно размеченных протоколов. Ручная верификация проводилась многократно для каждой отдельной задачи врачом-рентгенологом.
6. Формирование списка корректировок, включая дополнительные «стоп»-слова и фразы, ключевые слова и прочие рекомендации с целью улучшения качества предразметчика.
7. Добавление верифицированных протоколов в базу.
На данном этапе происходило формирование разнообразных, уникальных и размеченных выборок с сохранением

баланса классов. При формировании выборок исследований, размеры которых приведены ниже, брались все исследования за ограниченный промежуток времени (с января 2019 по август 2020 г.). Баланс классов соответствовал таковому в генеральной совокупности. Ожидаемое распространение по патологиям: КТ COVID-19: 20% — норма, 80% — патология; маммография: 95% — норма, 5% — патология; флюорография: 95% — норма, 5% — патология; рентгенография ОГК: 75% — норма, 25% — патология.

8. Повторение этапов 2–7 итеративным образом до тех пор, пока точность предразметчика не достигнет 98%. Данное значение было выбрано исходя из максимального уровня точности NLP для отдельных медицинских задач, обнаруженного при анализе медицинской литературы и составлявшего 97% [10].

В общей сложности количество протоколов, проанализированных врачом-рентгенологом при разработке алгоритмов-предразметчиков, составляет 977 для маммографии, 3196 для рентгенографии, 1608 для флюорографии, 4074 для КТ ОГК и 398 НДКТ ОГК. В исследование включались все протоколы исследований, которые направлялись сервисам искусственного интеллекта в рамках эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы (<https://mosmed.ai/>). Исключению подвергались только те протоколы, которые не имели заполненных разделов «описание» и «заключение».

Для повышения качества и ускорения автоматической разметки текстовых протоколов были применены методы машинного обучения, позволяющие учитывать сложные семантические структуры предложений в протоколах, для поиска признаков COVID-19-пневмонии по данным КТ ОГК. В будущем планируется разработка интеллектуализированных алгоритмов для поиска признаков патологий в протоколах маммографии, КТ (для поиска рака лёгкого), флюорографии и рентгенографии.

Модуль обработки протоколов КТ COVID-19 состоял из трёх функций: (1) поиск заключений во входных данных по уже размеченной базе протоколов; (2) разметка оставшихся протоколов с помощью регулярного выражения; (3) разметка оставшихся протоколов, используя модели k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbors, kNN). Работа этих функций была реализована последовательно. Одним из условий при разработке нашего инструмента была оптимизация быстродействия. Ранее мы уже упоминали частое использование шаблонных выражений при составлении протокола врачом-рентгенологом. По этой причине большая часть протоколов по КТ COVID-19 имеет одинаковый вид. Кроме того, ранее коллективом авторов была проведена большая работа по ручной разметке протоколов КТ ОГК с целевой

патологией COVID-19. Это упростило и ускорило работу алгоритма благодаря использованию простой функции логического сравнения, позволяя сравнивать протокол с имеющимися в базе данных. Далее остаётся часть протоколов, которых нет в базе данных ранее размеченных исследований, и для этого запускается существенно более медленная функция анализа текста при помощи регулярных выражений. При наличии протоколов, для которых регулярное выражение не обнаружило целевого образца (паттерна), запускается модель машинного обучения на основе kNN.

Разработанная нами архитектура обладает оптимальным сочетанием быстродействия и точности по сравнению с отдельным применением машинного обучения. Без машинного обучения невозможно было охватить весь объём протоколов. Обучающая выборка — 4074 предварительно размеченных протоколов. Такое количество протоколов было необходимо для обеспечения требуемого уровня точности, и было получено за несколько итераций тестирования и дообучения модели. Для функционирования данного модуля дополнительно импортировалась библиотека Sklearn (Scikit-learn). Обученный алгоритм был оценён на тестовой выборке и показал достаточно высокую точность (99,6%).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Создан перечень ключевых слов и «стоп»-слов по выбранным модальностям и патологиям с учётом особенностей протоколов. На протоколах исследований, выполненных в Москве, наилучшие результаты работы инструмента на основании разработанного словаря достигнуты в поиске признаков вирусной пневмонии COVID-19 по данным протоколов КТ ОГК: точность 0,996, чувствительность 0,998, специфичность 0,989 ($TN^*=1115$; $FP^{**}=6$; $FN^{\#}=2$; $TP^{\#}=3837$) и рака молочной железы по данным маммографических заключений: точность 1,0, чувствительность 1,0, специфичность 1,0 ($TN=461$; $FP=0$; $FN=0$; $TP=571$). При поиске признаков рака лёгкого в модальности КТ и НДКТ ОГК получились следующие метрики: точность 0,895, чувствительность 0,829, специфичность 0,936 ($TN=619$; $FP=42$; $FN=72$; $TP=349$), а при поиске патологических изменений ОГК в протоколах рентгенографии и флюорографии — 0,912; 1,000 и 0,844 соответственно ($TN=259$; $FP=48$; $FN=0$; $TP=237$).

* TN (true negative — истинно отрицательный): предсказать отрицательный класс как отрицательный класс (количество), истинное значение — 1, прогноз — 1.

** FP (false positive — ложноположительный): прогнозировать отрицательный класс как положительный класс (количество), истинное значение — 1, прогноз — 0.

FN (false negative — ложноотрицательный): прогнозировать положительный класс как отрицательный класс (количество), истинное значение — 0, прогноз — 1.

TP (true positive — истинно положительный): прогнозировать положительный класс как положительный класс (количество), истинное значение — 0, прогноз — 0.

ОБСУЖДЕНИЕ

Словарь для маммографических исследований

Наиболее простым для составления и использования оказался словарь для маммографических исследований, что связано с особенностями современных стандартизированных протоколов. Протоколы описания маммографических исследований наиболее структурированы, для них обязательно использование BI-RADS, они подлежат контролю в связи с высокой значимостью выявляемой патологии. В абсолютном большинстве случаев в заключении указана категория BI-RADS, в описательной части — изменения, на основании которых выставлена та или иная категория. Наличие в словаре категорий BI-RADS позволяет достигать высокой точности в автоматизированной обработке протоколов, достигающей точности 1.0. Данный инструмент может использоваться в других регионах (субъектах Российской Федерации), при необходимости, например для протоколов отличающейся структуры, возможно добавление ключевых определяющих слов («опухоль», «с-г»).

Ограничения в работе инструмента могут быть связаны с отсутствием категории BI-RADS в протоколе: обычно такие протоколы содержат информацию о невозможности оценки состояния молочных желёз в связи с ненадлежащим качеством снимков или другими причинами. Так как такие исследования выносятся в отдельную группу, возможен их целенаправленный поиск, например для осуществления контроля качества, отбора пациентов, нуждающихся в дообследовании. Разработанный инструмент при условии дальнейшего совершенствования может быть использован с другими целями, например для оценки соответствия протокола стандарту, сопоставления описательной части и заключения с целью аудита.

Словарь для исследований на COVID-19-пневмонию по степеням тяжести

Высокие показатели точности были достигнуты также при применении инструмента для анализа исследований на предмет COVID-19-пневмонии по степеням тяжести, что также обусловлено структурой протоколов и однозначностью составленного словаря. Используемый словарь основан на стандартных степенях: КТ0 — отсутствие признаков вирусной пневмонии, КТ1–КТ4 — вирусная пневмония от лёгкой степени до критической, ПРОЧЕЕ — прочие изменения, не связанные с вирусной пневмонией. В период пандемии заключения содержали информацию об отсутствии или наличии признаков вирусной пневмонии, степени распространения, ассоциированной со степенью тяжести, а также в большинстве случаев вероятности

вирусной пневмонии. В условиях соблюдения указанных параметров для оценки инструментом достаточно текста заключения и словаря на основании вариаций написания степени поражения. Кроме того, описательные части протоколов в подавляющем большинстве имеют общие черты и единую терминологию.

Несмотря на общие черты большинства протоколов, существует небольшое количество вариаций написания заключения, связанных с разнообразными вариантами построения, использования терминологии, орфографическими, пунктуационными, лексическими особенностями языка врача, а также личным опытом работы с КТ-исследованиями. Иногда возникают диагностические неточности, связанные с особенностями КТ-картины вирусной пневмонии. В ситуациях, когда изменения по типу матового стекла, ретикулярной исчерченности и т.д. в представлении описывающего врача могут соответствовать другим заболеваниям, или существует другая сопутствующая патология, протокол и в особенности заключение могут содержать нетипичные по построению и терминологии предложения. В перечисленных ситуациях возможно наличие неопределённости в срабатывании инструмента, что позволяет сконцентрировать внимание на таких исследованиях и провести целенаправленный аудит, выявить неточности использования терминологии, а также использовать в клинических целях для определения сопутствующих заболеваний, требующих особого внимания и нуждающихся в дальнейшем наблюдении. Следует отметить, что в разных регионах и лечебных учреждениях возможно использование различных классификаций и протоколов описания вирусной пневмонии.

Словарь для поиска признаков рака лёгкого

Более сложной оказалась задача по разработке ключевых слов и «стоп»-слов для поиска признаков рака лёгкого по данным протоколов КТ и НДКТ ОГК, что стало причиной меньшей точности алгоритма. Для протоколов НДКТ существует классификация Lung-RADS, использование которой могло бы максимально упростить задачу поиска подозрительных узлов [11]. Однако поиск категорий Lung-RADS в работе с исследованиями г. Москвы не позволяет оценить имеющиеся протоколы в полном масштабе, так как не все протоколы содержат такую категорию в заключении; кроме того, в 8,3% протоколов содержатся расхождения между описательной частью и заключением [12].

Разработка словаря для поиска признаков узелков и новообразований лёгких различного характера по-прежнему является актуальной задачей, сопряжённой с рядом сложностей и ограничений. Протоколы КТ и НДКТ ОГК, несмотря на наличие шаблонов и методических рекомендаций по описанию, имеют достаточно разнообразные варианты структуры, последовательности. Многие врачи-рентгенологи не используют традиционную рекомендуемую терминологию (например, узелки 4 мм

обозначены термином «образование»), что приводит к неправомерному использованию терминов [13].

С учётом существующих рекомендаций и желательной терминологии для поиска подозрительных изменений были приняты ключевые слова, соответствующие солидным узлам/очагам лёгких от 6 мм, а также образованиям (изменения размером более 3 см) [10–12]. Эти критерии имеют ряд ограничений, что может привести к ложноположительным или ложноотрицательным срабатываниям алгоритма. Так, например, при выполнении КТ ОГК случайно найденные солидные узлы лёгких рекомендуется оценивать с использованием рекомендаций Флейшнеровского сообщества (Fleischner), однако для их применения необходимы оценка паспортных данных, клинической информации, оценка факторов риска, наличия других заболеваний, в том числе неопластического характера [14].

При использовании критерия размера и основного набора ключевых слов невозможно полностью исключить доброкачественные изменения. Например, для исключения доброкачественных узлов с кальцификацией в структуре необходимо учитывать характер её распределения, зачастую не указанный в протоколах. В то же время кальцинаты могут быть описаны в структуре злокачественных новообразований. Крупные очаги могут быть описаны врачом в рамках других заболеваний, например туберкулёза, саркоидоза, бронхолитов различной этиологии.

Для выполнения задачи по сопоставлению данных протокола и результата обработки сервисом искусственного интеллекта существующих возможностей разработанного алгоритма достаточно. Дальнейшее улучшение инструмента с повышением его точности позволит не только использовать его в других регионах, но и поможет создать полезный инструмент для других задач.

С доработкой инструмента возможно создание более точного алгоритма, учитывающего необходимые факторы риска (наличие иммунодефицита, воспалительных процессов из паспортной части протокола, клинической информации, направительного диагноза и т.д.). Особенно важным данное усовершенствование может стать в оценке узелков лёгких у онкологических больных. Информацию о наличии онкологического заболевания можно получить из описательной части протокола, а также в электронной истории болезни. Оценка динамики изменения размера узелков с помощью инструмента и сопоставление с данными рекомендаций по ведению лёгочных узелков также могли бы стать перспективным направлением усовершенствования инструмента для соответствия его функциональных возможностей совершенствующимся моделям компьютерного зрения.

Отдельная группа ограничений, особенно актуальная в группе КТ ОГК, связана с широким и сложно

охватываемым списком «стоп»-слов. Это связано с особенностями исследования: в зону сканирования попадают органы брюшной полости, шеи, а также другие органы грудной клетки. Для большинства органов (например, щитовидной железы, печени, почек, надпочечников и т.д.) такие «стоп»-слова включают название самих органов. Однако такие анатомические структуры грудной клетки, как средостение, перикард, рёбра и грудные позвонки, мягкие ткани грудной стенки, диафрагма, не могут быть использованы как самостоятельные «стоп»-слова, так как нередко случаи, когда злокачественные новообразования лёгких обладают инвазивным ростом и поражают прилежащие ткани, что описывается врачом в совокупности («образование, распространяющееся в средостение»). В то же время часто встречаются различные самостоятельные новообразования перечисленных органов и анатомических структур, что приводит к большому количеству ложноположительных срабатываний алгоритма.

Словарь ключевых слов для рентгенографии и флюорографии органов грудной клетки

Сложной областью для разработки и применения инструмента анализа текстов проколов оказались рентгенография и флюорография ОГК. Протоколы рентгенографии и флюорографии имеют множество вариаций формы, структуры, размера, используемых характеристик, при этом значительно варьирует терминология [15, 16].

Разработанный словарь ключевых слов для рентгенографии и флюорографии ОГК помимо общепринятых обозначений патологии включал специфические рентгенологические термины, например «затемнение», «фокус», «тень». Это сопряжено с рядом трудностей, так как такие термины могут использоваться для нецелевой патологии или обозначения анатомических структур («тень ребра»), дополнительных медицинских приспособлений («тень электрокардиостимулятора», «тень дренажной трубки»).

Определение патологии по бинарной классификации (норма/патология) с условием перечисленных затруднений возможно с достаточно высокой точностью, однако при необходимости разделения патологии на многочисленные классы (например, выпот, пневмоторакс, ателектаз, очаг и т.д.) существуют проблемы классификации находок по группам даже для самих врачей-рентгенологов, что связано с ограниченными возможностями рентгеновского метода. Кроме того, одни и те же ключевые слова используются для обозначения совершенно разных рентгенологических находок.

В процессе разработки «стоп»-слов были учтены многочисленные варианты написания нормы с использованием различных лексических и синтаксических вариантов отрицания («в лёгких без затемнений», «без патологических тенеобразований в лёгких» и т.д.). С поступлением

новых данных необходимо постоянное расширение словаря. В настоящий момент полученные показатели точности для данного типа исследований позволяют решать основную задачу сопоставления результатов моделей искусственного интеллекта и врача.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С высокой точностью машинные методы могут быть использованы для автоматической классификации текстов рентгенологических протоколов маммографии и КТ ОГК для поиска вирусной пневмонии, что связано со структурированностью и наличием стандартизации описаний для данных исследований.

Для поиска признаков рака лёгкого в протоколах исследований КТ и НДКТ ОГК и патологических изменений в протоколах рентгенографии и флюорографии ОГК достигнутой точности достаточно для успешного применения в целях автоматизированного сравнения работы врачей и моделей искусственного интеллекта в отделениях лучевой диагностики. Меньшая точность обусловлена более свободной структурой протоколов, их диагностическими, лексическими и терминологическими особенностями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sorin V., Barash Y., Konen E., Klang E. Deep learning for natural language processing in radiology: Fundamentals and a systematic review // *J Am College Radiol*. 2020. Vol. 17, N 5. P. 639–648. doi: 10.1016/j.jacr.2019.12.026
2. Monshi M.M., Poon J., Chung V. Deep learning in generating radiology reports: A survey // *Artif Intell Med*. 2020. N 106. P. 101878. doi: 10.1016/j.artmed.2020.101878
3. Banerjee I., Chen M.C., Lungren M.P., Rubin D.L. Radiology report annotation using intelligent word embeddings: Applied to multi-institutional chest CT cohort // *J Biomed Inform*. 2018. N 77. P. 11–20. doi: 10.1016/j.jbi.2017.11.012
4. Kivotova E., Maksudov B., Kuleev R., Ibragimov B. Extracting clinical information from chest x-ray reports: A case study for Russian language // Conference: International Conference Nonlinearity, Information and Robotics (NIR)At: Innopolis, Russia, 2020. P. 1–6. doi: 10.1109/NIR50484.2020.9290235
5. Lee C., Kim Y., Kim Y.S., Jang J. Automatic disease annotation from radiology reports using artificial intelligence implemented by a recurrent neural network // *Am J Roentgenol*. 2019. Vol. 212, N 4. P. 734–740. doi: 10.2214/AJR.18.19869
6. Yuan J., Zhu H., Tahmasebi A. Classification of pulmonary nodular findings based on characterization of change using radiology reports // *AMIA Jt Summits Transl Sci Proc*. 2019. Vol. 2019. P. 285–294.
7. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В., и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов: препринт № ЦДТ 2020-II. Версия 2. Москва, 2020. 78 с.
8. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции 2019-nCoV. Временные методические ре-

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

комендации Министерства здравоохранения Российской Федерации // *Пульмонология*. 2019. Т. 29, № 6. С. 655–672. doi: 10.18093/0869-0189-2019-29-6-655-672

9. D'Orsi C.J., Sickles E.A., Mendelson E.B., et al. ACR BI-RADS atlas, breast imaging reporting and data system. Reston, VA, American College of Radiology; 2013.

10. Caliskan D., Zierk J., Kraska D., et al. First steps to evaluate an NLP tool's medication extraction accuracy from discharge letters // *Stud Health Technol Inform*. 2021. N 278. P. 224–230. doi: 10.3233/SHTI210073

11. American College of Radiology Committee on Lung-RADS. Lung-RADS Assessment Categories version 1.1. Режим доступа: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/Lung-RADS/LungRADSAssessmentCategoriesv1-1.pdf>. Дата обращения: 01.01.2020.

