

ISSN 0042-4676 (Print)
ISSN 2619-0478 (Online)

Вестник
Journal

рентгенологии
of Radiology

и радиологии
and Nuclear Medicine

Том
Vol.

105, №2, 2024

Вестник рентгенологии и радиологии

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 105, № 2, 2024

Journal of Radiology and Nuclear Medicine

Peer-Reviewed Scientific and Practical Journal

Vol. 105, No. 2, 2024

Вестник рентгенологии и радиологии

Рецензируемый научно-практический журнал

Журнал включен ВАК в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по специальности 3.1.25. «Лучевая диагностика (медицинские науки)». Официальный журнал Российского общества рентгенологов и радиологов. Представлен в Российском индексе научного цитирования. Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-71544 от 13.11.2017 г.

Периодичность 1 раз в два месяца.

Издательство журнала установило лицензионные отношения в электронном виде с издательством EBSCO Publishing, ведущим мировым агрегатором полных текстов всевозможных журналов и электронных книг. Полный текст статей журнала можно найти в базе данных EBSCOhost™

Учредитель 1:	Общероссийская общественная организация содействия развитию лучевой диагностики и терапии «Российское общество рентгенологов и радиологов»
Адрес:	129344, г. Москва, ул. Верхоянская, д. 18, корп. 2, эт. 0, пом. 2, ком. 4
Учредитель 2:	Общество с ограниченной ответственностью «ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА»
Адрес:	121552, Москва, ул. Ярцевская, д. 34, корп. 1, эт. 2, пом. I, комн. 7, оф. 33
Издатель:	Общество с ограниченной ответственностью «ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА» 121552, Москва, ул. Ярцевская, д. 34, корп. 1, эт. 2, пом. I, комн. 7, оф. 33
Стоимость:	Свободная цена
Адрес редакции, телефон:	121552, Москва, ул. Ярцевская, д. 34, корп. 1, эт. 2, пом. I, комн. 7, оф. 33, тел.: +7 (985) 120-70-06
Подписной индекс:	81601 – в каталоге «Урал-Пресс»

Подписку на печатный экземпляр журнала можно оформить на сайте www.ural-press.ru

Полная электронная версия статей журнала размещается на сайтах: <https://www.elibrary.ru>, <https://www.iprbooks.ru>,
<https://rucont.ru>, <https://www.ebsco.com>, <https://cyberleninka.ru>

Главный редактор

Тюрин И.Е., д. м. н., профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

Редакционная коллегия

Абельская И.С., д. м. н., профессор, Минск, Беларусь
Балахонова Т.В., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Даутов Т.Б., д. м. н., профессор, Нур-Султан, Республика Казахстан
Дмитриева Л.И., к. м. н., Москва, Россия
Коновалов Р.Н., к. м. н., доцент, Москва, Россия
Лисицкая М.В., к. м. н., ответств. секретарь, Москва, Россия
Михайлов А.Н., д. м. н., профессор, акад. Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь
Морозов А.К., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Низовцова Л.А., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Нуднов Н.В., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Осиев А.Г., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Ратников В.А., д. м. н., профессор, Санкт-Петербург, Россия
Ридэн Т.В., д. м. н., профессор, Людвигсхафен-на-Рейне, Германия
Рожкова Н.И., д. м. н., профессор, Москва, Россия

Сергиенко В.Б., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Синицын В.Е., д. м. н., профессор, зам. главного редактора, Москва, Россия
Солодкий В.А., д. м. н., профессор, акад. РАН, Москва, Россия
Сташук Г.А., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Терновой С.К., д. м. н., профессор, акад. РАН, 1-й зам. главного редактора, Москва, Россия
Черкавская О.В., д. м. н., заведующая редакцией, Москва, Россия
Шария М.А., д. м. н., профессор, Москва, Россия
Boris Brkljacic, Dr. Med. Sc., Professor, Zagreb, Croatia
Michael H. Fuchsjaeger, Dr. Med. Sc., Professor, Graz, Austria,
Nicholas C. Gourtsoyiannis, Dr. Med. Sc., Professor, Crete, Greece
Andrei I. Holodny, Dr. Med. Sc., Professor, New York, USA
Ruzica Maksimovic, Dr. Med. Sc., Professor, Belgrade, Serbia
Maximilian F. Reiser, Dr. Med. Sc., Professor, Munich, Germany
Jacob Sosna, Dr. Med. Sc., Professor, Jerusalem, Israel

Journal of Radiology and Nuclear Medicine

Vestnik rentgenologii i radiologii

Peer-Reviewed Scientific and Practical Journal

Founded in 1920.

Official Journal of Russian Society of Radiology.

Journal is indexed in RSCI (Russian Science Citation Index).

Issued bimonthly.

The journal accepts articles on specialty 3.1.25. "Radiation Diagnostics (medical sciences)". Registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media. Registration certificate PI No. FS77-71544, November 13, 2017.