12. Морозов С.П., Владимирский А.В., Гомболевский В.А., и др. Искусственный интеллект: автоматизированный анализ текста на естественном языке для аудита радиологических исследований // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2018. Т. 99, № 5. С. 253–258.

13. Hansell D.M., Bankier A.A., MacMahon H., et al. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging // *Radiology*. 2008. Vol. 246, N 3. P. 697–722. doi: 10.1148/radiol.2462070712

14. MacMahon H., Naidich D.P., Goo J.M., et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the fleischner society 2017 // *Radiology*. 2017. Vol. 284, N 1. P. 228–243. doi: 10.1148/radiol.2017161659

15. Callister M.E., Baldwin D.R., Akram A.R., et al. British Thoracic Society Pulmonary Nodule Guideline Development Group; British Thoracic Society Standards of Care Committee. British Tho-

racic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules // *Thorax*. 2015. Vol. 70, Suppl 2. P. ii1–ii54. doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207168

16. Синицын В.Е., Комарова М.А., Мершина Е.А. Протокол рентгенологического описания: прошлое, настоящее, будущее // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2014. № 3. С. 35–40.

REFERENCES

1. Sorin V, Barash Y, Konen E, Klang E. Deep learning for natural language processing in radiology: Fundamentals and a systematic review. *J Am Coll Radiol*. 2020;17(5):639–648. doi: 10.1016/j.jacr.2019.12.026
2. Monshi MM, Poon J, Chung V. Deep learning in generating radiology reports: A survey. *Artif Intell Med*. 2020;(106):101878. doi: 10.1016/j.artmed.2020.101878
3. Banerjee I, Chen MC, Lungren MP, Rubin DL. Radiology report annotation using intelligent word embeddings: Applied to multi-institutional chest CT cohort. *J Biomed Inform*. 2018;(77):11–20. doi: 10.1016/j.jbi.2017.11.012
4. Kivotova E, Maksudov B, Kulee R, Ibragimov B. Extracting clinical information from chest X-ray reports: A case study for Russian language. Conference: International Conference Nonlinearity, Information and Robotics (NIR)At: Innopolis, Russia; 2020. P. 1–6. doi: 10.1109/NIR50484.2020.9290235
5. Lee C, Kim Y, Kim YS, Jang J. Automatic disease annotation from radiology reports using artificial intelligence implemented by a recurrent neural network. *Am J Roentgenol*. 2019;212(4):734–740. doi: 10.2214/AJR.18.19869
6. Yuan J, Zhu H, Tahmasebi A. Classification of pulmonary nodular findings based on characterization of change using radiology reports. *AMIA Jt Summits Transl Sci Proc*. 2019;2019:285–294.
7. Morozov SP, Protsenko DN, Smetanina SV, et al. Radiation diagnostics of coronavirus disease (COVID-19): Organization, methodology, interpretation of results: Preprint, 2020-II. Version 2. Moscow; 2020. 78 p. (In Russ).
8. The prevention, diagnosis and treatment of the new coronavirus infection 2019-nCoV. Temporary guidelines Ministry of Health of the Russian Federation. *Pulmonologiya*. 2019;29(6):655–672. (In Russ). doi: 10.18093/0869-0189-2019-29-6-655-672
9. D'Orsi CJ, Sickles EA, Mendelson EB, et al. ACR BI-RADS Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, VA, American College of Radiology; 2013.
10. Caliskan D, Zierk J, Kraska D, et al. First steps to evaluate an NLP tool's medication extraction accuracy from discharge letters. *Stud Health Technol Inform*. 2021;(278):224–230. doi: 10.3233/SHTI210073
11. American College of Radiology Committee on Lung-RADS. Lung-RADS Assessment Categories version 1.1. Available from: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/RADS/Lung-RADS/LungRADSAssessmentCategoriesv1-1.pdf>. Accessed: 01.01.2020.
12. Morozov SP, Vladimirovskiy AV, Gomboleviskiy VA, et al. Artificial intelligence: natural language processing for peer-review in radiology. *J Radiol Nuclear Med*. 2018;99(5):253–258. (In Russ). doi: 10.20862/0042-4676-2018-99-5-253-258
13. Hansell DM, Bankier AA, MacMahon H, et al. Fleischner Society: glossary of terms for thoracic imaging. *Radiology*. 2008;246(3):697–722. doi: 10.1148/radiol.2462070712
14. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: From the fleischner society 2017. *Radiology*. 2017;284(1):228–243. doi: 10.1148/radiol.2017161659
15. Callister ME, Baldwin DR, Akram AR, et al.; British Thoracic Society Pulmonary Nodule Guideline Development Group; British Thoracic Society Standards of Care Committee. British Thoracic Society guidelines for the investigation and management of pulmonary nodules. *Thorax*. 2015;70(Suppl 2):ii1–ii54. doi: 10.1136/thoraxjnl-2015-207168
16. Sinitsyn VE, Komarova MA, Mershin EA. Radiology report: past, present and future. *J radiol nuclear med*. 2014;(3):35–40. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* Кокина Дарья Юрьевна;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1141-8395>;
eLibrary SPIN: 9883-4656; e-mail: d.kokina@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

Арзамасов Кирилл Михайлович, к.м.н.;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7786-0349>;
eLibrary SPIN: 3160-8062; e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

Андрейченко Анна Евгеньевна, канд. физ.-мат. наук;

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

Морозов Сергей Павлович, д.м.н., профессор;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: spmoroz@gmail.com

AUTHORS' INFO

* Daria Yu. Kokina;

address: 24-1 Petrovka str., 127051, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1141-8395>;
eLibrary SPIN: 9883-4656; e-mail: d.kokina@npcmr.ru

Victor A. Gomboleviskiy, MD, Cand. Sci. (Med.);

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

Kirill M. Arzamasov, MD, Cand. Sci. (Med.);

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7786-0349>;
eLibrary SPIN: 3160-8062; e-mail: k.arzamasov@npcmr.ru

Anna E. Andreychenko, Cand. Sci. (Phys.-Math.);

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

Sergey P. Morozov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6545-6170>;
eLibrary SPIN: 8542-1720; e-mail: spmoroz@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110718>

Редкая локализация аваскулярного некроза при лечении новой коронавирусной инфекции глюкокортикостероидами

А.П. Гончар¹, И.А. Блохин¹, Ю.Ф. Шумская^{1, 2}¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация² Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Развитие аваскулярного некроза костных структур, индуцированного лечением новой коронавирусной инфекции глюкокортикоидами, является довольно распространённым осложнением терапии, при этом чаще всего встречается поражение головок бедренных костей. Своевременное выявление аваскулярного некроза важно в рамках профилактики развития артритов и других осложнений.

В работе представлен клинический случай пациентки в возрасте 54 лет, госпитализированной по поводу новой коронавирусной инфекции, с жалобами на выраженные боли в обоих коленных суставах через 2 недели от начала болезни. По результатам магнитно-резонансной томографии был выявлен выраженный аваскулярный некроз костей, формирующих коленный сустав, с обеих сторон. Консервативная терапия, включающая приём нестероидных противовоспалительных препаратов и ингибиторов костной резорбции из группы бисфосфонатов, дала выраженный положительный результат. При повторном осмотре через 3 месяца болей нет, сохраняются небольшие ограничения движений в коленных суставах. По данным магнитно-резонансной томографии обоих коленных суставов отмечено значительное уменьшение ранее выявленных изменений.

Побочные эффекты глюкокортикоидов (нарушение толерантности к глюкозе, повышение артериального давления, тахикардия, эрозивно-язвенное поражение желудочно-кишечного тракта, нарушения сна и др.) широко известны, однако остеонекроз костных структур коленных суставов, вызванный приёмом стероидов, редко попадает в поле зрения клиницистов. Приведённый клинический случай подчёркивает комплексный характер патогенеза остеонекроза и демонстрирует широкий спектр осложнений при терапии кортикостероидами.

Ключевые слова: клинический случай; аваскулярный некроз; остеонекроз; коронавирусная инфекция; коленный сустав; магнитно-резонансная томография.

Как цитировать

Гончар А.П., Блохин И.А., Шумская Ю.Ф. Редкая локализация аваскулярного некроза при лечении новой коронавирусной инфекции глюкокортикостероидами // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 384–392. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110718>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110718>

Rare localization of avascular necrosis during treatment of COVID-19 with glucocorticosteroids

Anna P. Gonchar¹, Ivan A. Blokhin¹, Yuliya F. Shumskaya^{1, 2}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

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

ABSTRACT

The development of bony avascular necrosis induced by glucocorticoid treatment of COVID-19 is a common adverse effect, with femoral head being the most commonly affected. Timely detection of avascular necrosis is important in the prevention of osteoarthritis and other complications.

We present a clinical case of a 54-year-old patient hospitalized for novel coronavirus infection with complaints of severe pain in both knees 2 weeks after the disease onset. Magnetic resonance imaging revealed pronounced changes in both knees, corresponding to avascular necrosis. The results of conservative therapy, including non-steroidal anti-inflammatory drugs and bisphosphonate bone resorption inhibitors, produced a pronounced positive result. At follow-up examination 3 months later, there was no pain, but the knee joints still had slight restrictions of movement. Magnetic resonance imaging showed a significant decrease in the previously detected changes.

The side effects of glucocorticoids (impaired glucose tolerance, increased blood pressure, tachycardia, gastrointestinal erosive ulcers, sleep disorders, etc.) are widely known, but knee osteonecrosis caused by steroid intake rarely comes to the attention of clinicians. This clinical case emphasizes the complex nature of osteonecrosis pathogenesis and demonstrates a wide range of complications in corticosteroid therapy.

Keywords: case report; avascular necrosis; osteonecrosis; COVID-19; knee joint; magnetic resonance imaging.

To cite this article

Gonchar AP, Blokhin IA, Shumskaya YF. Rare localization of avascular necrosis during treatment of COVID-19 with glucocorticosteroids. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):384–393. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110718>

Received: 31.08.2022

Accepted: 11.11.2022

Published: 18.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110718>

糖皮质激素治疗新型冠状病毒感染罕见局限性缺血性坏死

Anna P. Gonchar¹, Ivan A. Blokhin¹, Yuliya F. Shumskaya^{1,2}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

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

简评

糖皮质激素治疗新型冠状病毒感染引起的骨结构缺血性坏死是一种相当常见的治疗并发症，其中最常见的是股骨头病变。对于预防关节炎和其他并发症，及时检测缺血性坏死是很重要的。

这项研究展示了一名54岁的患者的临床案例，她因新型冠状病毒感染住院，并在发病后两周内抱怨双膝关节疼痛。磁共振成像扫描显示，形成膝关节的骨骼在两侧都有明显的血管性坏死。使用非甾体抗炎药和双磷酸盐骨吸收抑制剂的保守治疗有显著的积极效果。3个月后复查时，没有疼痛，但膝关节的活动仍有轻微限制。两个膝关节的磁共振成像显示，先前确定的变化明显减少。

糖皮质激素的副作用（糖耐量受损、血压升高、心动过速、胃肠道侵蚀性溃疡、睡眠障碍等）广为人知，但由类固醇引起的膝关节骨结构的骨坏死却很少引起临床医生的注意。这个临床病例强调了骨坏死发病机制的复杂性，并展示了皮质类固醇治疗的广泛并发症。

关键词：临床病例；缺血性坏死；骨坏死；冠状病毒感染；膝关节；磁共振成像。

To cite this article

Gonchar AP, Blokhin IA, Shumskaya YF. 糖皮质激素治疗新型冠状病毒感染罕见局限性缺血性坏死. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):384–392. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110718>

收到: 31.08.2022

接受: 11.11.2022

发布日期: 18.11.2022

АКТУАЛЬНОСТЬ

Новая коронавирусная инфекция, впервые выявленная в декабре 2019 г. в Ухани (Китай), стала причиной глобальной пандемии. В лечении новой коронавирусной инфекции патогенетически обосновано и широко распространено использование глюкокортикостероидов (ГКС) [1]. Однако известно, что не только интенсивное, но даже разовое их использование может спровоцировать развитие аваскулярного некроза [2]. В литературе описано множество клинических случаев аваскулярного некроза головки бедренной кости у пациентов, получавших терапию ГКС [3, 4], однако остеонекрозы других областей, в частности коленных суставов, представлены в единичных случаях [5]. Ранняя диагностика данной патологии крайне важна в рамках профилактики развития артритов и других осложнений [6].

В данной статье мы описываем клинический случай аваскулярного некроза костных структур обоих коленных суставов, развившегося на фоне терапии ГКС по поводу коронавирусной инфекции.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

О пациенте

Женщина, 54 года, с жалобами на выраженный кашель и повышение температуры до 39,5°C на протяжении 6 дней была госпитализирована с новой коронавирусной инфекцией. При проведении компьютерной томографии органов грудной клетки было выявлено поражение более 30% объема лёгких. Определён положительный результат полимеразной цепной реакции на РНК SARS-CoV-2. Соматический анамнез пациентки не отягощён.

За период госпитализации пациентка получила лечение в следующем объёме: дексаметазон

парентерально на протяжении 5 дней в суточной дозе 20 мг с последующим перерывом на 2 дня и возобновлением его применения на протяжении ещё 5 дней в дозе 12 мг, а также антикоагулянтную и антисекреторную терапию.

На 15-й день болезни появились выраженные боли и значительное ограничение объёма движений в коленных суставах, сохраняющиеся в ночное время; пальпация суставов болезненная. На 17-й день болезни в связи с положительной динамикой пациент выписан с рекомендациями по приёму нестероидных противовоспалительных средств ввиду болей в коленных суставах.

Через 1,5 мес после госпитализации в связи с сохраняющимися жалобами на боли в коленных суставах и ограничение движений в них пациентка была направлена на магнитно-резонансную томографию (МРТ) обоих коленных суставов.

Результаты инструментального обследования

По данным МРТ левого коленного сустава: в дистальных отделах диафиза и в мыщелках бедренной кости (с вовлечением суставной поверхности), а также в надколеннике определяются зоны патологических изменений, неоднородно гиперинтенсивные на PD-взвешенных (протон-взвешенных) изображениях с подавлением сигнала от жировой ткани, гипо-/изоинтенсивные на T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ), неправильной («географической») формы, в центральных отделах которых визуализируются участки с сигнальными характеристиками жёлтого костного мозга (рис. 1). При МР-исследовании правого коленного сустава определяются зоны аналогичных изменений костного мозга обоих мыщелков бедренной кости с распространением на дистальный метаэпифиз и суставную поверхность латерального мыщелка, а также

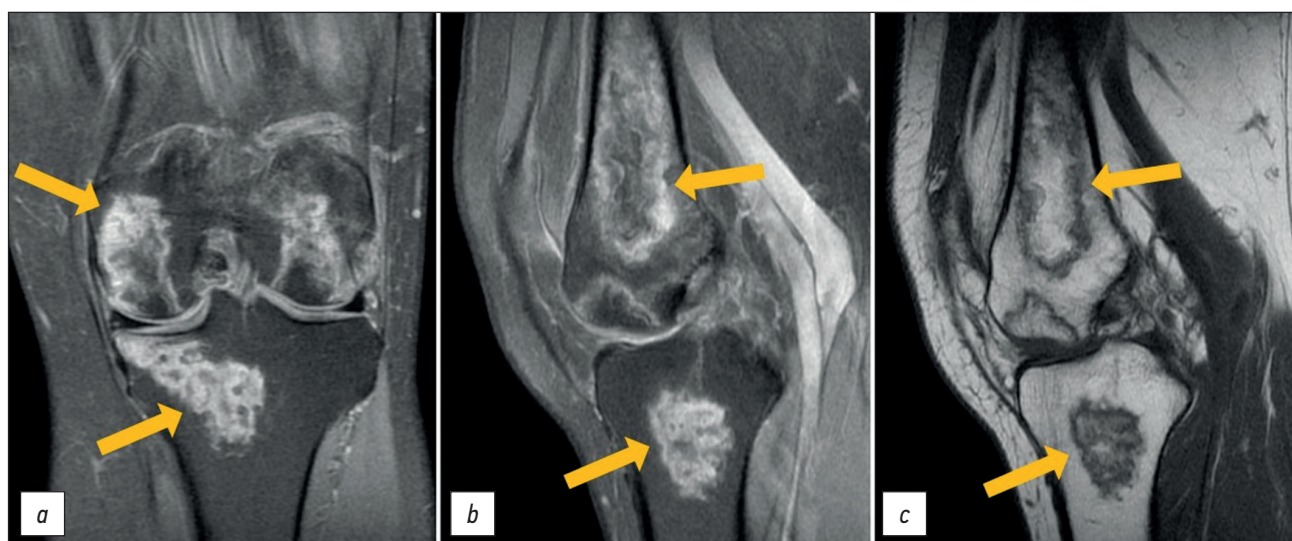


Рис. 1. Первичная магнитно-резонансная томография левого коленного сустава: PD-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в коронарной (а) и сагиттальной плоскостях (b), T1-ВИ в сагиттальной плоскости (c). Стрелки указывают на зоны отёка костного мозга в виде неоднородного, неправильной формы («географической») МР-сигнала мыщелков бедренной и большеберцовой костей.

надколенника. По периферии некоторых зон выявленных патологических изменений на небольшом протяжении визуализируется симптом «двойной линии» (рис. 2).

В связи с имеющимся анамнезом и выявленными изменениями на МРТ был выставлен диагноз «Аваскулярный некроз костей, формирующих коленный сустав, с обеих сторон».

Диагноз, лечение

По результатам МРТ, а также данных анамнеза и клинической картины выставлен диагноз аваскулярного некроза мыщелков бедренной и большеберцовой костей обоих коленных суставов. В связи с этим назначена консервативная терапия (физиотерапия) в следующем объёме: магнитотерапия и фонофорез с применением геля, содержащего нестероидный противовоспалительный компонент, нестероидные противовоспалительные препараты в таблетированной форме ситуационно при боли, препараты витамина D, ингибиторы костной резорбции из группы бисфосфонатов.

На фоне терапии через 3 мес отмечалась выраженная положительная динамика: болевой синдром купирован; сохраняется небольшое ограничение движения в коленных суставах (невозможно выполнить глубокое приседание).

При повторном проведении МРТ обоих коленных суставов определяется положительная динамика: ранее выявленные изменения значительно менее выражены (рис. 3, 4).

ОБСУЖДЕНИЕ

Распространённость остеонекроза среди пациентов с новой коронавирусной инфекцией сильно

варьирует — от 5 до 58% [7], при этом чаще отмечается поражение головок бедренных костей, тогда как поражение костных структур коленных суставов и других костей встречается реже.

При остеонекрозе вторичного генеза костных структур коленных суставов, а именно аваскулярном некрозе, чаще всего поражаются оба мыщелка бедренных костей, как и в описанном нами клиническом случае; в свою очередь для первичного остеонекроза характерно поражение только одного из мыщелков [8].

К причинам развития аваскулярного некроза относят лечение ГКС, заболевания почек, гематологические заболевания. Некоторые авторы отмечают влияние препаратов, используемых в лечении коронавирусной инфекции, таких как лопинавир и ритонавир, на развитие остеонекроза [9]. В приведённом нами случае данное патологическое состояние, наиболее вероятно, развилось на фоне лечения коронавирусной инфекции ГКС.

Являясь важным в лечении новой коронавирусной инфекции препаратом, ГКС является независимым фактором риска развития аваскулярного некроза. При этом патогенез развития остеонекроза у таких пациентов до конца не ясен: помимо терапии ГКС, самостоятельными причинами могут являться сосудистые тромбозы, гипертрофия адипоцитов, жировая эмболия, гиперкоагулопатия, эндотелиальная деструкция, агрегация лейкоцитов [7, 10]. Тем не менее клинических примеров развития остеонекроза вследствие вышеуказанных факторов в литературе не встретилось [7, 9].

На данный момент нет однозначного мнения относительно длительности применения ГКС и определения дозировки, повышающей риск развития остеонекроза. Тем не менее ряд исследований указывает на важность

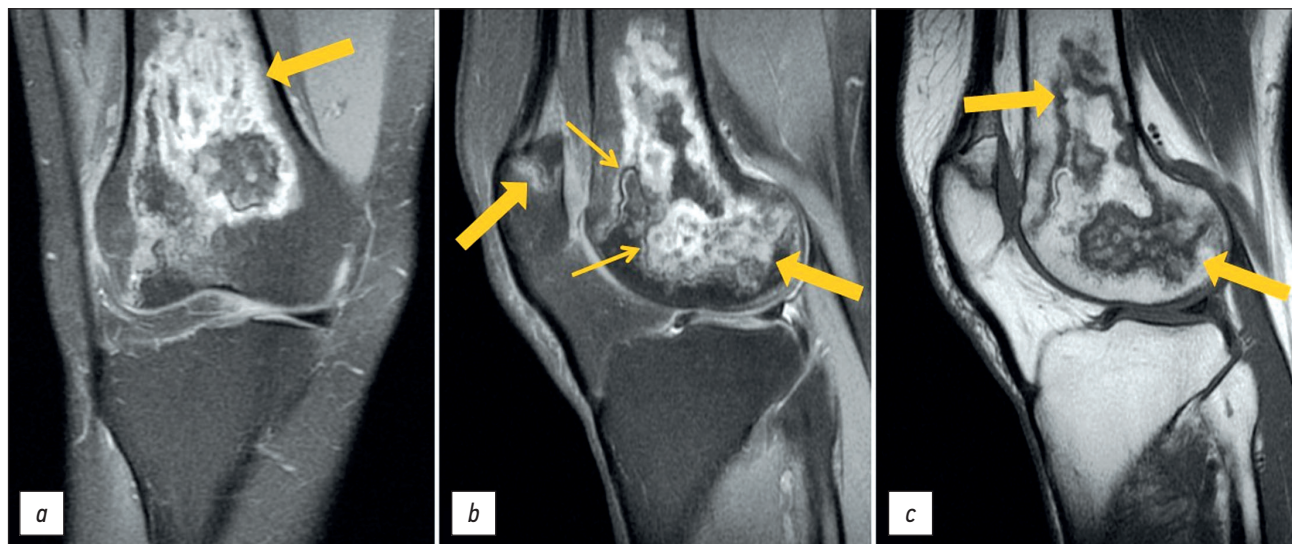


Рис. 2. Первичная магнитно-резонансная томография правого коленного сустава; PD-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в коронарной (а) и сагиттальной плоскостях (b), T1-ВИ в сагиттальной плоскости (c). Толстые стрелки указывают на зоны отёка костного мозга в виде неоднородного, неправильной формы («географической») МР-сигнала мыщелков бедренной кости, надколенника; тонкие стрелки — на симптом «двойной линии» в виде внутренней гиперинтенсивной (грануляционная ткань) и внешней гипоинтенсивной (остеосклероз) линий на PD-ВИ.

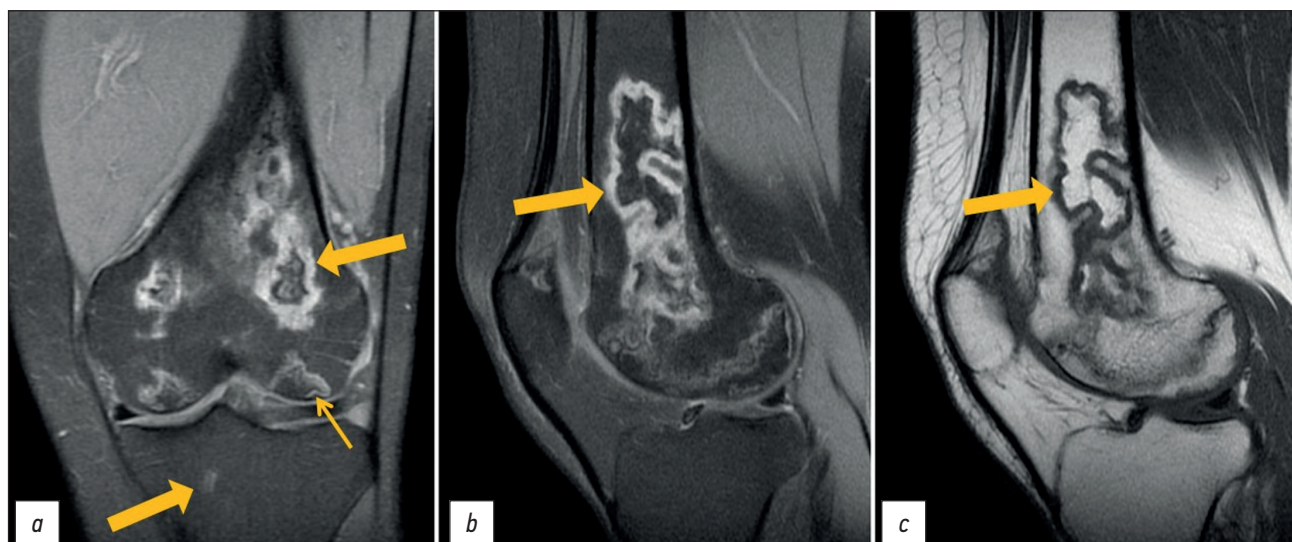


Рис. 3. Повторная магнитно-резонансная томография левого коленного сустава: PD-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в коронарной (а) и сагиттальной плоскостях (b), T1-ВИ в сагиттальной плоскости (c). Толстые стрелки указывают на зоны отёка костного мозга в виде неоднородного, неправильной формы («географической») МР-сигнала мыщелков бедренной кости, надколенника; тонкая стрелка указывает на симптом «двойной линии» в виде внутренней гиперинтенсивной (грануляционная ткань) и внешней гипоинтенсивной (остеосклероз) линий на PD-ВИ.

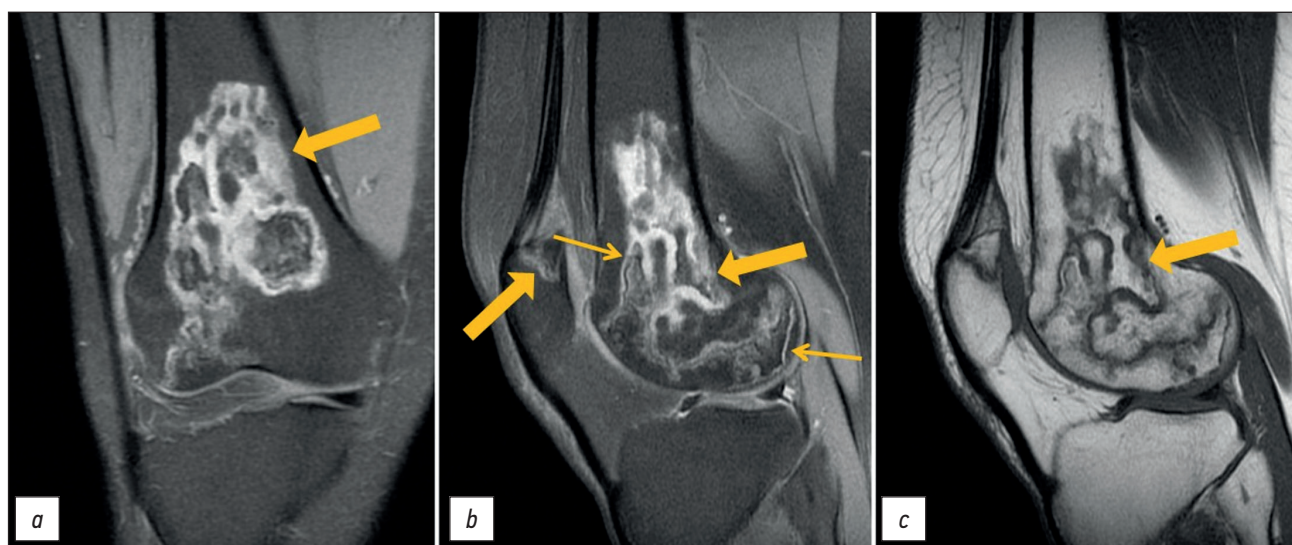


Рис. 4. Повторная магнитно-резонансная томография правого коленного сустава: PD-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в коронарной (а) и сагиттальной плоскостях (b), T1-ВИ в сагиттальной плоскости (c). Толстые стрелки указывают на зоны отёка костного мозга в виде неоднородного, неправильной формы («географической») МР-сигнала мыщелков бедренной кости, надколенника; тонкие стрелки — на симптом «двойной линии» в виде внутренней гиперинтенсивной (грануляционная ткань) и внешней гипоинтенсивной (остеосклероз) линий на PD-ВИ.

контроля кумулятивной дозы ГКС как важного фактора развития патологии [11]. Так, в ряде исследований определено, что остеонекроз костных структур коленного сустава развивается при кумулятивной дозе преднизолона, варьирующей от 1,012 до 6,562 г [12, 13], тогда как в других клинических случаях кумулятивная доза преднизолона находилась в пределах 0,9–1,413 г со средним значением 1,156 г [14]. В описанном нами клиническом случае использовался дексаметазон в дозировке 20 мг/сут с последующим снижением до 12 мг.

S.R. Agarwala и соавт. [14] описывают случаи развития аваскулярного некроза после применения

метилпреднизолона на протяжении 15 дней с развитием болей в коленях на 25-й день болезни, с поражением обоих мыщелков и надколенника по данным МРТ, у женщины 20 лет, а также появлением болей в обоих тазобедренных суставах и правом коленном суставе у юноши 16 лет через 4 мес после перенесённой новой коронавирусной инфекции с терапией метилпреднизолоном и дексаметазоном на протяжении 19 дней. В приведённом нами клиническом случае на протяжении 10 дней использовался дексаметазон с перерывом на 2 дня, при этом через 15 дней от начала болезни (9-й день от начала терапии ГКС) появились первые жалобы на боли в коленных

суставах, что схоже с клиническим примером первого из вышеуказанных пациентов, хотя возраст нашей пациентки значительно отличался.

Другой клинический случай описывает развитие аваскулярного некроза правого коленного сустава у женщины 78 лет с имеющимися в анамнезе данными двустороннего гонартроза, более выраженного слева, а также сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями, ожирением [15]. Терапия включала антибактериальные препараты, гидроксихлорохин, противовирусные препараты (лопинавир, ритонавир) и оксигенотерапию. Через 2 нед после выписки пациентки отмечалось усиление болей в правом коленном суставе. В это же время в связи с появлением бронхоспазма на протяжении 9 дней проводилась терапия ГКС. Через 7 дней после этого развился локальный отёк правого коленного сустава. По данным МРТ отмечались признаки остеонекроза медиального мыщелка правой бедренной кости. В данном случае нельзя говорить однозначно только о влиянии ГКС на развитие аваскулярного некроза: наличие сопутствующих заболеваний также относится к факторам риска развития остеонекроза. Тем не менее короткий период времени между коронавирусной инфекцией и развитием аваскулярного некроза позволяет предположить влияние приёма ГКС. В приведённом нами клиническом случае у пациентки отсутствовали иные факторы риска развития аваскулярного некроза, кроме приёма ГКС, тем не менее, как и в приведённом примере, отмечалось довольно быстрое развитие артралгии на фоне терапии ГКС.

С другой стороны, результаты исследования A. Sulewski и соавт. [16] указывают на отсутствие данных о прямом влиянии ГКС на развитие остеонекроза. Данная работа включала анализ 10 пациентов с подтверждённой коронавирусной инфекцией и признаками аваскулярного некроза. Возраст пациентов составлял в среднем 61 год. Несмотря на то, что только 4 из 10 пациентов проводили терапию, включающую использование ГКС, у каждого из них в среднем через 14 дней от начала болезни развились признаки аваскулярного некроза. Схожие данные получены W. Li и соавт. [17] в проведённом метаанализе, по результатам которого подтверждается теория мультифакторного патогенеза аваскулярного некроза у пациентов с новой коронавирусной инфекцией. К возможным факторам развития аваскулярного некроза у таких пациентов авторы относят дефицит ангиотензинпревращающего фермента 2, который может вызвать костную деструкцию, а также развитие сосудистых тромбозов, как и в случае механизма развития остеонекроза при лечении ГКС. Таким образом, нет однозначного мнения об этиологии и механизме развития аваскулярного некроза у пациентов с новой коронавирусной инфекцией.

Как в приведённом нами клиническом случае, так и в рассматриваемых работах зарубежных авторов лечение аваскулярного некроза проводится преимущественно

консервативно и в первую очередь направлено на купирование болевого синдрома, замедление прогрессирования остеонекроза, а также профилактику переломов и артритов. При этом общепринятой схемы терапевтического лечения не описано [18]. В свою очередь, ряд исследователей подтверждает, что использование комбинированной терапии с бисфосфонатами эффективно для лечения остеонекроза, в том числе на ранних стадиях его развития, что подтверждается приведённым нами клиническим случаем [19, 20].

Таким образом, раннее выявление пациентов с повышенным риском развития аваскулярного некроза при новой коронавирусной инфекции является крайне важным в рамках профилактики развития артритов и других осложнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами описан клинический случай выявленного посредством МРТ двустороннего аваскулярного некроза костей, формирующих коленный сустав, на фоне приёма ГКС при COVID-19. Побочные эффекты применения ГКС, такие как нарушение толерантности к глюкозе, повышение артериального давления, тахикардия, эрозивно-язвенное поражение желудочно-кишечного тракта, нарушения сна, широко известны. Однако аваскулярный некроз костных структур коленных суставов, вызванный ГКС, редко попадает в поле зрения клиницистов. Приведённый случай не только подчёркивает комплексный характер патогенеза остеонекроза, но и демонстрирует широкий спектр осложнений при терапии ГКС.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: А.П. Гончар — концепция и дизайн работы; А.П. Гончар — сбор и анализ данных; Ю.Ф. Шумская — интерпретация данных; И.А. Блохин — утверждение финальной версии статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных в журнале Digital Diagnostics.