Publisher has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's leading aggregator of full text journals, magazines and eBooks. The full text of journal can be found in the EBSCOhost™ databases

Founder 1:	Russian Society of Radiology
Address:	129344, Moscow, Verkhoyanskaya street, 18, bld. 2, floor 0, apartment 2, room 4
Founder 2:	Limited Liability Company "LUCHEVAYA DIAGNOSTIKA"
Address:	121552, Moscow, Yartsevskaya str., 34, bld. 1, floor 2, apartment 1, room 7, office 33
Publisher:	Limited Liability Company "LUCHEVAYA DIAGNOSTIKA"
	121552, Moscow, Yartsevskaya str., 34, bld. 1, floor 2, apartment 1, room 7, office 33
The cost of one issue:	Free price
Address, phone of edition:	121552, Moscow, Yartsevskaya str., 34, bld. 1, floor 2, apartment 1, room 7, office 33, phone: +7 (985) 120-70-06
Subscription index:	81601 – in the Ural-Press catalog

You can subscribe to a printed copy of the journal on the website <https://www.ural-press.ru/>

The full electronic version of the journal articles is published on the websites: <https://www.elibrary.ru>, <https://www.iprbooks.ru>,
<https://www.rucont.ru>, <https://www.ebsco.com>, <https://cyberleninka.ru>

Editor-in-Chief

Igor' E. Tyurin, Dr. Med. Sc., Professor, Head of Chair of Radiology and Nuclear Medicine, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

Editorial board

Irina S. Abelskaya, Dr. Med. Sc., Professor, Minsk, Belarus
Tatiana V. Balakhonova, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Tairkhan B. Dautov, Dr. Med. Sc., Professor, Nur-Sultan, Kazakhstan
Lyudmila I. Dmitrieva, Cand. Med. Sc., Moscow, Russia
Rodion N. Konovalov, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Moscow, Russia
Maria V. Lisitskaya, Cand. Med. Sc., Executive secretary, Moscow, Russia
Anatoly N. Mikhaylov, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus
Aleksandr K. Morozov, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Lyudmila A. Nizovtsova, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Nikolay V. Nudnov, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Aleksandr G. Osiev, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Vyacheslav A. Ratnikov, Dr. Med. Sc., Professor, St. Petersburg, Russia
Tatiana V. Riden, Dr. Med. Sc., Professor, Ludwigshafen am Rhein, Germany
Nadezhda I. Rozhkova, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Vladimir B. Sergienko, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia

Valentin E. Sinitsyn, Dr. Med. Sc., Professor, Deputy editor, Moscow, Russia
Vladimir A. Solodkiy, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Galina A. Stashuk, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Sergey K. Ternovoy, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, 1st Deputy editor, Moscow, Russia
Olga V. Cherkavskaya, Dr. Med. Sc., Head of Editorial Board, Moscow, Russia
Merab A. Shariya, Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Boris Brkljacic, Dr. Med. Sc., Professor, Zagreb, Croatia
Michael H. Fuchsjaeger, Dr. Med. Sc., Professor, Graz, Austria
Nicholas C. Gourtsoyiannis, Dr. Med. Sc., Professor, Crete, Greece
Andrei I. Holodny, Dr. Med. Sc., Professor, New York, USA
Ruzica Maksimovic, Dr. Med. Sc., Professor, Belgrade, Serbia
Maximilian F. Reiser, Dr. Med. Sc., Professor, Munich, Germany
Jacob Sosna, Dr. Med. Sc., Professor, Jerusalem, Israel

События

Тюрин И.Е., Рожкова Н.И., Артамонова Е.В., Бусько Е.А., Диденко В.В., Зикиряходжаев А.Д., Карпова М.С., Кветенадзе Г.Е., Криворотько П.В., Мазо М.Л., Петровский А.В., Пучкова О.С., Серебрякова С.В., Бакулева А.П.

Роль контрастных методов исследования в ранней диагностике и планировании
лечения рака молочной железы 48

Оригинальные статьи

Соловьёв А.В., Васильев Ю.А., Синицын В.Е., Владимирский А.В., Семенов Д.С.

Автоматизированная диагностика аневризм грудной аорты на основании данных
компьютерной томографии грудной клетки: популяционное исследование в Москве 58

Петракова И.Ю., Михайлов С.Г., Тюрин И.Е., Губкина М.Ф., Измайлов М.Ю.

Опыт использования низкодозовой компьютерной томографии у детей и подростков
с туберкулезом органов дыхания 75

Клинические случаи

Шестаков Д.В., Посметухова К.А., Алиева А.Т.

Первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома надпочечников как одна
из редких причин паранеопластической полирадикулонейропатии 87

Гладышев А.Ю., Лабутинов В.К., Ростовцев М.В., Нуднов Н.В.

К вопросу о возможностях лучевой диагностики при выявлении спинального эхинококкоза.
Обзор литературы и клинический случай 93

Заря В.А., Макогонова М.Е., Гаврилов П.В.

Почечноклеточный рак в сочетании с организуемой пневмонией 102

Обзоры

Паньшин Г.А., Нуднов Н.В.