Благодарности. Авторы выражают признательность Виктории Александровне Матьковой за оказанную помощь в подготовке публикации.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the

version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.P. Gonchar — concept and design of the paper; A.P. Gonchar — data collection and analysis; Yu.F. Shumskaya — data interpretation; I.A. Blokhin — approval of the final version of the paper.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

Acknowledgments. The authors are thankful to Victoria Alexandrovna Matkova for her contribution to the publication.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 3 (3 марта 2020 г.) (утв. Министерством здравоохранения РФ). Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73647088/>. Дата обращения: 15.07.2022.
2. Ali R.S., Al-Sudani H., Tan I.J. Osteonecrosis of bilateral distal femurs in a pregnant patient following antenatal betamethasone // *Cureus*. 2022. Vol. 14, N 3. P. e22735. doi: 10.7759/cureus.22735
3. Zhang S., Wang C., Shi L., Xue Q. Beware of steroid-induced avascular necrosis of the femoral head in the treatment of COVID-19-experience and lessons from the SARS epidemic // *Drug Des Devel Ther.* 2021. Vol. 15. P. 983–995. doi: 10.2147/DDDT.S298691
4. Agarwala S.R., Vijayvargiya M., Pandey P. Avascular necrosis as a part of 'long COVID-19' // *BMJ Case Rep.* 2021. Vol. 14, N 7. P. e242101. doi: 10.1136/bcr-2021-242101
5. Takao M., Sugano N., Nishii T., et al. Spontaneous regression of steroid-related osteonecrosis of the knee // *Clin Orthop Relat Res.* 2006. Vol. 452. P. 210–215. doi: 10.1097/01.blo.0000229278.51323.08
6. Hines J.T., Jo W.L., Cui Q., et al. Osteonecrosis of the femoral head: an updated review of arco on pathogenesis, staging and treatment // *J Korean Med Sci.* 2021. Vol. 36, N 24. P. e177. doi: 10.3346/jkms.2021.36.e177
7. Disser N.P., De Micheli A.J., Schonk M.M., et al. Musculoskeletal consequences of COVID-19 // *J Bone Joint Surg Am.* 2020. Vol. 102, N 14. P. 1197–1204. doi: 10.2106/JBJS.20.00847
8. Karim A.R., Cherian J.J., Jauregui J.J., et al. Osteonecrosis of the knee: review // *Ann Transl Med.* 2015. Vol. 3, N 1. P. 6. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2014.11.13
9. Patel M.S., Gutman M.J., Abboud J.A. Orthopaedic considerations following COVID-19: lessons from the 2003 SARS outbreak // *JBJS Rev.* 2020. Vol. 8, N 7. P. e2000052. doi: 10.2106/JBJS.RVW.20.00052
10. Kerachian M.A., Séguin C., Harvey E.J. Glucocorticoids in osteonecrosis of the femoral head: a new understanding of the mechanisms of action // *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2009. Vol. 114, N 3–5. P. 121–128. doi: 10.1016/j.jsbmb.2009.02.007
11. Chan K.L., Mok C.C. Glucocorticoid-induced avascular bone necrosis: diagnosis and management // *Open Orthop J.* 2012. Vol. 6. P. 449–457. doi: 10.2174/1874325001206010449
12. Powell C., Chang C., Naguwa S.M., et al. Steroid induced osteonecrosis: an analysis of steroid dosing risk // *Autoimmun Rev.* 2010. Vol. 9, N 11. P. 721–743. doi: 10.1016/j.autrev.2010.06.007
13. Takeda H., Nishise S., Fujishima S., et al. Osteonecrosis of the lateral femoral condyle in a patient with ulcerative colitis: report of a case // *Clin J Gastroenterol.* 2008. Vol. 1, N 3. P. 93–96. doi: 10.1007/s12328-008-0015-2
14. Agarwala S.R., Vijayvargiya M., Sawant T. Secondary osteonecrosis of the knee as a part of long COVID-19 syndrome: a case series // *BMJ Case Rep.* 2022. Vol. 15, N 3. P. e248583. doi: 10.1136/bcr-2021-248583
15. Angulo-Ardoy M., Ureña-Aguilera Á. Knee osteonecrosis after COVID-19 // *Fam Pract.* 2021. Vol. 38, Suppl 1. P. i45–i47. doi: 10.1093/fampra/cmab063
16. Sulewski A., Sieroń D., Szyłuk K., et al. Avascular necrosis bone complication after active COVID-19 infection: preliminary results // *Medicina (Kaunas).* 2021. Vol. 57, N 12. P. 1311. doi: 10.3390/medicina57121311
17. Li W., Huang Z., Tan B., et al. General recommendation for assessment and management on the risk of glucocorticoid-induced osteonecrosis in patients with COVID-19 // *J Orthop Translat.* 2021. Vol. 31. P. 1–9. doi: 10.1016/j.jot.2021.09.005
18. Mont M.A., Baumgarten K.M., Rifai A., et al. Atraumatic osteonecrosis of the knee // *J Bone Joint Surg Am.* 2000. Vol. 82, N 9. P. 1279–1290. doi: 10.2106/00004623-200009000-00008
19. Agarwala S., Sharoff L., Jagani N. Effect of zoledronic acid and alendronate on bone edema and pain in spontaneous osteonecrosis of the knee: a new paradigm in the medical management // *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2020. Vol. 55, N 5. P. 543–550. doi: 10.1016/j.rboe.2017.12.008
20. Jureus J., Lindstrand A., Geijer M., et al. Treatment of spontaneous osteonecrosis of the knee (SPONK) by a bisphosphonate // *Acta Orthop.* 2012. Vol. 83, N 5. P. 511–514. doi: 10.3109/17453674.2012.729184

REFERENCES

1. Temporary guidelines «Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19)». Version 3 (March 3, 2020) (approved by the Ministry of Health of the Russian Federation). (In Russ). Available from: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73647088/>. Accessed: 15.07.2022.
2. Ali RS, Al-Sudani H, Tan IJ. Osteonecrosis of bilateral distal femurs in a pregnant patient following antenatal betamethasone. *Cureus*. 2022;14(3):e22735. doi: 10.7759/cureus.22735
3. Zhang S, Wang C, Shi L, Xue Q. Beware of steroid-induced avascular necrosis of the femoral head in the treatment of COVID-19-ex-

perience and lessons from the SARS epidemic. *Drug Des Devel Ther.* 2021;15:983–995. doi: 10.2147/DDDT.S298691

4. Agarwala SR, Vijayvargiya M, Pandey P. Avascular necrosis as a part of 'long COVID-19'. *BMJ Case Rep.* 2021;14(7):e242101. doi: 10.1136/bcr-2021-242101

5. Takao M, Sugano N, Nishii T, et al. Spontaneous regression of steroid-related osteonecrosis of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;452:210–215. doi: 10.1097/01.blo.0000229278.51323.08

6. Hines JT, Jo WL, Cui Q, et al. Osteonecrosis of the femoral head: an updated review of arco on pathogenesis, staging and treatment. *J Korean Med Sci.* 2021;36(24):e177. doi: 10.3346/jkms.2021.36.e177

7. Disser NP, De Micheli AJ, Schonk MM, et al. Musculoskeletal consequences of COVID-19. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102(14):1197–1204. doi: 10.2106/JBJS.20.00847

8. Karim AR, Cherian JJ, Jauregui JJ, et al. Osteonecrosis of the knee: review. *Ann Transl Med.* 2015;3(1):6. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2014.11.13

9. Patel MS, Gutman MJ, Abboud JA. Orthopaedic considerations following COVID-19: lessons from the 2003 SARS outbreak. *JBJS Rev.* 2020;8(7):e2000052. doi: 10.2106/JBJS.RVW.20.00052

10. Kerachian MA, Séguin C, Harvey EJ. Glucocorticoids in osteonecrosis of the femoral head: a new understanding of the mechanisms of action. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2009;114(3–5):121–128. doi: 10.1016/j.jsbmb.2009.02.007

11. Chan KL, Mok CC. Glucocorticoid-induced avascular bone necrosis: diagnosis and management. *Open Orthop J.* 2012;6:449–457. doi: 10.2174/1874325001206010449

12. Powell C, Chang C, Naguwa SM, et al. Steroid induced osteonecrosis: an analysis of steroid dosing risk. *Autoimmun Rev.* 2010;9(11):721–743. doi: 10.1016/j.autrev.2010.06.007

13. Takeda H, Nishise S, Fujishima S, et al. Osteonecrosis of the lateral femoral condyle in a patient with ulcerative colitis: report of a case. *Clin J Gastroenterol.* 2008;1(3):93–96. doi: 10.1007/s12328-008-0015-2

14. Agarwala SR, Vijayvargiya M, Sawant T. Secondary osteonecrosis of the knee as a part of long COVID-19 syndrome: a case series. *BMJ Case Rep.* 2022;15(3):e248583. doi: 10.1136/bcr-2021-248583

15. Angulo-Ardoy M, Ureña-Aguilera Á. Knee osteonecrosis after COVID-19. *Fam Pract.* 2021;38(Suppl 1):i45–i47. doi: 10.1093/fampra/cmab063

16. Sulewski A, Sieroń D, Szyłuk K, et al. Avascular necrosis bone complication after active COVID-19 infection: preliminary results. *Medicina (Kaunas).* 2021;57(12):1311. doi: 10.3390/medicina57121311

17. Li W, Huang Z, Tan B, et al. General recommendation for assessment and management on the risk of glucocorticoid-induced osteonecrosis in patients with COVID-19. *J Orthop Translat.* 2021;31:1–9. doi: 10.1016/j.jot.2021.09.005

18. Mont MA, Baumgarten KM, Rifai A, et al. Atraumatic osteonecrosis of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82(9):1279–1290. doi: 10.2106/00004623-200009000-00008

19. Agarwala S, Sharoff L, Jagani N. Effect of zoledronic acid and alendronate on bone edema and pain in spontaneous osteonecrosis of the knee: a new paradigm in the medical management. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo).* 2020;55(5):543–550. doi: 10.1016/j.rboe.2017.12.008

20. Jureus J, Lindstrand A, Geijer M, et al. Treatment of spontaneous osteonecrosis of the knee (SPONK) by a bisphosphonate. *Acta Orthop.* 2012;83(5):511–514. doi: 10.3109/17453674.2012.729184

ОБ АВТОРАХ

* Гончар Анна Павловна;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-6540>;
eLibrary SPIN: 3513-9531; e-mail: a.gonchar@npcmr.ru

Блохин Иван Андреевич;

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

Шумская Юлия Федоровна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8521-4045>;
eLibrary SPIN: 3164-5518; e-mail: yu.shumskaia@npcmr.ru

AUTHORS' INFO

* Anna P. Gonchar;

address: 24-1 Petrovka street, 127051 Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5161-6540>;
eLibrary SPIN: 3513-9531; e-mail: a.gonchar@npcmr.ru

Ivan A. Blokhin;

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

Yuliya F. Shumskaia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8521-4045>;
eLibrary SPIN: 3164-5518; e-mail: yu.shumskaia@npcmr.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110952>

Скрытое течение болезни Крона: роль томографических методов в диагностике

Ю.Ф. Шумская^{1, 2}, Т.С. Нефедова¹, Д.А. Ахмедзянова¹, И.А. Блохин², М.Г. Мнацаканян¹¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация² Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Болезнь Крона с локализацией процесса в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, терминальном отделе подвздошной кишки или в толстой кишке диагностируется на основании визуализации области поражения при помощи эндоскопических методов исследования и гистологического исследования биоптатов. В случаях поражения тонкой кишки, когда методы эндоскопии малоинформативны, а применение видеокапсульной эндоскопии имеет ряд противопоказаний, для постановки диагноза целесообразно использовать лучевые методы диагностики, такие как мультиспиральная компьютерная томография и/или магнитно-резонансная энтерография.

Приводим описание клинического случая пациента со стёртыми клиническими проявлениями болезни Крона с поражением тонкой и прямой кишки, диагноз которому удалось верифицировать благодаря применению томографических лучевых методов исследования. Мужчина в возрасте 44 лет с жалобами на невыраженные боли в животе, диспепсию. В анализах — косвенные признаки мальабсорбции, повышение фекального кальпротектина; при эндоскопическом обследовании с гистологической верификацией — картина проктита. После выполнения энтерографии с помощью компьютерной и магнитно-резонансной томографии удалось диагностировать массивное поражение тонкой кишки, являющееся субстратом симптоматики.

Приведённый клинический случай демонстрирует атипичную клиническую картину болезни Крона с поражением петель тощей, подвздошной и отделов прямой кишки. В отсутствии характерных жалоб у пациента, а также вследствие недостаточно информативных результатов эндоскопического и морфологического исследования такие методы визуализации, как компьютерная и магнитно-резонансная томография, сыграли решающую роль в постановке диагноза.

Ключевые слова: болезнь Крона; МР-энтерография; КТ-энтерография; клинический случай.

Как цитировать

Шумская Ю.Ф., Нефедова Т.С., Ахмедзянова Д.А., Блохин И.А., Мнацаканян М.Г. Скрытое течение болезни Крона: роль томографических методов в диагностике // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 394–402. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110952>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110952>

Latent course of Crohn's disease: the role of tomographic imaging in diagnosis

Yuliya F. Shumskaya^{1,2}, Tamara S. Nefedova¹, Dina A. Akhmedzyanova¹, Ivan A. Blokhin², Marina G. Mnatsakanyan¹

¹ The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

² Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Crohn's disease with localization in the upper gastrointestinal tract, terminal ileum, or colon is diagnosed based on visualization of the lesion area using endoscopic methods and histological examination. In cases of damage to the small intestine, when endoscopy methods are not informative enough and the use of videocapsular endoscopy has a number of contraindications, it is advised to use radiation diagnostic methods, such as multispiral computed tomography and/or magnetic resonance enterography, to make a diagnosis.

We present a clinical case of ambiguous clinical manifestations of Crohn's disease with small intestine and rectal involvement. Tomographic imaging was used to confirm the diagnosis. A 44-year-old patient presented with complaints of non-pronounced abdominal pain, dyspepsia. The lab panel showed indirect signs of malabsorption, an increase in fecal calprotectin. An endoscopic examination with histological verification revealed a picture of proctitis. After performing computed tomography and/or magnetic resonance enterography multiple lesions of the small intestine were revealed. This clinical case demonstrates an atypical clinical picture of Crohn's disease with jejunal, iliac, and rectal lesions.

The patient had no characteristic complaints; the results of endoscopic and morphological studies were not informative. Imaging by means of computed and magnetic resonance tomography has played a crucial role in the diagnosis and successful treatment.

Keywords: Crohn's disease; MRI-enterography; CT-enterography; clinical case.

To cite this article

Shumskaya YuF, Nefedova TS, Akhmedzyanova DA, Blokhin IA, Mnatsakanyan MG. Latent course of Crohn's disease: the role of tomographic imaging in diagnosis. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):394–402. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110952>

Received: 16.09.2022

Accepted: 11.10.2022

Published: 21.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110952>

克罗恩病的潜伏过程：断层扫描方法在诊断中的作用

Yuliya F. Shumskaya^{1,2}, Tamara S. Nefedova¹, Dina A. Akhmedzyanova¹,
Ivan A. Blokhin², Marina G. Mnatsakanyan¹

¹ The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

² Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

简评

上消化道、回肠末端或结肠局部的克罗恩病是通过内镜检查和活检标本的组织学检查观察病变而诊断的。在小肠受累的情况下，内镜检查的价值不大，视频胶囊内镜检查有一些禁忌症，建议使用放射学技术，如多螺旋计算机断层扫描和/或磁共振肠成像来进行诊断。

这里描述的是一位临床表现轻微的克罗恩病患者，其小肠和直肠受累，通过使用影像放射学技术验证了其诊断。一名44岁的男子，有轻微腹痛和消化不良。检查显示，有吸收不良的间接迹象，粪便钙蛋白增加；内镜检查与组织学验证显示，有直肠炎的模式。经过计算机断层扫描和磁共振成像肠道造影，可以诊断出小肠的巨大病变，这是症状的基底。

这个临床病例显示了克罗恩病的非典型临床表现，包括空肠、回肠和直肠受累。由于患者没有特征性的主诉，并且由于内窥镜和形态学检查的结果信息量不足，CT和MRI等影像技术在诊断中起到了决定性的作用。

关键词：克罗恩病；磁共振小肠造影；CT小肠造影；临床病例。

To cite this article

Shumskaya YuF, Nefedova TS, Akhmedzyanova DA, Blokhin IA, Mnatsakanyan MG. 克罗恩病的潜伏过程：断层扫描方法在诊断中的作用. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):394–402. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD110952>

收到: 16.09.2022

接受: 11.10.2022

发布日期: 21.11.2022

АКТУАЛЬНОСТЬ

Болезнь Крона ввиду своего системного характера может поражать не только органы желудочно-кишечного тракта, но и опорно-двигательную или дыхательную системы, органы зрения или кожу [1–4], поэтому периодически попадает в поле зрения врачей разных специальностей. Возможный полиморфизм жалоб, особенно при дебюте заболевания с внекишечных симптомов, или крайне скудные жалобы при латентном течении болезни делают диагностику болезни Крона крайне затруднительной [5, 6], в связи с чем адекватная терапия назначается не вовремя.

В классических случаях течения болезни Крона диагноз устанавливается на основании визуализации области поражения при помощи эндоскопических методов исследования, что представляется возможным при локализации процесса в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, терминальном отделе подвздошной кишки и в толстой кишке. Однако, например, при поражении тонкой кишки методы эндоскопии становятся малоинформативными или, в случае применения видеокапсульной эндоскопии [7], имеют ряд противопоказаний, затрудняющих её использование в клинической практике. В данном случае для постановки диагноза целесообразно использовать лучевые методы диагностики, такие как мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) и/или магнитно-резонансная (МР)-энтерография [8, 9].

Приводим описание пациента со стёртыми клиническими проявлениями болезни Крона с поражением тонкой и прямой кишки, диагноз которому удалось верифицировать благодаря применению лучевых методов исследования.

ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

О пациенте

Пациент Д., 44 года, поступил в гастроэнтерологическое отделение с жалобами на дискомфорт в околопупочной области, чувство вздутия и распирания в эпигастрии и околопупочной области, появляющиеся спустя 30–60 мин после еды. Впервые ощущение тяжести в животе, отрыжку воздухом, эпизоды изжоги после приёма пищи, похудение на 15 кг за 2 года при отсутствии изменений в диете появились в 2017 г. Пациент проходил амбулаторное обследование, в ходе которого патологии со стороны желудочно-кишечного тракта не выявлено: ультразвуковое исследование органов брюшной полости без особенностей, по результатам эзофагогастродуоденоскопии поверхностный гастрит, не ассоциированный с *Helicobacter pylori* (отрицательный быстрый уреазный тест), колоноскопия без органической патологии. Состояние расценено как функциональное расстройство сфинктера Одди. Назначенное лечение рабепразолом и гимекромомом без выраженного эффекта. У пациента

сохранялись эпизодические боли в животе (1 раз в несколько месяцев). В связи с вышеописанными жалобами госпитализирован для обследования.

При поступлении состояние относительно удовлетворительное. Астенического телосложения, индекс массы тела 20,02 кг/м². Температура при поступлении 36,5°C. Кожные покровы бледные. Живот визуально симметричный, при пальпации болезненный в околопупочной области, правой мезогастральной и правой подвздошной областях. Стул регулярный, оформленный, 1 раз в день, без патологических примесей.

Результаты лабораторного и инструментального обследования

По данным лабораторных методов исследования обращали внимание возникшее во время госпитализации снижение гемоглобина (со 137,2 до 123 г/л при норме 132–180); снижение уровня сывороточного железа до 10,4 мкмоль/л (N 12,5–32,2); снижение общего белка до 63 г/л (N 66–83); положительный анализ кала на скрытую кровь и повышенный уровень фекального кальпротектина (389 мкг/г при норме до 50). Все остальные показатели общего, биохимического анализов крови, коагулограммы, общего анализа мочи и кала оставались в пределах референсных значений.

При эзофагогастродуоденоскопии данных за поражение верхних отделов желудочно-кишечного тракта не получено.

В ходе колоноскопии обнаружены эндоскопические признаки проктита: отёчность слизистой прямой кишки, множественные геморрагии, сглаженность сосудистого рисунка. Взята биопсия.

Результаты гистологического исследования: в слизистой прямой кишки архитектура сохранена, в собственной пластинке слизистой густая равномерная лимфоплазмочитарная инфильтрация с обилием эозинофильных лейкоцитов, в нескольких фрагментах гиперплазированные лимфоидные фолликулы с пролиферативными центрами.

Данные полученного обследования не укладывались в единую картину. Учитывая косвенные признаки синдрома мальабсорбции (снижение гемоглобина, сывороточного железа, общего белка), принято решение о необходимости визуализации тонкой кишки.

Выполнена МСКТ органов брюшной полости с внутривенным контрастированием после перорального приёма 1 л раствора макрогола: стенки тощей и подвздошной кишки локально утолщены, неактивно накапливают контрастный препарат. Стенка дистальных отделов тощей кишки с переходом на подвздошную кишку на протяжении около 5 см выражено утолщена до 17 мм, более активно накапливает контрастный препарат, в том числе слизистой оболочкой (рис. 1). Регионарная клетчатка инфильтрирована, на этом фоне (по срединной линии межпупочно в малом тазу)

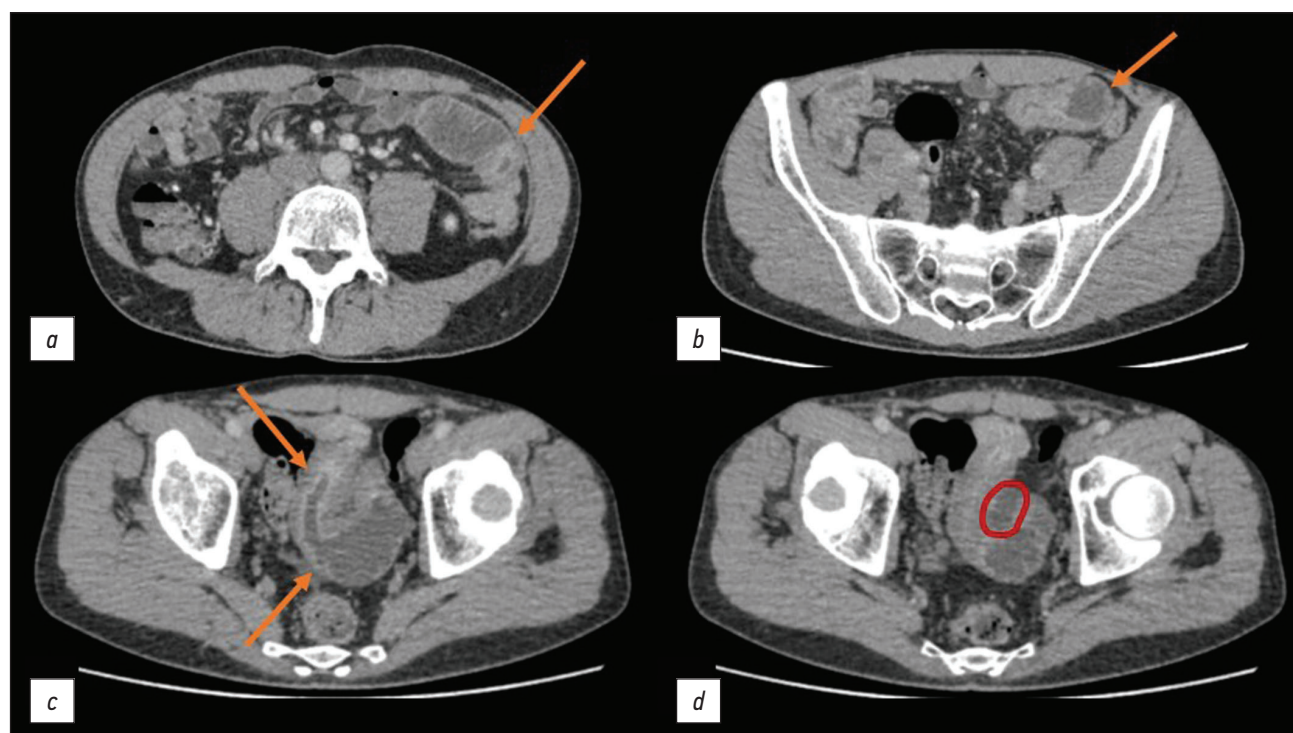


Рис. 1. Мультиспиральная компьютерная томография брюшной полости с внутривенным контрастированием, аксиальная плоскость: *a* — значительное сужение просвета кишки и утолщение стенки с активным накоплением контраста (стрелка); *b* — расширенная петля тонкой кишки с неравномерно утолщённой стенкой (стрелка); *c* — визуализируется расширение и сужение просвета кишки; кроме того, обращает внимание слизистая оболочка кишки, которая активно накапливает контраст (стрелки); *d* — участок межпетельного скопления жидкости в малом тазу обозначен красным цветом.

отмечается формирование жидкостных зон; регионарные лимфоузлы размерами до 9 мм активно накапливают контрастный препарат.

Для уточнения протяжённости и объёма поражения проведена МР-энтерография после перорального приёма 1,2 л раствора маннитола: в тонкой кишке отмечаются четыре локальных участка неравномерного утолщения стенки: утолщение до 8 мм на протяжении 25 мм с сужением просвета до 5 мм; утолщение до 12 мм на протяжении ~90 мм с сужением просвета до 3 мм; утолщение до 10 мм на протяжении 160 мм с сужением просвета до 3 мм; утолщение до 9 мм на протяжении ~32 мм с сужением просвета до 3 мм (рис. 2, 3). Указанные участки тонкой кишки активно накапливают контрастный препарат и демонстрируют признаки ограничения диффузии на диффузионно-взвешенных изображениях. В связи с весьма схожим характером поражения для интестинального туберкулёза были также выполнены иммунодиагностика туберкулёзной инфекции (тест высвобождения гамма-интерферона [Interferon-Gamma Release Assays, T-SPOT.TB] с отрицательным результатом) и МСКТ органов грудной клетки (без патологии).

Диагноз, лечение

С учётом установленного в ходе обследования характерного поражения желудочно-кишечного тракта по типу «прыжков кенгуру» в сочетании с данными колоноскопии и гистологического исследования пациенту установлен

диагноз «Болезнь Крона, стриктурирующая форма с поражением тонкой и прямой кишок».

Для купирования атаки начата терапия: преднизолон в дозе 120 мг/сут внутривенно с постепенным снижением дозы и переходом на пероральный приём метилпреднизолона по 8 мг/сут; месалазин ректально в дозе 2 г/сут. В связи с нетипичной локализацией процесса, объёмом поражения и высокой активностью заболевания для поддержания ремиссии выбраны генно-инженерный биологический препарат (инфликсимаб) и азатиоприн.

На фоне лечения состояние пациента улучшилось, боли в животе и диспепсия не беспокоили. При осмотре в динамике через 3 мес — уровень фекального кальпротектина в пределах нормы, в биохимическом анализе крови признаков мальабсорбции нет. Пациент набрал около 5 кг массы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Приведённый клинический случай демонстрирует атипичную клиническую картину болезни Крона с поражением тощей, подвздошной и прямой кишок. В отсутствие характерных жалоб у пациента, а также недостаточно информативных результатов эндоскопического и морфологического исследований методы томографической лучевой диагностики сыграли решающую роль в установлении диагноза.

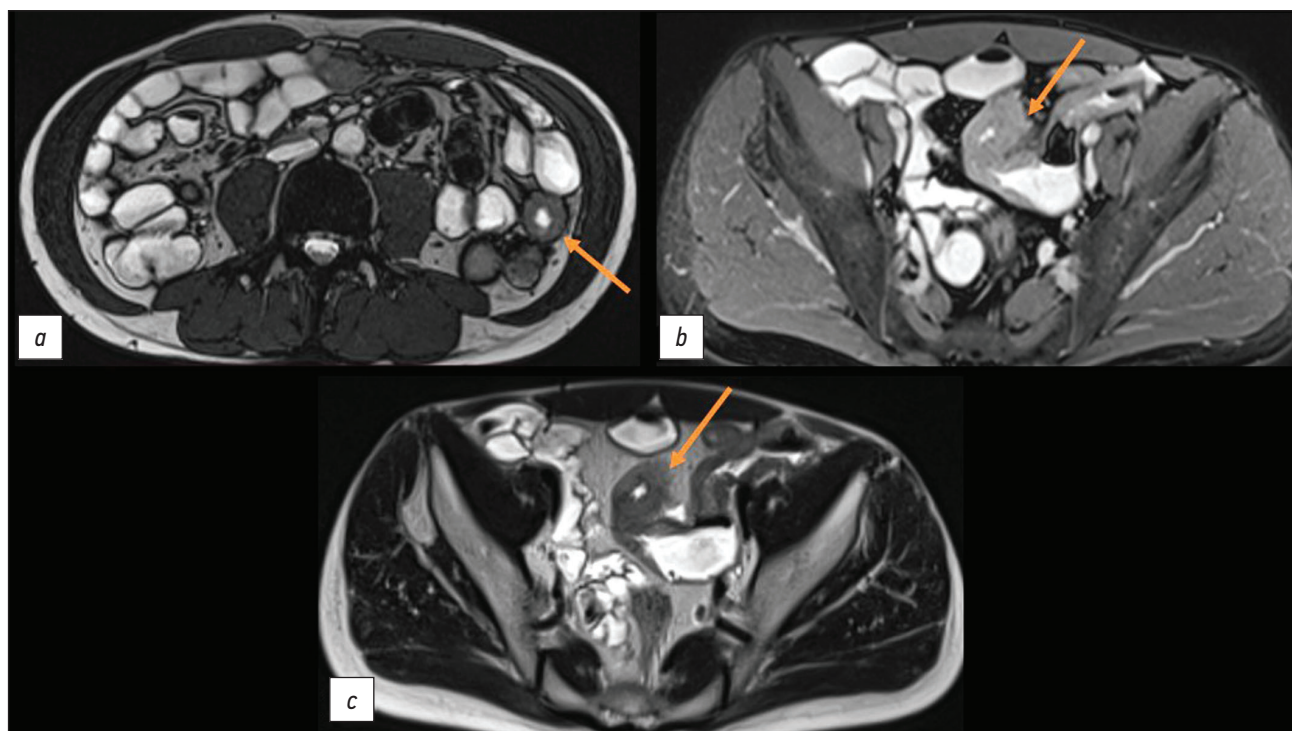


Рис. 2. Магнитно-резонансная энтерография, аксиальная плоскость: стрелками указаны утолщённые участки тонкой кишки.

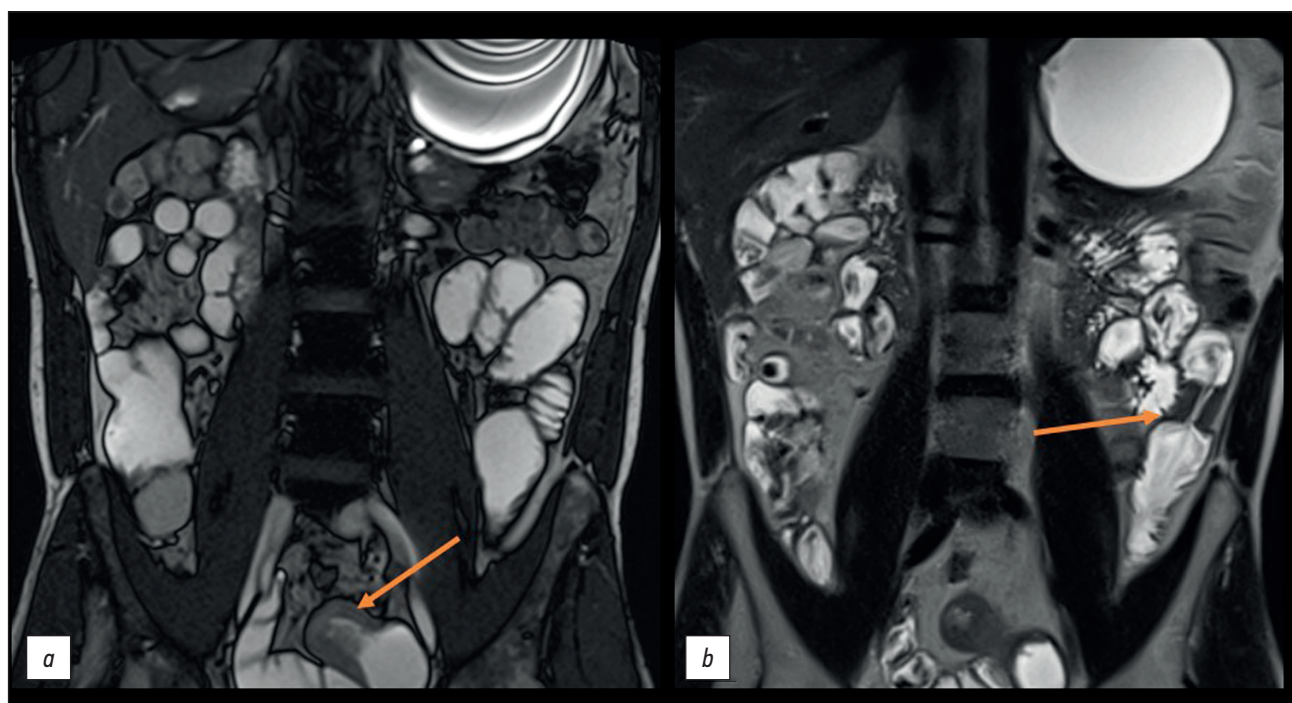


Рис. 3. Магнитно-резонансная энтерография, коронарная проекция: стрелками указаны утолщения продолжительных участков стенок тонкой кишки.

В клинических рекомендациях по диагностике и лечению болезни Крона использование МСКТ- и МР-энтерографии описано лишь для исключения стриктур тонкой кишки перед проведением видеокапсульной эндоскопии [10]. Однако в зарубежной литературе опубликованы работы, показывающие собственную ценность лучевых томографических методов для диагностики болезни Крона, в том числе принят консенсус по их использованию [11].

В систематическом обзоре М. Chavoshi и соавт. [12] показано, что диапазон чувствительности и специфичности МР-энтерографии при обнаружении поражения тонкой кишки при болезни Крона был на уровне от 80 до 88% и от 81 до 91% соответственно, что вполне удовлетворительно, чтобы сделать МР-энтерографию популярным методом диагностики патологий болезни Крона в тонкой кишке.

Е.К. Park и соавт. [13] в своей работе показали, что данные, полученные при МСКТ брюшной полости, достоверно коррелировали с индексом активности болезни Крона и С-реактивным белком ($p < 0,05$). При проведении ROC-анализа данных МСКТ для прогнозирования активности заболевания AUC составила 0,85. При использовании порогового значения 0,8 чувствительность и отрицательные прогностические значения составили 95 и 94% соответственно.

В отечественной литературе также имеются публикации, описывающие диагностическую ценность томографических методов исследования. Так, С.Э. Дуброва и Г.А. Сташук [14] сообщают о важности использования этих методов наряду с эндоскопическими в диагностике болезни Крона. Д.П. Курило и соавт. [15] в серии клинических случаев также показывают исключительную важность МСКТ-энтерографии, благодаря которой были получены данные о локализации и протяжённости патологических изменений, активности процесса, наличии внекишечных осложнений, что позволило определить тактику ведения пациентов с осложнённым течением болезни Крона (с перфорацией подвздошной кишки в одном случае и декомпенсированного стеноза нисходящей ободочной кишки — в другом).