Взгляд радиотерапевта на роль современной диагностической визуализации
в предлучевой подготовке пациентов с олигометастатической болезнью
к проведению конформной радиотерапии 107

Events

Igor E. Tyurin, Nadezhda I. Rozhkova, Elena V. Artamonova, Ekaterina A. Busko, Vera V. Didenko, Azizjon D. Zikiryakhodzhaev, Marina S. Karpova, Gurami E. Kvetenadze, Petr V. Krivorot'ko, Mikhail L. Mazo, Alexander V. Petrovsky, Olga S. Puchkova, Svetlana V. Serebryakova, Arina P. Bakuleva

The Role of Contrast-Enhanced Imaging Methods in Breast Cancer Early Diagnostics and Treatment Planning 48

Original research

Alexander V. Solovev, Yuriy A. Vasilev, Valentin E. Sinitsyn, Anton V. Vladzimirskyy, Dmitry S. Semenov

Automated Analysis of Thoracic Aortic Aneurysms Based on Chest Computed Tomography Data: a Population Study in Moscow 58

Irina Yu. Petrakova, Stanislav G. Mikhaylov, Igor E. Tyurin, Marina F. Gubkina, Mikhail Yu. Izmaylov

Experience in Using Low-Dose Computed Tomography in Children and Adolescents with Pulmonary Tuberculosis 75

Case reports

Dmitriy V. Shestakov, Kristina A. Posmetukhova, Äliya T. Älieva

Primary Diffuse Large B-Cell Lymphoma of the Adrenal Glands: a Rare Cause of Paraneoplastic Neuropathy 87

Aleksandr Yu. Gladyshev, Vladislav K. Labutin, Mikhail V. Rostovtsev, Nikolay V. Nudnov

Possibilities of Radiation Diagnosis in Detecting Spinal Echinococcosis: Literature Review and Case Report 93

Valeriya A. Zarya, Marina E. Makogonova, Pavel V. Gavrilov

Combination of Renal Cell Carcinoma and Organizing Pneumonia 102

Reviews

Georgiy A. Panshin, Nikolay V. Nudnov

Radiotherapist's View on the Role of Current Diagnostic Imaging in Pre-Radiation Preparation of Patients with Oligometastatic Disease for Conformal Radiotherapy 107



Роль контрастных методов исследования в ранней диагностике и планировании лечения рака молочной железы

Тюрин И.Е.¹, Рожкова Н.И.^{2, 3, 4}, Артамонова Е.В.^{1, 5, 6, 7}, Бусько Е.А.^{8, 9}, Диденко В.В.¹⁰, Зикиряходжаев А.Д.², Карпова М.С.¹, Кветенадзе Г.Е.¹¹, Криворотько П.В.⁸, Мазо М.Л.^{2, 3, 4}, Петровский А.В.^{1, 12}, Пучкова О.С.¹³, Серебрякова С.В.¹⁴, Бакулева А.П.¹⁵

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, Каширское ш., 23, Москва, 115522, Российская Федерация

² Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, 2-й Боткинский пр-д, 3, Москва, 125284, Российская Федерация

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Российская Федерация

⁴ ООО «Российская Ассоциация Маммологов», ул. Погодинская, 6, стр. 1, Москва, 119121, Российская Федерация

⁵ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, 1, Москва, 117513, Российская Федерация

⁶ ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», ул. Щепкина, 61/2, корп. 1, Москва, 129110, Российская Федерация

⁷ АНО «Национальное общество онкомаммологов», ул. Долгоруковская, 17, стр. 1, Москва, 127006, Российская Федерация

⁸ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, ул. Ленинградская, 68, пос. Песочный, Санкт-Петербург, 197758, Российская Федерация

⁹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Университетская наб., 7–9, Санкт-Петербург, 199034, Российская Федерация

¹⁰ ГБУЗ «Городская клиническая онкологическая больница № 1 ДЗМ», Загородное ш., 18А, стр. 7, Москва, 117152, Российская Федерация

¹¹ ГБУЗ «Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова ДЗМ», ул. Новогиреевская, 1, корп. 1, Москва, 111123, Российская Федерация

¹² ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119048, Российская Федерация

¹³ ООО «СберМедИИ», Большой б-р, 30 стр. 1, Инновационный центр «Сколково», Москва, 121205, Российская Федерация

¹⁴ ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России, ул. Академика Лебедева, 4/2, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

¹⁵ АО «Байер», ул. 3-я Рыбинская, 18, стр. 2, Москва, 107113, Российская Федерация

Тюрин Игорь Евгеньевич, д. м. н., профессор, зам. директора по научной работе Научно-исследовательского института клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0003-0558-4079>

Рожкова Надежда Ивановна, д. м. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующая национальным центром онкологии репродуктивных органов Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, профессор кафедры клинической маммологии, лучевой диагностики и лучевой терапии факультета непрерывного медицинского образования медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», президент ООО «Российская Ассоциация Маммологов»;
<https://orcid.org/0000-0003-0920-1549>

Артамонова Елена Владимировна, д. м. н., заведующая химиотерапевтическим отделением № 1 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, профессор кафедры онкологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, заведующая кафедрой онкологии и торакальной хирургии ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», президент АНО «Национальное общество онкомаммологов»;
<https://orcid.org/0000-0001-7728-9533>

Бусько Екатерина Александровна, д. м. н., вед. науч. сотр. научного отделения диагностической и интервенционной радиологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, профессор кафедры «Лучевая диагностика и ядерная медицина» медицинского института ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; <https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>

Диденко Вера Владимировна, заведующая отделением диагностики и лечения заболеваний молочной железы и репродуктивной системы № 2 Центра амбулаторной онкологической помощи ГБУЗ «Городская клиническая онкологическая больница № 1 ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0001-9068-1273>