Приведённый нами клинический случай также демонстрирует важность применения и высокую информативность томографических лучевых методов в диагностике болезни Крона с поражением тонкой кишки для определения активности и объёма поражения. Полученная благодаря энтерографии информация сыграла ключевую роль в диагностике болезни и была критически важной для дальнейшего определения тактики ведения пациента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Болезнь Крона не всегда сопровождается выраженной клинической симптоматикой. Рутинного обследования, в том числе с помощью методов эндоскопии, часто бывает недостаточно для диагностики поражения тонкой кишки. Томографические методы (КТ- и МР-энтерография) высокоинформативны и точны при визуализации тонкой кишки для оценки объёма и активности поражения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ainouche A., Durot C., Soyer P., et al. Unusual intestinal and extra intestinal findings in Crohn's disease seen on abdominal computed tomography and magnetic resonance enterography // *Clin Imaging*. 2020. Vol. 59, N 1. P. 30–38. doi: 10.1016/j.clinimag.2019.04.010
2. Jumani L., Kataria D., Ahmed M.U., et al. The spectrum of extra-intestinal manifestation of Crohn's disease // *Cureus*. 2020. Vol. 12, N 2. P. e6928. doi: 10.7759/cureus.6928
3. Amado C., Ferreira P.G. Pleuroparenchymal fibroelastosis associated with Crohn's disease: a new aetiology? // *Eur J Case Rep Intern Med*. 2020. Vol. 7, N 12. P. 002017. doi: 10.12890/2020_002017

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Шумская Ю.Ф. — разработка концепции, сбор материала, анализ полученных данных, подготовка текста, редактирование; Нефедова Т.С., Ахмедзянова Д.А. — разработка концепции, сбор материала; Блохин И.А. — подготовка текста, редактирование; Мнацаканян М.Г. — разработка концепции, редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Информированное согласие на публикацию. Авторы получили письменное согласие пациента на публикацию медицинских данных в журнале Digital Diagnostics.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Yuliya F. Shumskaya — conceptualization, data curation, investigation, writing the original draft, revising and editing the manuscript; Tamara S. Nefedova, Dina A. Akhmedzyanova — conceptualization, data curation, investigation; Ivan A. Blokhin — writing, revising and editing the manuscript; Marina G. Mnatsakanyan — conceptualization, investigation, and supervision.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

4. Dodd E.M., Howard J.R., Dulaney E.D., et al. Pyodermitis-pyostomatitis vegetans associated with asymptomatic inflammatory bowel disease // *Int J Dermatol*. 2017. Vol. 56, N 12. P. 1457–1459. doi: 10.1111/ijd.13640
5. Urbanek M., Neill S.M., McKee P.H. Vulval Crohn's disease: difficulties in diagnosis // *Clin Exp Dermatol*. 1996. Vol. 21, N 3. P. 211–214. doi: 10.1111/j.1365-2230.1996.tb00065.x
6. Dore M., Junco T.P., Galán S.A., et al. Pitfalls in diagnosis of early-onset inflammatory bowel disease // *Eur J Pediatr Surg*. 2018. Vol. 28, N 1. P. 39–43. doi: 10.1055/s-0037-1604428

7. Cave D.R., Hakimian S., Patel K. Current controversies concerning capsule endoscopy // *Dig Dis Sci*. 2019. Vol. 64, N 11. P. 3040–3047. doi: 10.1007/s10620-019-05791-4
8. Minordi L.M., Larosa L., Papa A., et al. Assessment of Crohn's disease activity: magnetic resonance enterography in comparison with clinical and endoscopic evaluations // *J Gastrointest Liver Dis*. 2019. Vol. 28. P. 213–224. doi: 10.15403/jgld-183
9. Hokama A., Kinjo T., Fujita J. Growing role of magnetic resonance enterography in the management of Crohn disease // *Pol Arch Intern Med*. 2020. Vol. 130, N 9. P. 724–725. doi: 10.20452/pamw.15628
10. Клинические рекомендации по диагностике и лечению болезни Крона у взрослых (проект) // *Колопроктология*. 2020. Т. 19, № 2. С. 8–38. doi: 10.33878/2073-7556-2020-19-2-8-38
11. Bruining D.H., Zimmermann E.M., Loftus E.V., et al; Society of Abdominal Radiology Crohn's Disease-Focused Panel. Consensus recommendations for evaluation, interpretation, and utilization of computed tomography and magnetic resonance enterography in patients with small bowel Crohn's disease // *Radiology*. 2018. Vol. 286, N 3. P. 776–799. doi: 10.1148/radiol.2018171737
12. Chavoshi M., Mirshahvalad S.A., Kasaeian A., et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance enterography in the evaluation of colonic abnormalities in Crohn's disease: a systematic review and meta-analysis // *Acad Radiol*. 2021. Vol. 28, Suppl. 1. P. S192–S202. doi: 10.1016/j.acra.2021.02.022
13. Park E.K., Han N.Y., Park B.J., et al. Value of computerized tomography enterography in predicting Crohn's disease activity: correlation with Crohn's disease activity index and C-reactive protein // *Iran J Radiol*. 2016. Vol. 13, N 4. P. e34301. doi: 10.5812/iranjradiol.34301
14. Дуброва С.Э., Сташук Г.А. Возможности лучевых методов в диагностике воспалительных заболеваний кишечника // *Альманах клинической медицины*. 2016. Т. 44, № 6. С. 757–769. doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-6-757-769
15. Курило Д.П., Савченко М.И., Соловьев И.А., и др. Возможности компьютерно-томографической энтерографии в диагностике осложненных форм болезни Крона // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2020. № 1. С. 60–65.

REFERENCES

1. Ainouche A, Durot C, Soyer P, et al. Unusual intestinal and extra intestinal findings in Crohn's disease seen on abdominal computed tomography and magnetic resonance enterography. *Clin Imaging*. 2020;59(1):30–38. doi: 10.1016/j.clinimag.2019.04.010
2. Jumani L, Kataria D, Ahmed MU, et al. The Spectrum of extra-intestinal manifestation of Crohn's disease. *Cureus*. 2020;12(2):e6928. doi: 10.7759/cureus.6928
3. Amado C, Ferreira PG. Pleuroparenchymal fibroelastosis associated with Crohn's disease: a new aetiology? *Eur J Case Rep Intern Med*. 2020;7(12):002017. doi: 10.12890/2020_002017
4. Dodd EM, Howard JR, Dulaney ED, et al. Pyodermitis-pyostomatitis vegetans associated with asymptomatic inflammatory bowel disease. *Int J Dermatol*. 2017;56(12):1457–1459. doi: 10.1111/ijd.13640
5. Urbanek M, Neill SM, McKee PH. Vulval Crohn's disease: difficulties in diagnosis. *Clin Exp Dermatol*. 1996;21(3):211–214. doi: 10.1111/j.1365-2230.1996.tb00065.x
6. Dore M, Junco TP, Galán SA, et al. Pitfalls in diagnosis of early-onset inflammatory bowel disease. *Eur J Pediatr Surg*. 2018;28(1):39–43. doi: 10.1055/s-0037-1604428
7. Cave DR, Hakimian S, Patel K. Current controversies concerning capsule endoscopy. *Dig Dis Sci*. 2019;64(11):3040–3047. doi: 10.1007/s10620-019-05791-4
8. Minordi LM, Larosa L, Papa A, et al. Assessment of Crohn's disease activity: magnetic resonance enterography in comparison with clinical and endoscopic evaluations. *J Gastrointest Liver Dis*. 2019;28:213–224. doi: 10.15403/jgld-183
9. Hokama A, Kinjo T, Fujita J. Growing role of magnetic resonance enterography in the management of Crohn disease. *Pol Arch Intern Med*. 2020;130(9):724–725. doi: 10.20452/pamw.15628
10. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of Crohn's disease in adults (project). *Koloproktologiya*. 2020;19(2):8–38. (In Russ). doi: 10.33878/2073-7556-2020-19-2-8-38
11. Bruining DH, Zimmermann EM, Loftus EV, et al; Society of Abdominal Radiology Crohn's Disease-Focused Panel. Consensus recommendations for evaluation, interpretation, and utilization of computed tomography and magnetic resonance enterography in patients with small bowel Crohn's disease. *Radiology*. 2018;286(3):776–799. doi: 10.1148/radiol.2018171737
12. Chavoshi M, Mirshahvalad SA, Kasaeian A, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance enterography in the evaluation of colonic abnormalities in Crohn's disease: a systematic review and meta-analysis. *Acad Radiol*. 2021;28(Suppl 1):S192–S202. doi: 10.1016/j.acra.2021.02.022
13. Park EK, Han NY, Park BJ, et al. Value of computerized tomography enterography in predicting Crohn's disease activity: correlation with Crohn's disease activity index and C-reactive protein. *Iran J Radiol*. 2016;13(4):e34301. doi: 10.5812/iranjradiol.34301
14. Dubrova SE, Stashuk GA. Possibilities of radiation methods in the diagnosis of inflammatory bowel diseases. *Al'manakh klinicheskoi meditsiny*. 2016;44(6):757–769. (In Russ). doi: 10.18786/2072-0505-2016-44-6-757-769
15. Kurilo DP, Savchenko MI, Soloviev IA, et al. Possibilities of computed tomography angiography in the diagnosis of complicated forms of Crohn's disease. *Bulletin of the Russian military medical academy*. 2020;(1):60–65. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* Шумская Юлия Федоровна;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8521-4045>;
eLibrary SPIN: 3164-5518; e-mail: yu.shumskaia@npcmr.ru

AUTHORS' INFO

* Yuliya F. Shumskaya;

address: 24-1 Petrovka str., 127051, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8521-4045>;
eLibrary SPIN: 3164-5518; e-mail: yu.shumskaia@npcmr.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Нефедова Тамара Сергеевна;ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6718-8701>;eLibrary SPIN: 3097-4977; e-mail: prosto.toma.22@gmail.com**Ахмедзянова Дина Альфредовна;**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-9754>;eLibrary SPIN: 6983-5991; e-mail: dina_akhm@mail.ru**Блохин Иван Андреевич;**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru**Мнацаканян Марина Генриковна, д.м.н.;**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9337-7453>;eLibrary SPIN: 2015-1822; e-mail: mnatsakanyan08@mail.ru**Tamara S. Nefedova;**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6718-8701>;eLibrary SPIN: 3097-4977; e-mail: prosto.toma.22@gmail.com**Dina A. Akhmedzyanova;**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7705-9754>;eLibrary SPIN: 6983-5991; e-mail: dina_akhm@mail.ru**Ivan A. Blokhin;**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru**Marina G. Mnatsakanyan, MD, Dr. Sci. (Med.);**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9337-7453>;eLibrary SPIN: 2015-1822; e-mail: mnatsakanyan08@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111146>

Как создать современный медицинский центр в текущих условиях?

П.О. Румянцев¹, Д.А. Черкасов²¹ Группа компаний «Мой медицинский центр», Санкт-Петербург, Российская Федерация² Агентство консалтинга и коммуникаций в науке и здравоохранении HASCCA, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Современная многопрофильная клиника представляет не только медицинский, но и инженерно-технический и нередко биотехнический объект. Технологическая сложность объекта зависит от планируемых (био)медицинских профилей и функционала, потребности в масштабируемости и модернизируемости, а также множества других факторов.

При взгляде со стороны, создание современного профильного или многопрофильного медицинского центра от идеи до запуска в эксплуатацию не выглядит запредельно сложным, а его этапы (предпроектные изыскания, медико-техническое задание, эскизный проект, стадии проектирования, строительства, оснащения и выхода на запланированную производственную мощность) видятся понятными и достижимыми. Однако наш собственный опыт непосредственного участия и анализа реализации различных профильных медицинских центров в нашей стране свидетельствует о наличии массы ложных предубеждений, ошибок, устаревших принципов и прочих проблем на практике.

В статье мы анализируем, объясняем и систематизируем типичные заблуждения и пороки при создании онкологического центра, однако те же проблемы возникают при создании любого многопрофильного медицинского центра. Мы полагаем, что наш опыт окажется полезным для ознакомления не только проектировщикам, технологам и архитекторам, но и врачам, организаторам здравоохранения, как, впрочем, и всем специалистам, привлекаемым к созданию медицинских центров современного уровня.

Ключевые слова: проектирование; медико-техническое задание; медицинский центр; онкологический центр.

Как цитировать

Румянцев П.О., Черкасов Д.А. Как создать современный медицинский центр в текущих условиях? // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 404–412.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111146>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111146>

How to create a modern medical center in the current conditions?

Pavel O. Rumiantsev, Dmitry A. Cherkasov

¹ My Medical Center Group of Companies, Saint Petersburg, Russian Federation

² Healthcare and Science Consulting Communications Agency HASCCA, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

A modern multidisciplinary clinic is not only a medical facility, but also an engineering and often biotechnical facility. The technological complexity of the object depends on the planned (bio) medical profiles and functionality, the need for scalability and upgradability, as well as many other factors.

When viewed from the outside, the creation, from an idea to commissioning, of a modern specialized or multidisciplinary medical center does not look prohibitively complicated, and its stages (pre-project surveys, medical and technical specifications, draft design, design stages, construction, equipping, and entering the planned production power) are seen as understandable and achievable. However, our own experience of direct participation and analysis of the implementation of various specialized medical centers in our country indicates the presence of a lot of false prejudices, mistakes, outdated principles, and other problems in practice.

In the article, we analyze, explain, and systematize typical misconceptions and vices when creating an oncology center, but the same problems arise when creating any multidisciplinary medical center. We believe that our experience will be useful for familiarization not only to designers, technologists and architects, but also to doctors, healthcare organizers, as well as to all specialists involved in the creation of modern medical centers.

Keywords: engineering; medico-technical enquiry; medical center; oncology center.

To cite this article

Rumiantsev PO, Cherkasov DA. How to create a modern medical center in the current conditions? *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):404–412.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111146>

Received: 30.09.2022

Accepted: 13.10.2022

Published: 19.12.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111146>

在当前条件下如何建立现代医疗中心？

Pavel O. Rumiantsev, Dmitry A. Cherkasov

¹ My Medical Center Group of Companies, Saint Petersburg, Russian Federation

² Healthcare and Science Consulting Communications Agency HASCCA, Moscow, Russian Federation

简评

一个现代的、多学科的诊所不仅是一个医疗机构，也是一个工程设施，而且往往是生物技术设施。该设施的技术复杂性取决于计划中的（生物）医疗概况和功能，对可扩展性和可升级性的需求，以及一系列其他因素。

从外面看，建立一个现代的专科或多学科医疗中心看起来并不十分复杂，其阶段（项目目前的研究、医疗和技术任务、概念设计、设计、施工、设备和达到计划的生产能力）似乎很清楚，可以实现。然而，我们自己直接参与和分析我国各种专科医疗中心的实施的经验表明，在实践中存在大量错误的先入为主的观念、错误、过时的原则和其他问题。

在这篇文章中，我们分析、解释并系统化了建立肿瘤中心的典型误区和缺陷，但在建立任何多学科医疗中心时都会出现同样的问题。我们相信，我们的经验不仅对规划师、技术专家和建筑师有用，而且对医生、医疗保健组织者，乃至所有参与创建最先进的医疗中心的专业人士也有用。

关键词：设计；医疗和技术任务；医疗中心；肿瘤中心。

To cite this article

Rumiantsev PO, Cherkasov DA. 在当前条件下如何建立现代医疗中心? *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):404–412.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111146>

收到: 30.09.2022

接受: 13.10.2022

发布日期: 19.12.2022

ВВЕДЕНИЕ

Не бывает безвыходных положений,
бывает неправильный путь.

Китайская пословица

За последние десять лет мы наблюдали огромное число и участвовали в создании не менее десятка медицинских, чаще всего онкологических объектов. Мы объединили в этой статье наши наблюдения и опыт непосредственного участия и хотим поделиться ими с вами.

Сейчас не то время, когда нужная деталь находится на расстоянии экспресс-доставки, и сервисный специалист готов хоть завтра лететь к вам на объект. Хотя и раньше это выглядело несколько утопично, но разговоры по душам, сгущение красок или обещания будущих контрактов и другие виды манипуляций могли менять ситуацию к лучшему.

Аналогия с походом или восхождением на гору возникла всякий раз, когда изначально становилось понятно, что доукомплектовать, дооснастить онкологический центр в пути уже не получится. Именно поэтому на этапе предпроектных исследований и проектирования должны быть учтены запросы на модернизацию и поэтапность запуска объекта.

Сегодня приоритет «комплексности» в реализации медицинского объекта на всех этапах от идеи до запуска полностью утвердился и лишь прирастает актуальностью.

Традиционный подход в медицинском инжиниринге, издавна принятый в нашей стране, становится нереализуемым для достижения запланированного результата. И мы бы смело добавили — на 100% невыполнимым. Во всяком случае, так свидетельствуют наши собственные наблюдения, а также большое число недостроенных, запаздывающих и неспособных выйти на запланированные показатели медицинских центров в нашей стране, особенно онкологической направленности с наибольшей весовой категорией сложных и наукоёмких технологий. Онкологический центр в данном контексте можно рассматривать как частный случай любого современного медицинского центра. В онкологии применяется самый широкий спектр передовых технологий структурной и функциональной визуализации, хирургии, патоморфологии, лучевой терапии, ядерной медицины и генетики.

Разумеется, оригинальный дизайн фасада и интерьера любого медицинского центра всегда будет привлекать внимание, но завоевать и приумножить репутацию могут только самые современные технологии и их умелое применение. И если имеется несоответствие формы содержанию, которое будет неминуемо накапливаться, то нет ничего хуже разочарования как со стороны врачебного сообщества, так и пациентов.

СОВРЕМЕННЫЙ ОНКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР: КАК ЗАВОЕВАТЬ И ПРИУМНОЖИТЬ РЕПУТАЦИЮ

Как не нужно делать

Цепочка патологических процессов начинается с медицинского или медико-технологического задания, нередко по ходу проектирования и даже строительства. Далее наиболее частый типовой сценарий «проектирования» можно описать следующими этапами.

1. Медико-технологическое задание «притянута за уши» к очертаниям будущего госпиталя. Как правило, медико-технологическое задание являет собой Ctrl-C (копировать) и Ctrl-V (вставить) «аналогичного» проекта, когда-то и кем-то созданного, и не факт, что не полученного тем же нехитрым путём из ещё более древнего медико-технологического задания.
2. Далее следует двухэтапное проектирование, сделанное в обтекаемом и бесформенном виде, опять же часто заимствованное у «успешных» проектов в прошлом, так, чтобы в процессе многочисленных экспертиз у уполномоченного органа возникало меньше вопросов и замечаний.
3. «Франкенштейн» получает окончательную доводку от генерального подрядчика, возможен вклад дизайнеров фасадов и интерьеров.
4. В получившемся объекте сверлят дополнительные отверстия, проводят забытые коммуникации, закладывают проёмы и пр.
5. В финале производитель X с чувством выполненного долга вкручивает свой раздел технологии в новое, ещё пахнущее краской помещение.
6. Спустя несколько месяцев врач, назначенный на роль управляющего хозяйственными вопросами, пишет жалобный запрос о доукомплектации и упразднении большого числа функций, обязательном инструктаже и обучении персонала, если не сталкивается с опасностью негативного влияния на свою карьеру подобных требований.
7. По истечении 10–15 месяцев дорогостоящих визитов сервисных инженеров производителя и дозакупленного по умноженной на 1,5–2 и более от стоимости оборудования начинается собственно работа. Нередко эту работу поспешно прерывает, например, какой-то соединитель или клапан, который лопнул, и влага попала на прибор, в результате чего он вышел из строя. Но скорее всего, это случается на этапе монтажа и пуско-наладки инженерных систем и медицинского оборудования. Ещё чаще, особенно в последнее время, возникает необходимость замены оборудования «эквивалента» из дружественных стран или в связи с модернизацией медицинской технологии на этапе строительства. И тогда от чего-то приходится отказываться, хорошо, если на время и если не от базовых медицинских технологий.

Нетрудно заметить, что практически все вышеперечисленные процессы разрознены. На практике в них не наблюдается преемственности и взаимосвязи. Каждый из подрядчиков отвечает за свой участок работы, не отвечая за функциональность, работоспособность и производительность сложной медико-инженерной системы. Чем поликомпонентнее и функциональнее медицинский объект, тем выше риски. Сегодня действительность предъявляет ещё более жёсткие требования.

Стоп. А какая она, эта действительность?

На момент написания данного текста были введены 6 пакетов санкций и, возможно, будут ещё. Кто-то по инерции продолжает верить в то, что медицину это не касается и не коснётся. Формально в основном так оно и есть. А вот на практике — ещё как касается, и, скорее всего, это «прикосновение» будет только нарастать. Объясним, почему мы так считаем.

В нашей практике нам приходилось параллельно работать с несколькими разными производителями (вендорами), и каждый выбирал свой путь следования санкциям. Ситуация динамично меняется буквально каждую неделю, и вот какие наши основные выводы.

1. Производители не знают актуальной нормативной базы в нашей стране и не стремятся её изучать.
2. В каждой стране действуют свои комиссии и структуры, определяющие политику экспорта.
3. Большинство производителей понимают серьёзность мер и угрозу уголовной ответственности.
4. Идея, что ради рынка Российской Федерации (РФ) производитель пойдёт на всё, чтобы заработать, — ошибочна. Чаще всего сбыт в РФ — это всего 5–15% от международной выручки. Производителю проще вообще прекратить любые активности в регионе.
5. «Постойте, но менеджер в РФ, в представительстве сказал мне, что всё будет хорошо». Важно отметить, что менеджеры в представительствах зависят от локальных показателей рынка и сделают всё, чтобы как-то поддержать этот рынок. Зачастую локальные менеджеры не посвящены во внутриполитические нюансы компаний, что сделано с позиции безопасности компании.
6. Некоторые производители занимают радикально негативную позицию к рынку, и это их полностью частное решение, не определённое никаким из законов Евросоюза или США. Возможно ещё обсуждать обязательства в международных судах, но принудить подписать контракт мы их не можем.
7. Радикальной позиции может придерживаться и производитель субпродуктов. Нам лично уже пришлось столкнуться с этой проблемой в «тяжёлом» медицинском оборудовании. Например, вы и не догадываетесь, что какой-то элемент оборудования сделан таким вот «радикальным» производителем, который вправе обязать большого производителя не использовать его компонент или запчасть в своём оборудовании,

сославшись на санкционные ограничения и другие локальные законы. Таким образом, конфликт выходит на уровень производитель–производитель — это как если левая нога хочет идти, а правая — нет.

8. «В Китае, как и в Греции, всё есть». Всё, да не во всех сферах. В основном «всё» касается продуктов массового потребления. Узкоотраслевые решения, а таких в медицинском сегменте много, делают много лет небольшими высокотехнологичными компаниями и нередко даже не имеют альтернатив в мире. Китай не стремится повторить из-за малых серий, патентов и технических нюансов. К тому же, требуются многие годы и даже десятилетия до достижения высокого уровня качества, безопасности и доверия у клиентов. Про сервис мы даже не говорим: для его надлежащей поддержки нужен немалый парк эксплуатируемого оборудования в стране.
9. Уникальность и серийные номера. Это было сделано с позиции системы качества и безопасности. Каждая запчасть имеет свой идентификационный номер, иногда даже встроенный чип, так же как и оборудование. При заказе таких частей нужно указывать ID (Ultimate Product) конечного продукта. Таким образом, производитель видит, что техническое обслуживание пройдено правильно и своевременно. Он видит также, что нельзя менять колодки на автомобиле 5 раз в месяц, и это блокирует схему ещё на этапе заказа.
10. Человеческий фактор. Современный продукт состоит из уникального продукта и уникальной компетенции специалиста. Этакий «пятый элемент», без которого ничего не едет. Это ещё одно препятствие даже с точки зрения актуальной логистики. И, разумеется, чтобы специалист куда-то поехал, нужна его собственная воля, а не только высокая значимость и большое уважение к заказчику.

Принимая во внимание только эти 10 факторов (полагая, это далеко не все), становится понятно, что 1–2-ходовые линейные схемы работать не будут. В других сферах, возможно, будут, но только не в медицинском инжиниринге нарастающих требований к мультимодальности и трансфере технологий.

Именно поэтому в нынешней ситуации при реализации современного медицинского объекта важны комплексность и преемственность, а также командно-творческий стиль работы всех без исключения: врачей, биологов, химиков, физиков, инженеров, технологов, проектировщиков, архитекторов, дизайнеров. И это ещё неполный перечень.

Что мы подразумеваем под комплексностью?

Исполнитель или генеральный подрядчик отвечает за все процессы от разработки задания, проектирования, закупки, строительства до запуска технологии и поддержания её работоспособности как минимум на период до 2–3 лет.

Теперь по порядку. Хорошая концепция, или предпроектное задание, экономит средства на возведение медицинского центра и снижает издержки при его эксплуатации. Желательно, если эта работа сделана по принципам доказательной архитектуры с участием экспертной группы и выработкой конкурентных решений внутри этой экспертной группы.

1. Проект, сделанный в информационной модели BIM (Building Information Modeling). Возможность свести воедино замыслы, бюджеты, строительство и время.
2. Планирование закупок. Разработка приоритетных критериев для выбора оборудования, таких как модернизируемость, совместимость, заменяемость, адаптивность, ремонтпригодность, отказоустойчивость и пр.
3. Единая и максимально простая и гибкая структура трансфера технологии с минимальным уровнем специфичности. Универсальные узлы. Открытая архитектура. Альтернативы по расходным материалам и пр.
4. Современная стройка — это в том числе установка, сборка и наладка технологического биомедицинского процесса. Давно прошли те времена, когда для установки технологии нужны были только розетки и чисто выкрашенные стены. Так называемая строительная готовность 1, 2, 3... — это этапы готовности объекта, соответствующие этапам запуска технологии. И они должны быть неотъемлемой частью процесса запуска объекта, подчиняться единому менеджменту и координации, а не как в басне Крылова «Лебедь, рак и щука».
5. На всех отрезках пути от проекта до эксплуатации встраиваются разработка и валидация системы качества.
6. Единый проектный менеджмент и сопровождение, согласованное с BIM. Так называемого авторского надзора явно недостаточно.
7. Единая команда управления запуском и эксплуатацией здания. Большинство процессов требуют отладки в течение 2–3 лет.
8. Централизованная информации об объекте и процессах — это опять к вопросу о качественном проектном менеджменте.
9. Построение кадровых процессов, формирование базы для правильной последующей коммуникации и роста.

В результате удастся достичь необходимого уровня коммуникации внутри проекта и гарантированно его запустить, невзирая на негативные факторы среды.

Прогрессивно снижается вариативность в исправлении ошибок в процессе строительства. Нынешний процесс строительства и запуска современного медицинского объекта действительно напоминает самолёт, который в полёте, или группу, вышедшую на восхождение. Нет шанса отлучиться в магазин за дополнительным компонентом или отмотать всё назад. Как никогда становятся важными инженерный консалтинг, технологический аудит,

планирование и подготовка сценариев — симуляция разных сценариев на бумаге и на экране, а не в бетоне.

Какова роль врача в создании нового онкологического центра?

На наш взгляд, — ключевая, причём самая заинтересованная и активная. В итоге, именно она определяет глубинную инновационность и креативность проекта. Кто, как не врач, должен быть заинтересован в самореализации и развитии своего мастерства? И кто, как не он, заявит надлежащий ассортимент медицинских технологий и услуг, тенденций их совершенствования в будущем?

Справедливости ради надо отметить, что в медицинском институте ни одного из нас не учили создавать новые медицинские центры или отдельные его сегменты. Ни в медицинском институте, ни в научной и практической работе врачом нам и в голову не приходило, что этим должен заниматься врач. Всегда проще проявлять недовольство и критиковать, чем улучшать или создавать что-то новое. Да и какая может быть ценность в умении формулировать медицинское, а затем медико-техническое задание? Нас этому не просто не учили, это вообще не было предметом обсуждений и накопления специальных знаний. Наверное, предполагалось, что это будут делать какие-то «специально обученные люди», или же это вообще что-то само собою разумеющееся, не требующее специальных знаний и подготовки. Разумеется, не боги горшки обжигают, но для обжига горшков нужны навыки. А для «обжига» сложного медико-инженерного объекта — не только навыки, но и специальные дополнительные знания, опыт и высокоскоростная обучаемость. Ни для кого не секрет, что это коллективный труд, требующий нужных компетенций, обмена опытом и развития навыков коммуникации.

Уровень интеграции технологий (медицинских, инженерных, биотехнологических, информационных и далее по списку) в современной медицине чрезвычайно высок и будет только усиливаться. К сожалению, осознать это невозможно, непосредственно с этим не столкнувшись. Самой приблизительной глубины и сложности интеграции невозможно понять даже самым высококвалифицированным врачам и организаторам здравоохранения. Обычно привлекаемый врач ограничивается изложением общих требований и пожеланий, в соответствии со своим профилем и спецификой деятельности. Он искренне считает, что это должно стать понятно и ребёнку, а какие-то там нормативы, строительные нормы и запреты — это проблемы специально обученных людей. В итоге привлекаемый врач испытывает разочарование как минимум дважды: первый — когда должен тратить своё драгоценное время и напрягаться в изложении, как должно быть, а второй — на приёме того, что сделано вопреки его заветам. Самое сложное в этом деле, как ни странно, это не столько донести мысль, сколько материализовать её, причём с самым совершенным результатом из возможных

в данных обстоятельствах. Поверьте, придётся очень потрудиться и привлечь всё своё трудолюбие, терпение, настойчивость, изобретательность и коммуникабельность на этом пути. На такую роль подойдёт даже самый авторитетный врач — без пассионарности и визионерства как минимум тут не обойтись.

В целом, если врач довольтвуетсся тем, что он имеет на данный момент, непритязателен, рационален и не мечтает ни о владении современными технологиями, ни о конкуренции с лучшими — это плохой прогностический признак для привлечения его к такой миссии. Он просто не подойдёт на роль генерального конструктора, визионера от медицины нового поколения, и разочарованы, в итоге, будут все стороны.

На что необходимо ориентироваться и к чему стремиться?

Прежде всего, необходимо предусмотреть выполнение действующих отечественных клинических рекомендаций, ведь это будет основной контингент будущих пациентов. Параллельно, если онкологический центр ставит целью выход на глобальный медицинский рынок (медицинский туризм, участие в международных клинических исследованиях), целесообразно заложить соответствие международным стандартам (GCP, GMP, JCI и др.). И, наконец, стратегически важным будет предусмотреть модернизацию без капиталоёмких затрат с целью повышения эффективности и внедрения инновационных технологий. «Тяжёлое» медицинское оборудование чрезвычайно затратно в замене, поэтому необходимо выбирать производительное, совместимое с другими аппаратами, модернизируемое и отказоустойчивое. Современность, надёжность и стабильность в работе высоко ценятся в медицинской отрасли, поэтому необходимо изначально планировать рабочее резервирование (дублирование) производственных линий, каналов и «узких мест».

Почему пациенты, имея возможность бесплатного лечения в нашей стране, нередко предпочитают лечиться за рубежом?

Здесь несколько факторов. Заострим ваше внимание на контрастных различиях.

Во-первых, в зарубежных клиниках от пациентов не держат в секрете и доступно объясняют, какие исследования и процедуры им предстоят, для чего они нужны и что они дадут. У врача, как и у вспомогательного персонала, всегда есть время и подходящие слова для пациента. Врачи очень открыты ко второму мнению, предельно корректны друг к другу, а в приоритете всегда интересы и предпочтения пациента.

Во-вторых, в западной медицине пациент всегда во главе угла: он главный заказчик и распорядитель своего здоровья, в том числе собственного лечебно-диагностического процесса. К предпочтениям пациента там относятся с уважением, но главное, его выслушивают

и, не жалея времени, разъясняют, не подгоняя с решением. Получив подобный опыт отношения, пациент будет стремиться вернуться в такую атмосферу и настоятельно рекомендовать окружающим поступать аналогичным образом.

В-третьих, в зарубежной конкурентной практике доказательной медицины клиники очень дорожат своей репутацией и непрерывно обновляются как в технологическом, так и в кадровом составе. Вряд ли мы удивим вас тем, что клиники-лидеры заинтересованы не столько в том, чтобы будущий пациент обязательно выбрал их клинику, а чтобы уже пришедшие к ним пациенты получили лучшую медицинскую помощь и остались довольны, рекомендовали другим и ставили «лайки». Они нередко с энтузиазмом берутся за сложные клинические случаи, даже при неудачных попытках лечения в других клиниках, потому что именно такие случаи позволяют им креативно совершенствовать своё мастерство и тем самым улучшать репутацию. В случае успеха именно эти пациенты сообщают об этом в СМИ и соцсетях и становятся «золотым фондом» для роста популярности клиники. Причём в отдельных случаях клиники готовы лечить таких пациентов бесплатно.

Государство в нашей стране финансово обеспечивает социальные обязательства медицинской помощи (программа государственных гарантий бесплатной медицинской помощи населению), распределяя (квотируя) ресурсы в сети здравоохранения. В ней не заложена конкуренция отдельных медицинских учреждений и групп клиник за повышение медико-экономической эффективности. Мы полагаем, что, по логике идеологов данной системы, её заменяет плановое распределение объёмов и единых для всех нормативов и финансовых тарифов медицинских услуг. Взыскательные пациенты, например, готовы оплачивать или доплачивать за восстановление своего здоровья, но за доказанно эффективную и качественно оказываемую лечебно-диагностическую помощь, наилучшую из существующих на рынке. Во многих странах имеется возможность софинансирования медицинской помощи пациентом или другим источником (благотворительность, работодатель и др.), но в нашем отечестве строго закреплена законодательством одноканальная система финансирования медицинской помощи. Возможно, это сделано с целью ощущения социального равенства среди населения, однако на практике торжествует разнообразие доступности, эффективности и качества медицинской помощи, а подобный подход точно не способствует рыночным механизмам её совершенствования.

Ещё одним важнейшим аспектом доверия к западной медицине со стороны пациентов является их приверженность надлежащим стандартам качества и доказательному повышению медико-экономической эффективности. Регуляторы стремятся не столько распределить и зачесть, сколь поощрить обновляемость лечебно-диагностических подходов и многоцентровые исследования.

Высококонкурентная среда открытого рынка мирового медицинского туризма принуждают медицинские центры и группы клиник непрерывно совершенствовать эффективность и качество медицинских услуг. В максимальном фаворе у них — достоверно доказанное на многочисленных и долговременно наблюдаемых клинических массах улучшение показателей эффективности и безопасности применения новых алгоритмов/технологий/препаратов. Скорость обновления клинических рекомендаций и внедрения их клиниками-лидерами в свою клиническую практику предельно высока — это не годы, как раньше, а недели, максимум 2–3 месяца.

Кроме того, критериями эффективности и безопасности сегодня считается не только новизна метода или алгоритма, но и воспроизводимость результатов в аналогичных условиях в других клиниках. Прогрессивно мыслящие клиники активно включаются в многоцентровые исследования, развивают мультидисциплинарные банки данных, клиничко-эпидемиологические регистры. Доказательная медицинская практика, в итоге, непредвзято расставляет всё по своим местам, а государственные регуляторы (FDA, EMA) и экспертные врачебные сообщества активно этому способствуют.

Доверие со стороны пациентов, заработанное клиниками-лидерами целенаправленным и самоотверженным трудом, является, пожалуй, самым важным фактором проставления таким клиникам заказа на возвращение здоровья. А здоровье — самый главный актив, и его сохранение априори стоит для каждого из нас всех денег мира. Поэтому современная медицина привлекает внимание и инвестиции, причём не только в практическую свою часть, которая является верхушкой айсберга и давно бы растаяла без глубинных фундаментальных и трансляционных исследований. А любой современный многопрофильный медицинский центр — это биомедицинский кластер, сочетающий в себе трёх неразрывно связанных друг с другом «китов» постоянного развития:

1) производство (медицинские услуги, наработка медицинских радиоизотопов, радиофармпрепаратов, генетических тестов и пр.);

2) исследования (патоморфология, гено-транскриптомика, биобанкинг, кооперированные исследования, банки данных и биоматериала, доказательный анализ данных и пр.);

3) образование (трансфер знаний, опыта, технологий, инновационные разработки, развитие искусственного интеллекта и пр.).

Насколько высока зависимость от импортного оборудования, реактивов, препаратов и методик?

Если отвечать односложно, то зависимость чрезвычайно высока: она нарастала десятилетиями и будет нарастать в будущем. Это общемировой тренд, связанный с конкурентным развитием глобального рынка. Кое-какое

производство в медицине и фармацевтике удалось наладить в нашей стране, но перечень этот немногочислен и в значительной степени не покрывает потребности в высокотехнологичном медицинском оборудовании. Нет достойных отечественных аналогов современным образцам ведущих производителей эндоскопического оборудования, облучающих установок для радиотерапии, брахитерапии, однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, позитронно-эмиссионной томографии, далее по списку. Чуть лучше ситуация с лекарственными препаратами, но есть вопросы к стабильности качества таргетных противоопухолевых препаратов, эквивалентности в эффективности и токсичности отечественных дженерических биоаналогов по отношению к оригинальным препаратам.

В свою очередь, огромной проблемой наращивания качественного импортозамещения в области биомедицины является, в первую очередь, зависимость от импортного производственного оборудования и ингредиентов. Я уже не говорю о существующей в стране нормативно-регуляторной базе, которая не отвечает современным реалиям и часто противоречива. Нормативно-регуляторная практика должна учиться и совершенствоваться в первую очередь стимулировать, а не тормозить развитие отрасли.

Проблем и противоречий накопилось много в каждом сегменте, причём они органично взаимосвязаны, и решать их по мере накопления и противоречивости становится всё сложнее и сложнее. Основная причина — никто не хочет начинать с себя и нет мотивации, как, впрочем, и навыков командной работы на результат.