Зикиряходжаев Азизжон Дилшодович, д. м. н., заведующий отделением онкологии и реконструктивно-пластической хирургии молочной железы и кожи Национального центра онкологии репродуктивных органов Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0001-7141-2502>

Карпова Марина Сергеевна, к. м. н., науч. сотр. отделения рентгенодиагностики отдела лучевых методов диагностики опухолей ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-4945-982X>

Кветенадзе Гурами Елгуджаевич, к. м. н., заведующий отделением клинической маммологии и реконструктивно-пластической хирургии молочной железы ГБУЗ «Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова ДЗМ»; <https://orcid.org/0000-0003-1002-2548>

Криворотыко Петр Владимирович, д. м. н., профессор, заведующий отделением опухолей молочной железы ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

Мазо Михаил Львович, к. м. н., доцент, ст. науч. сотр. отделения комплексной диагностики и интервенционной радиологии в маммологии Национального центра онкологии репродуктивных органов Московского научно-исследовательского онкологического института им. П.А. Герцена – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, доцент кафедры клинической маммологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», генеральный секретарь ООО «Российская Ассоциация Маммологов»; <https://orcid.org/0000-0002-1313-6420>

Петровский Александр Валерьевич, д. м. н., доцент, зам. директора по образовательной деятельности, заведующий отделом онкомаммологии ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, профессор кафедры онкологии Института клинической медицины ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет); <https://orcid.org/0000-0002-7514-280X>

Пучкова Ольга Сергеевна, старший врач-рентгенолог Ресурсного центра, руководитель направления медицины ООО «СберМедИИ»

Серебрякова Светлана Владимировна, д. м. н., заведующая кабинетом магнитно-резонансной томографии отделения магнитно-резонансной томографии клиники № 1 ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России; <https://orcid.org/0000-0001-9142-4957>

Бакулева Арина Павловна, стажер АО «Байер»

Резюме

27 марта 2023 г. в Москве состоялся междисциплинарный Совет экспертов с участием Е.В. Артамоновой, Е.А. Бусько, В.В. Диденко, А.Д. Зикиряходжаева, М.С. Карповой, Г.Е. Кветенадзе, П.В. Криворотыко, М.Л. Мазо, А.В. Петровского, О.С. Пучковой, С.В. Серебряковой под председательством И.Е. Тюрина и Н.И. Рожковой. Участники обсудили вопросы ранней диагностики и планирования лечения рака молочной железы. Предлагаем вашему вниманию заключение Совета экспертов.

Ключевые слова: рак молочной железы; РМЖ; онкомаммоскрининг; контрастные методы исследования; методы визуализации; магнитно-резонансная томография; МРТ; маммография; контрастная двухэнергетическая рентгеновская маммография; КДРМГ; Совет экспертов.

Конфликт интересов. АО «Байер» и все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Публикация подготовлена при научной поддержке АО «Байер».

Для цитирования: Тюрин И.Е., Рожкова Н.И., Артамонова Е.В., Бусько Е.А., Диденко В.В., Зикиряходжаев А.Д., Карпова М.С., Кветенадзе Г.Е., Криворотыко П.В., Мазо М.Л., Петровский А.В., Пучкова О.С., Серебрякова С.В., Бакулева А.П. Роль контрастных методов исследования в ранней диагностике и планировании лечения рака молочной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 48–57. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-48-57>

Для корреспонденции: Тюрин Игорь Евгеньевич, E-mail: igortyurin@gmail.com

Статья поступила 10.06.2024

После доработки 21.06.2024

Принята к печати 09.07.2024

The Role of Contrast-Enhanced Imaging Methods in Breast Cancer Early Diagnostics and Treatment Planning

Igor E. Tyurin¹, Nadezhda I. Rozhkova^{2, 3, 4}, Elena V. Artamonova^{1, 5, 6, 7}, Ekaterina A. Busko^{8, 9}, Vera V. Didenko¹⁰, Azizjon D. Zikiryakhodzhayev², Marina S. Karpova¹, Gurami E. Kvetenadze¹¹, Petr V. Krivorot'ko⁸, Mikhail L. Mazo^{2, 3, 4}, Alexander V. Petrovsky^{1, 12}, Olga S. Puchkova¹³, Svetlana V. Serebryakova¹⁴, Arina P. Bakuleva¹⁵

¹ Blokhin National Medical Research Center of Oncology,
Kashirskoe shosse, 23, Moscow, 115522, Russian Federation

² Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute – branch of National Medical Research Center for Radiology,
Vtoroy Botkinskiy proezd, 3, Moscow, 125284, Russian Federation

³ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba,
ul. Miklukho-Maklaya, 6, Moscow, 117198, Russian Federation

⁴ Russian Association of Mammologists,
ul. Pogodinskaya, 6, str. 1, Moscow, 119121, Russian Federation

⁵ Pirogov Russian National Research Medical University,
ul. Ostrovityanova, 1, Moscow, 117513, Russian Federation

⁶ Vladimirsky Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute,
ul. Shchepkina, 61/2, korp. 1, Moscow, 129110, Russian Federation

⁷ National Society of Oncomammologists,
ul. Dolgorukovskaya, 17, str. 1, Moscow, 127006, Russian Federation

⁸ Petrov National Medical Research Center of Oncology,
ul. Leningradskaya, 68, poselok Pesochnyy, Saint Petersburg, 197758, Russian Federation

⁹ Saint Petersburg State University,
Universitetskaya naberezhnaya, 7–9, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation

¹⁰ City Clinical Oncology Hospital No. 1,
Zagorodnoe shosse, 18A, str. 7, Moscow, 117152, Russian Federation

¹¹ Loginov Moscow Clinical Research Center,
ul. Novogireevskaya, 1, korp. 1, Moscow, 111123, Russian Federation

¹² Sechenov University,
ul. Trubezkaya, 8, str. 2, Moscow, 119048, Russian Federation

¹³ SberMedAI LLC,
Bolshoy bulvar, 30 str. 1, Skolkovo Innovation Center, Moscow, 121205, Russian Federation

¹⁴ Nikiforov All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine,
ul. Akademika Lebedeva, 4/2, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

¹⁵ Bayer JSC,
ul. Tretya Rybinskaya, 18, str. 2, Moscow, 107113, Russian Federation

Igor E. Tyurin, Dr. Med. Sc., Professor, Deputy Director for Scientific Work, Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology;
<http://orcid.org/0000-0003-0558-4079>

Nadezhda I. Rozhkova, Dr. Med. Sc., Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of National Center of Oncology of Reproductive Organs, Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute – branch of National Medical Research Center for Radiology; Professor, Chair of Clinical Mammology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Faculty of Continuing Medical Education, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; President, Russian Association of Mammologists;
<https://orcid.org/0000-0003-0920-1549>

Elena V. Artamonova, Dr. Med. Sc., Head of Chemotherapeutic Department No. 1, Blokhin National Medical Research Center of Oncology; Professor, Chair of Oncology, Pirogov Russian National Research Medical University; Chief of Chair of Oncology and Thoracic Surgery, Vladimirsky Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute; President, National Society of Oncomammologists;
<https://orcid.org/0000-0001-7728-9533>

Ekaterina A. Busko, Dr. Med. Sc., Leading Researcher, Scientific Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Petrov National Medical Research Center of Oncology; Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine, Medical Institute, Saint Petersburg State University;
<https://orcid.org/0000-0002-0940-6491>

Vera V. Didenko, Head of Department of Diagnosis and Treatment of Breast and Reproductive System Diseases No. 2, Outpatient Cancer Care Center, City Clinical Oncology Hospital No. 1;
<http://orcid.org/0000-0001-9068-1273>

Azizjon D. Zikiryakhodzhayev, Dr. Med. Sc., Head of Department of Oncology and Reconstructive Plastic Surgery of Breast and Skin, National Center for Reproductive Organ Oncology, Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute – branch of National Medical Research Center for Radiology;
<http://orcid.org/0000-0001-7141-2502>

Marina S. Karpova, Cand. Med. Sc., Researcher, X-ray Diagnostics Unit, Department of Radiation Methods for Tumor Diagnosis, Blokhin National Medical Research Center of Oncology;
<https://orcid.org/0000-0002-4945-982X>

Gurami E. Kvetenadze, Cand. Med. Sc., Head of Department of Clinical Mammology and Breast Reconstructive Plastic Surgery, Loginov Moscow Clinical Research Center;
<https://orcid.org/0000-0003-1002-2548>

Petr V. Krivorot'ko, Dr. Med. Sc., Professor, Head of Department of Breast Tumors, Petrov National Medical Research Center of Oncology;
<https://orcid.org/0000-0002-4898-9159>

Mikhail L. Mazo, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Senior Researcher, Department of Complex Diagnostics and Interventional Radiology in Mammology, National Center for Reproductive Organ Oncology, Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute – branch of National Medical Research Center for Radiology; Associate Professor, Chair of Clinical Mammology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Faculty of Continuing Medical Education, Medical Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; General Secretary, Russian Association of Mammologists;
<https://orcid.org/0000-0002-1313-6420>

Alexander V. Petrovsky, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Deputy Director for Educational Activities, Head of Department of Oncomammology, Blokhin National Medical Research Center of Oncology; Professor, Chair of Oncology, Institute of Clinical Medicine, Sechenov University;
<https://orcid.org/0000-0002-7514-280X>

Olga S. Puchkova, Senior Radiologist, Resource Center, Head of Medical Direction, SberMedAI LLC

Svetlana V. Serebryakova, Dr. Med. Sc., Head of Magnetic Resonance Imaging Office, Department of Magnetic Resonance Imaging, Clinic No. 1, Nikiforov All-Russian Center for Emergency and Radiation Medicine;
<https://orcid.org/0000-0001-9142-4957>

Arina P. Bakuleva, Trainee, Bayer JSC

Abstract

On March 27, 2023, a multidisciplinary Advisory Board meeting was held in Moscow with the participation of E.V. Artamonova, E.A. Busko, V.V. Didenko, A.D. Zikiryakhodzhaev, M.S. Karpova, G.E. Kvetenadze, P.V. Krivorot'ko, M.L. Mazo, A.V. Petrovsky, O.S. Puchkova, S.V. Serebryakova under the chairmanship of I.E. Tyurin and N.I. Rozhkova. The participants discussed different issues of early diagnostics and treatment planning of breast cancer. We present the conclusion made by the Advisory Board.