Но менять своё отношение и учиться придётся, иначе всё в мечтах и планах так и останется.

Так ли нам нужен зарубежный опыт? Сами не справимся?

Нет, не справимся, потому что задача стоит не написать очередную программу, а показать результаты в создании конкурентоспособных и инновационных продуктов для современной биомедицины.

Есть ли смысл в изобретении велосипеда или пороха? Возможно, в других, немедицинских сферах и есть, но в медицине это невозможно. Скорее всего, это будет долго и, возможно, безрезультатно, а пациенты не могут ждать. Это ещё менее разумно при открытости, во всяком случае пока, зарубежных коллег делиться знаниями и опытом. Двери научного и практического медицинского и биотехнологического мира не закрыты для медиков и учёных. Наша миссия — в сохранении и продлении жизни людей, развитии науки о жизни.

Вы можете возразить, что в условиях ограничения доступа к технологиям появляется дополнительная мотивация к креативности. Несомненно. Но медицина довольно консервативна, а новых технологий немного в отдельно взятых странах. Любая креативная разработка,

допустим, новая методика операции, требует независимой доказательной проверки в других медицинских учреждениях. Скорость такой валидации гораздо выше в глобальном медицинском мире, который старательно соблюдает принципы доказательности, непредвзятости и этики. Да и способны ли отдельные креативные разработки, пусть даже все успешные, покрыть дефицит трансфера знаний, опыта, технологий? Однозначно нет. К тому же креативные разработки должны приводить к совершенствованию приборной базы и расходных материалов, сервиса и модернизации, а тут сильна зависимость от глобального рынка любой из стран мира. Не вырисовывается и здесь прогресса, с какой стороны ни взгляни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безусловно, мировой опыт в биомедицине нам очень нужен, как и наш потенциально ценен для него. Не хочется учиться только на своих ошибках и накапливать отставание, но ещё больше жаль потерянного времени, достойного лучшего применения. На наш взгляд, пока сохраняется возможность, необходимо учиться и обновляться у мировых лидеров, прежде всего в интересах наших пациентов и будущего наших последователей. Креативности и гибкости тоже надо учиться, особенно в текущих форс-мажорных и конкурентных условиях.

Разумеется, дорогу осилит идущий, но если хочешь изменить мир — начни с себя. Эти величайшие изречения, наряду с эпиграфом к этой статье, наилучшим образом отражают суть наших соображений на означенную тему.

ОБ АВТОРАХ

* **Румянцев Павел Олегович**, д.м.н.;
адрес: Россия, 191186, Санкт-Петербург,
Малая Конюшенная, д. 8;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7721-634X>;
eLibrary SPIN: 7085-7976; e-mail: pavelrum@gmail.com

Черкасов Дмитрий Алексеевич;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6750-3997>;
e-mail: dr.cherkasov@gmail.com

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: П.О. Румянцев — обсуждение идеи, разработка дизайна рукописи, написание и редактирование, подготовка рукописи к публикации; Д.А. Черкасов — идея и написание текста рукописи.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. P.O. Rumiantsev — discussion of the concept, design elaboration, writing and edition, preparing of the manuscript for publication; D.A. Cherkasov — idea and writing of the manuscript.

AUTHORS' INFO

* **Pavel O. Rumiantsev**, MD, Dr. Sci. (Med);
address: 8, Malaya Konyushennaya,
Saints Peterburg, 191186, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7721-634X>;
eLibrary SPIN: 7085-7976; e-mail: pavelrum@gmail.com

Dmitry A. Cherkasov;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6750-3997>;
e-mail: dr.cherkasov@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111833>

Инновационная стратегическая сессия в научной деятельности Центра диагностики и телемедицины

И.А. Виноградова, Л.А. Низовцова, О.В. Омелянская

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Иногда для того чтобы создавать что-то новое, нужно выходить за рамки возможного и привычного. Человеческий потенциал безграничен, а мир технологических возможностей открывает новые горизонты и помогает достичь даже самой сложной цели.

Настоящему учёному необходимо умение выходить за рамки правил, ограничивающих образ его мыслей. То, что мы знаем, гораздо сильнее препятствует нашему научному прогрессу, чем то, чего мы не знаем. Очистить разум от предвзятости довольно трудно, практически невозможно. Как и невозможно вытащить себя из «колеи» правил без помощи какой-нибудь идеи со стороны.

Последняя неделя июля в ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения Москвы» была ознаменована ярким, неординарным событием — «Неделей науки», которая показала сотрудникам важность научных открытий как для отдельно взятого человека, так и для общества в целом, и, по сути, явилась площадкой для обсуждения опережающих технологий, вызовов и решений. Четыре дня учёные Центра презентовали и защищали свои доклады, а их коллеги задавали вопросы по применению и воплощению инициатив.

Ключевые слова: искусственный интеллект; нейровизуализация; организация здравоохранения; научные проекты.

Как цитировать

Виноградова И.А., Низовцова Л.А., Омелянская О.В. Инновационная стратегическая сессия в научной деятельности Центра диагностики и телемедицины // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 4. С. 414–420. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111833>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111833>

Innovative strategic session in the scientific activity of the Center for Diagnostics and Telemedicine

Irina A. Vinogradova, Lyudmila A. Nizovtsova, Olga V. Omelyanskaya

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Sometimes, you need to go beyond the possible and ordinary in order to create something new. Human potential is limitless, and the world of technological possibilities opens up new horizons and helps to achieve the most difficult goals.

A real scientist should think out of the box and go beyond the rules. Sticking with what we know today and being not open to new knowledge hinders our scientific progress. It is quite difficult, if not impossible, to get rid of bias. Similar to how it is almost beyond our possibilities to pull yourself out of the “rut” of the rules without a help.

However, we tried to do impossible possible at our “Science Week.” The last week of July at the Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department was highlighted by this outstanding extraordinary event. During this week, the importance of scientific discoveries for both an individual and whole society was demonstrated. In fact, it was a platform for discussing advanced technologies, challenges, and solutions. For 4 days, the scientists of the Center presented their reports and defended their ideas. Their colleagues took part in the discussion and asked questions about the application and implementation of their initiatives.

Keywords: artificial intelligence; neuroimaging; healthcare management; scientific projects.

To cite this article

Vinogradova IA, Nizovtsova LA, Omelyanskaya OV. Innovative strategic session in the scientific activity of the Center for Diagnostics and Telemedicine. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):414–420. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111833>

Received: 12.10.2022

Accepted: 17.10.2022

Published: 18.11.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111833>

诊断和远程医疗中心科学活动中的创新战略会议

Irina A. Vinogradova, Lyudmila A. Nizovtsova, Olga V. Omelyanskaya

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

简评

有时为了创造新东西，你必须超越可能和通常的东西。人类的潜力是无限的，一个充满技术可能性的世界开辟了新天地，有助于实现最具挑战性的目标。

一个真正的科学家需要有超越限制其思考方式的规则。我们知道的比我们不知道的东西更能成为我们科学进步的障碍。清除头脑中的偏见是相当困难的，几乎不可能。正如没有一些外部想法的帮助，就不可能让自己走出规则的“困境”。

7月的最后一周，在莫斯科医疗保健部门的诊断和远程医疗技术科学与实践临床中心举办了一场精彩非凡的活动——《科学周》，向员工展示了科学发现对个人和整个社会的重要性，事实上，是讨论先进技术、挑战和解决方案的平台。在为期四天的时间里，该中心的科学家们展示并捍卫了他们的报告，他们的同事们就提出了关于如何应用和实施倡议的问题。

关键词：人工智能；神经影像学；医疗机构；科学项目。

To cite this article

Vinogradova IA, Nizovtsova LA, Omelyanskaya OV. 诊断和远程医疗中心科学活动中的创新战略会议. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):414–420. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD111833>

收到: 12.10.2022

接受: 17.10.2022

发布日期: 18.11.2022

ВВЕДЕНИЕ

С 25 по 28 июля 2022 года в ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» прошла «Неделя науки» — крупнейшее научное событие Центра, в котором приняли участие около 100 сотрудников практически всех отделов и подразделений. Совместное проведение такой недели сделало мероприятие уникальным научным событием, которое позволило затронуть актуальные междисциплинарные проблемы науки и техники, сделать шаг к популяризации исследовательской и проектной деятельности в молодёжной среде, продемонстрировать достижения научных отделов Центра.

Сотрудники дирекции Центра представили более 40 докладов, в которых постарались представить оригинальные решения за рамками существующей парадигмы и ответить на «большие вызовы» — риски и угрозы, с которыми сталкивается общество в своём развитии.

«Неделя науки» была важна и как большая коммуникация: возможность для коллег заявить новые тематики и направления научных работ, услышать инициативы друг друга, поддержать нужными контактами, объединиться для реализации какого-либо проекта. Научные сотрудники признавались в желании проявить себя в смежных направлениях. Рождались коллаборации, и идеи одних вызывали живой интерес у других.

При подготовке к «Неделе науки» директор ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ к.м.н. Юрий Васильев попросил участников сделать акцент на научном визионерстве: придумать что-то

необычное и интересное: «Наука не должна ограничивать себя ничем, она должна давать возможность воплотить в жизнь самые сумасшедшие идеи, если они кажутся полезными».

НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Представленные проекты были посвящены в основном двум направлениям: научно-прикладным работам, направленным на облегчение процесса исследования или лечения для пациента, и управлению здравоохранением — работам, призванным упростить деятельность врача и среднего медперсонала. Предложения были разные, в том числе фундаментального характера, которые расширяли границы существующих подходов и методов. После каждого выступления все участники имели возможность проголосовать онлайн и выразить своё мнение относительно перспектив озвученного проекта. Кроме того, каждый доклад сопровождался активным обсуждением и ответами на вопросы.

Проектом-лидером по итогам проведённого голосования был признан проект руководителя отдела инновационных технологий Дарьи Шаровой «Создание испытательного центра». В докладе обозначена глобальная цель проекта — достижение единого высокого уровня разработки медицинских изделий в Российской Федерации при помощи созданного на базе НПКЦ испытательного Центра.

Значительный интерес у участников мероприятия вызвал доклад руководителя отдела научных медицинских исследований Романа Решетникова «Психорентгенология:



Президиум конференции во главе с директором ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ к.м.н. Ю.А. Васильевым.



«Неделя науки» в разгаре. День третий.

выявление психических расстройств с помощью лучевой диагностики». Проект посвящён актуальной проблеме выявления у населения психических расстройств, входящих в пятёрку заболеваний, ведущих к потере трудоспособности. Для решения проблемы было предложено создать доверительный диагностический инструмент, основанный на объективных и научно обоснованных нейровизуализационных биомаркерах. Такой инструмент позволит, помимо прочего, оказывать адресную и своевременную психологическую помощь лицам, в ней нуждающимся. В процессе обсуждения проекта были обозначены возможности развития сотрудничества по данному направлению исследований с коллегами из других профильных научных и медицинских организаций.

Большой интерес вызвал start-up проект «Доступные обучающие фантомы для медицинских вузов», представленный старшим научным сотрудником отдела научных медицинских исследований Денисом Леоновым. Целью проекта является повышение эффективности обучения студентов медицинских учебных заведений за счёт внедрения в образовательный процесс линейки фантомов. Фантомы могут имитировать условия, возникающие при ультразвуковых исследованиях различных органов человека, а также при ультразвуковой диагностике патологий сосудов головного мозга. За счёт этого достигается бóльшая реалистичность и расширяется область их применения. Коммерческие медицинские ультразвуковые фантомы очень специфичны, поскольку моделируют конкретные клинические сценарии. Это делает их дорогостоящими для использования в многоцелевых исследованиях и обучении [1]. В ходе выполнения госзадания

разработана уникальная методика, которая позволяет организовать доступное серийное производство фантомов под конкретную клиническую задачу. Предлагается реализовать более доступное — массовое, а также единичное производство фантомов «под заказ». Объём такого производства с учётом объёмов рынка в Российской Федерации может составить около 2000 единиц в год.

Младший научный сотрудник отдела инновационных технологий Анастасия Сморчкова представила проект на тему «Поиск и оценка значимости аневризм мозговых артерий у пациентов молодого возраста». Было показано, что разрыв церебральной аневризмы — одна из наиболее частых причин нетравматических внутричерепных кровоизлияний (приблизительно 13 случаев



Фантом для исследования сосудов через кости черепа с использованием средств ультразвуковой визуализации.



Оживлённая дискуссия по окончании конференции.

на 100 000 человек в год). При этом летальность в период от разрыва аневризмы до оказания медицинской помощи составляет 10–15% [2]. Согласно клиническим рекомендациям [3], неинвазивный скрининг можно рекомендовать каждому человеку от 30 лет вне зависимости от наличия/отсутствия факторов риска. Решающие факторы в определении риска разрыва — перпендикулярная высота аневризмы (perpendicular height) и размерное соотношение диаметра аневризмы и прилежащего сосуда (size ratio) — могут быть получены методами нейровизуализации. Авторы предложили решение этой задачи с помощью разработки морфометрического алгоритма искусственного интеллекта для детекции, измерения размеров и оценки вероятности разрыва аневризмы. Таким образом, внедрение данного проекта может способствовать повышению выявляемости скрытых (неразобравшихся) церебральных аневризм и потенциальному снижению смертности и инвалидизации среди молодых пациентов. Во время дискуссии было отмечено также, что проект имеет высокую социальную значимость, так как направлен на предотвращение гибели людей трудоспособного возраста.

Оживлённую дискуссию вызвала серия докладов, представленная и.о. начальника сектора исследований в лучевой диагностике Иваном Блохиным, о необходимых изменениях в организации работы отделений лучевой диагностики — решениях для взаимодействия с пациентами и для оптимизации и повышения эффективности работы рентгенолаборантов. В рамках проекта «Информационные материалы для корректной подготовки пациентов к исследованию» авторами было предложено

разработать аналоговые и цифровые информационные материалы для подготовки пациентов к наиболее частым видам рентгенографических, КТ- и МРТ-исследований с целью уменьшения числа перенесённых исследований из-за неудовлетворительной подготовки пациентов, а также уменьшения количества случаев проведения повторных дублирующих исследований из-за плохого качества изображений. В презентации «Оперативная память медицинской организации» авторы предложили провести анализ временных интервалов на прохождение пациентами исследований лучевой диагностики в различных медицинских организациях. Результаты такого анализа позволят оптимизировать рабочие и логистические процессы в амбулаторных медицинских организациях путём отслеживания пациента на каждом этапе диагностического процесса посредством «кодовых браслетов», а также выявить «подводные камни» в рутинной практике амбулаторных медицинских организаций.

Все представленные доклады собраны в атлас «Банк научных проектов» Центра диагностики и телемедицины.

Кроме того, результаты проведённого обсуждения позволили выявить наиболее перспективные направления и тематики, которые необходимо включить в трёхгодичный план выполнения научно-исследовательских работ НПКЦ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из результатов проведения мероприятия является создание условий для открытого долгосрочного планирования научно-исследовательской деятельности.

Научные сотрудники отмечали, как было важно услышать критику: она помогла увидеть слабые места их работ и сложности в реализации задуманных проектов. Кроме того, сотрудники слышали идеи друг друга, увидели, как аналогичные работы выполняют другие, и теперь смогут попробовать оптимизировать и улучшить свои проекты.

В завершении «Недели науки» директор ГБУЗ НПКЦ ДиТ ДЗМ Юрий Васильев выразил надежду, что данное мероприятие станет регулярным и с каждым годом будет привлекать всё большее количество участников.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при подготовке и публикации статьи.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции,

проведение работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: И.А. Виноградова — дизайн работы, написание текста статьи; Л.А. Низовцова — концепция работы, редактирование текста статьи; О.В. Омелянская — концепция и дизайн работы, утверждение финальной верстки статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

I.A. Vinogradova — study design, manuscript drafting; L.A. Nizovtsova — study design, manuscript revising; O.V. Omelyanskaya — study design, manuscript revising.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Leonov D., Kodenko M., Leichenko D., et al. Design and validation of a phantom for transcranial ultrasonography // *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2022;17(9):1579–1588. doi: 10.1007/s11548-022-02614-2

2. Хирургия аневризм головного мозга / под ред. В.В. Крылова. В трех томах. Т. I. Москва, 2011. С. 23–35.

3. Клинические рекомендации по лечению нерезорвавшихся аневризм головного мозга. Москва, 2015. 28 с.

REFERENCES

1. Leonov D, Kodenko M, Leichenko D, et al. Design and validation of a phantom for transcranial ultrasonography. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2022;17(9):1579–1588. doi: 10.1007/s11548-022-02614-2

2. Surgery of brain aneurysms. Ed. by V.V. Krylov. In three volumes. Vol. I. Moscow; 2011. P. 23–35. (In Russ).

3. Clinical recommendations for the treatment of unexploded brain aneurysms. Moscow; 2015. 28 p. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

* **Виноградова Ирина Александровна**, к.т.н.;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6465-4132>;
eLibrary SPIN: 6493-1970; e-mail: i.vinogradova@npcmr.ru

Низовцова Людмила Арсеньевна, д.м.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>;
eLibrary SPIN: 9957-8107; e-mail: lanizo@yandex.ru

Омелянская Ольга Васильевна;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-4431>;
eLibrary SPIN: 8948-6152; e-mail: o.omelyanskaya@npcmr.ru

AUTHORS' INFO

* **Irina A. Vinogradova**, Cand. Sci. (Tech.);
address: 24 Petrovka str., 127051, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6465-4132>;
eLibrary SPIN: 6493-1970; e-mail: i.vinogradova@npcmr.ru

Lyudmila A. Nizovtsova, MD, Dr. Sci. (Med), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>;
eLibrary SPIN: 9957-8107; e-mail: lanizo@yandex.ru

Olga V. Omelyanskaya;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-4431>;
eLibrary SPIN: 8948-6152; e-mail: o.omelyanskaya@npcmr.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author