Keywords: breast cancer; BC; oncomammography; contrast-enhanced methods; imaging methods; magnetic resonance imaging; MRI; mammography; contrast dual-energy X-ray mammography; Advisory Board.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Tyurin IE, Rozhkova NI, Artamonova EV, Busko EA, Didenko VV, Zikiryakhodzhaev AD, Karpova MS, Kvetenadze GE, Krivorot'ko PV, Mazo ML, Petrovsky AV, Puchkova OS, Serebryakova SV, Bakuleva AP. The role of contrast-enhanced imaging methods in breast cancer early diagnostics and treatment planning. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 48–57 (in Russian).
<https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-48-57>

For corresponding: Igor E. Tyurin, E-mail: igortyurin@gmail.com

Received June 10, 2024

Revised June 21, 2024

Accepted July 9, 2024

Введение / Introduction

Рак молочной железы (РМЖ) является самым распространенным онкологическим заболеванием у женщин в мире. Несмотря на значительные успехи в области медицины и развитие технологий, в ряде случаев данная патология по-прежнему выявляется на поздних стадиях [1]. В Российской Федерации на конец 2022 г. состояла на учете 767 881 пациентка и было выявлено 76 520 новых случаев. При этом удельный вес РМЖ, диагностированного на I и II стадиях, составил 73,7%, на более поздних III и IV стадиях – 18,0% и 7,9% соответственно [2].

Одной из главных проблем ранней диагностики РМЖ является низкая доступность эффективных методов скрининга, особенно на отдаленных территориях и в сельских районах. Это обусловлено

недостаточным финансированием и малой эффективностью онкомаммоскрининга из-за ограниченного доступа как к современным методам диагностики, так и к квалифицированным специалистам, способным выполнять качественные маммограммы и профессионально их интерпретировать. Основными факторами, влияющими на эффективность онкомаммоскрининга, остаются низкая осведомленность о необходимости прохождения регулярных обследований и отсутствие мотивации к ответственному отношению к своему здоровью среди женщин. Недостаточная информационно-просветительская работа по информированию о факторах риска заболевания, которые включают высокую маммографическую плотность ткани молочной железы, ограничивающую возможности рентгеновской маммографии (РМГ) в интерпре-

тации изображений, затруднение доступа к медицинским услугам, страх перед диагностикой и лечением – все это существенно затрудняет раннее выявление и начало лечения РМЖ [1, 3].

Большое значение для улучшения результатов лечения пациенток с РМЖ имеет не только возможность распознавания ранних форм рака, но и оценка особенностей его роста и распространенности, что определяет выбор адекватной лечебной тактики, обеспечивающей высокую продолжительность и качество жизни. Для этих целей активно используется широкий спектр дополнительных лучевых методов исследования, среди которых особое место занимают специальные технологии лучевой диагностики с использованием внутривенного контрастирования [4, 5]. Контрастные методы визуализации помогают в уточняющей диагностике, давая более точную оценку локализации, размеров и распространенности новообразования в ткани молочной железы по сравнению с бесконтрастными. Это помогает врачам в принятии наиболее правильного и адекватного решения о выборе тактики ведения и в оценке эффективности назначенной терапии.

Применение дополнительных лучевых технологий, повышающих контрастность изображения и определяющих васкуляризацию опухолей, также способствует снижению количества интервального рака в процессе скрининга у пациенток с высокой маммографической плотностью и позволяет провести уточняющую диагностику при получении неоднозначных результатов [5, 6].

Методы визуализации для раннего выявления РМЖ / Imaging techniques for BC early detection

Стандартная РМГ сохраняет лидирующие позиции в выявлении всех известных вариантов непальпируемого РМЖ. Она позволяет определять патологические очаги размерами от 2–3 мм, «пылевидные» микрокальцинаты размерами от 50 мкм, в 25% случаев являющиеся единственным признаком начальных проявлений рака, в том числе карциномы *in situ* [3, 8, 9].

Вместе с тем неспецифичность рентгенологических проявлений ранних вариантов РМЖ затрудняет проведение уточняющей дифференциальной диагностики. В связи с этим в медицинской практике есть необходимость применения более чувствительных методов, таких как магнитно-резонансная томография (МРТ) молочных желез с внутривенным контрастированием. Преимущество метода заключается в возможности оценки распространенности процесса за счет визуализации особенностей васкуляризации патологически измененных тканей [7].

С учетом радиационной безопасности и диагностических возможностей МРТ рекомендована международными сообществами в качестве метода скрининга у молодых женщин с плотной тканью молочных желез или высоким риском развития РМЖ: отягощенная онкологическая наследственность, наличие генетических мутаций в генах *BRCA1/2*, семейный анамнез РМЖ, облучение зоны грудной клетки до 30 лет, наличие атипичной протоковой/лобулярной гиперплазии, протоковой/лобулярной карциномы *in situ* в анамнезе, инвазивной карциномы и метастазов в аксиллярные лимфоузлы и ряд других показаний [9, 10]. Данный метод обладает высокой чувствительностью, однако его применение ограничено из-за высокой стоимости, наличия противопоказаний у некоторых групп женщин и возможности ложноположительных и ложноотрицательных трактовок при интерпретации сложных гетерогенных изображений [7, 8].

РМГ, несмотря на все преимущества, обладает довольно низкой контрастностью. В связи с этим долгое время ведутся разработки методов, позволяющих повысить контрастность изображения. В последнее время РМГ получила новое развитие благодаря использованию двухэнергетического экспонирования с применением контрастных средств (КС). Эта новая технология носит название «контрастная двухэнергетическая рентгеновская маммография» (КДРМГ) и обеспечивает визуализацию тканей молочной железы за счет контрастного усиления (КУ) в двухэнергетическом режиме [7, 11]. При КДРМГ получают два изображения в разных режимах экспонирования: один снимок «мягкий», сопоставимый со стандартной маммографией, а второй – «жесткий», после внутривенного введения йодсодержащего КС при одинаковой компрессии молочной железы и с последующей реконструкцией изображений. Для анализа врачу предоставляются «мягкий» снимок и рекомбинированный, который отражает интенсивность накопления КС в тканях молочной железы [8, 12].

Среди преимуществ данной технологии выделяются ситуации при 4–5-й стадиях по классификации Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS), при рентгенологической плотности тканей молочной железы C и D по классификации American College of Radiology (ACR), для визуализации архитектурной перестройки структуры, при подозрении на мультицентрический рост, при рентген-негативном раке, для уточнения истинных размеров опухоли, для уточнения формы роста при ограниченно растущем и инфильтративном раке, который на обзорной маммограмме выглядит как участок высокой плотности неправильной формы по типу узловой мастопатии, для снижения количества интервенционных вмешательств за счет улучшения визуализации очаговой патологии при

выраженных формах мастопатии. К недостаткам следует отнести: инвазивный характер технологии, вероятность побочных эффектов КС, некоторое повышение дозы, удлинение времени исследования и работы врача для интерпретации полученного изображения, вероятность возникновения артефактов, увеличение стоимости маммографического обследования [13, 14].

КДРМГ может использоваться в ряде клинических ситуаций в качестве альтернативы МРТ с КУ. Этот метод может быть полезен для женщин, которые отказываются от МРТ или имеют противопоказания, а также для пациенток с высокой маммографической плотностью молочной железы [15]. Данные публикуемых исследований указывают на то, что КДРМГ может обладать сопоставимой чувствительностью с МРТ, что делает ее привлекательной альтернативой [9, 16]. Учитывая новые возможности технологии, в мире отмечается значительный рост публикаций, посвященных КДРМГ. По результатам поиска в базе данных PubMed/MEDLINE по ключевым словам “contrast”, “enhanced” и “mam-mography”, проведенного в июне 2024 г., публикация исследований по теме контрастной маммографии начинается с 1997 г. За период 1997–2024 гг. количество опубликованных работ выросло в 50 раз, достигнув пика в 2023 г. – 98 статей за год.

Использование КС при проведении МРТ и КДРМГ играет важную роль в визуализации патологии молочных желез, позволяя выявлять локальные изменения в перфузии, характерные для опухолевой ткани. Введенный препарат проникает через новообразованные сосуды и накапливается в патологическом участке, что дает возможность визуализировать злокачественное образование независимо от плотности ткани [4]. В крупномасштабных исследованиях GEMMA1 и GEMMA2 проводилась оценка эффективности диагностики с помощью МРТ молочных желез с КУ в предоперационный период. Показано, что МРТ с КУ имеет значительно более высокие чувствительность (80–89%) и специфичность (83–95%) для выявления первичных очагов по сравнению со стандартной маммографией, в том числе при повышенной рентгенологической плотности ткани молочной железы и независимо от морфологического типа опухоли, степени ее дифференцировки, рецепторного статуса и молекулярного подтипа [17, 18].

При применении КС необходимо учитывать риск развития острых побочных реакций и использовать рекомендации по безопасному контрастированию с целью снижения вероятности их возникновения. Перед проведением процедуры необходимо узнать о наличии у пациентки реакций на КС соответствующего класса в анамнезе, нестабильной бронхиальной астмы и других аллергических состояний, требующих медикаментозного

лечения, а также оценить расчетную скорость клубочковой фильтрации (СКФ) на основании уровня сывороточного креатинина. Согласно последним международным рекомендациям для пациенток с факторами риска развития острых побочных реакций рекомендуется рассмотреть возможность выбора альтернативных методов лучевой диагностики, не требующих использования КС того же класса, применение иного КС при наличии сведений о том, на которое развилась реакция в прошлом [19, 20]. Проведение премедикации не рекомендуется ввиду недостаточности доказательной базы, тем не менее в ряде инструкций к КС данная рекомендация сохраняется.

После внутривенного введения йодсодержащих КС существует риск развития постконтрастного острого почечного повреждения (ПК-ОПП) [19, 21]. Данное осложнение характеризуется внезапным снижением функции почек в течение 48–72 ч и повышением уровня креатинина в 1,5 раза и более. Фактором риска развития ПК-ОПП при внутривенном введении КС является расчетная СКФ менее 30 мл/мин/1,73 м². В таком случае у пациенток группы риска рекомендуется рассмотреть либо исследование альтернативными методами визуализации, либо проведение профилактической внутривенной гидратации перед применением КС [19, 22–24].

Клинические рекомендации по ранней диагностике РМЖ / Clinical guidelines for BC early diagnostics

Международные и российские клинические рекомендации служат ориентиром для врачей и пациенток, определяя оптимальные стратегии скрининга, диагностики и лечения РМЖ. В рамках подготовки к заседанию Совета экспертов был проведен сравнительный анализ основных клинических рекомендаций, который позволил оценить различия и сходства в подходах к скринингу и диагностике РМЖ, а также выявить актуальные требования и перспективы развития в данной области.

American College of Radiology (ACR) опубликовал два руководства по скринингу РМЖ: скрининг на основе пожизненного риска [9] и дополнительный скрининг на основе плотности ткани молочной железы с учетом пожизненного риска [16]. В обоих документах рассматривается применение КДРМГ и МРТ с КУ у женщин среднего, промежуточного и высокого риска. При скрининге РМЖ на основе пожизненного риска КДРМГ может применяться при промежуточном и высоком риске, в том числе в качестве альтернативы МРТ. МРТ с КУ может использоваться при среднем и промежуточном риске и рекомендуется всем женщинам высокого риска начиная с 25 лет. В руководстве о дополнительном скрининге РМЖ на основе плотности

ткани рассматриваются пациентки с неплотной и плотной молочной железой. У женщин с неплотной молочной железой среднего и промежуточного риска КДРМГ обычно не применяется, у пациенток высокого риска – может применяться. МРТ с КУ не используется при среднем риске и рекомендуется для ежегодного скрининга при промежуточном и высоком риске. Женщинам с плотной молочной железой ACR рекомендует применение КДРМГ и МРТ с КУ при любой степени риска. Однако если МРТ-исследование может проводиться ежегодно, то для КДРМГ в настоящее время имеется ограниченное количество литературы, касающейся использования метода в качестве дополнительного скрининга [9, 16].

В 2019 г. были опубликованы результаты первого раунда скрининга в исследовании DENSE, в котором изучалась эффективность применения МРТ молочных желез с КУ. Применение МРТ в качестве метода скрининга продемонстрировало возможность значительного снижения смертности от РМЖ у пациенток с очень плотной молочной железой. После получения отрицательных результатов маммографии с помощью МРТ был дополнительно обнаружен РМЖ в 16,5 случая из 1000, а частота развития интервального рака была ниже на 84% в группе МРТ-скрининга (2,5 случая на 1000 по сравнению с 5,0) [6].

В клиническом руководстве National Comprehensive Cancer Network (NCCN) по скринингу и диагностике РМЖ рекомендуется ежегодное проведение МРТ женщинам повышенного риска в качестве дополнения к стандартной маммографии. В частности, это касается пациенток с плотной тканью молочной железы [10]. Согласно данным клиническим рекомендациям КДРМГ может способствовать более своевременному обнаружению ранних форм РМЖ, однако существующая литература не поддерживает применение этого метода в качестве альтернативы нынешним инструментам скрининга [10].

NCCN также опубликовала рекомендации по скринингу на основе генетической/семейной оценки высокого риска развития РМЖ, яичников и поджелудочной железы. В них рассматривается тактика ведения пациентов в зависимости от результатов генетического теста. При наличии мутаций в определенных генах рекомендованы следующие подходы для скрининга РМЖ [25]:

- *BRCA1/2, ATM, CHEK2* – ежегодная РМГ с 40 лет, МРТ с КУ с 30–35 лет;
- *CDH1, PALB2, STK11* – ежегодная РМГ и МРТ с КУ с 30 лет;
- *BARD1, RAD51C, RAD51D* – ежегодная РМГ и МРТ с КУ с 40 лет;
- *NF1* – ежегодная РМГ с 30 лет, МРТ с КУ с 30–50 лет.

В данном руководстве отдельно приведена скрининговая тактика ведения пациенток при патогенном или вероятно патогенном варианте гена *BRCA* в зависимости от возраста [25]:

- 25–29 лет – ежегодное МРТ с КУ (КДРМГ, только если МРТ недоступна);
- 30–75 лет – ежегодная РМГ и МРТ с КУ;
- старше 75 лет – индивидуальная тактика ведения.

Руководство European Society for Medical Oncology (ESMO) 2024 г. по диагностике, лечению и дальнейшему наблюдению РМЖ рассматривает скрининговую тактику данного заболевания на ранних этапах, а также при наличии мутаций в генах *BRCA1/2*. Стандартом визуализации ESMO принято считать двустороннюю РМГ и ультразвуковое исследование (УЗИ) у женщин среднего риска в возрасте 50–69 лет, в то время как МРТ рекомендуется при неоднозначных результатах основных исследований или при отягощенном онкологическом анамнезе. Пациенткам с диагнозом РМЖ, прошедшим оперативное лечение, ESMO рекомендует ежегодное РМГ-обследование молочной железы, УЗИ и МРТ при необходимости. В качестве альтернативных методов визуализации могут рассматриваться томосинтез и КДРМГ. При наличии мутаций в генах *BRCA1/2* предлагается МРТ-исследование начиная с 30 лет или в возрасте на 5 лет младше самого молодого члена семьи с диагнозом РМЖ [26].

В клинических рекомендациях по диагностике РМЖ на ранних стадиях, опубликованных American Cancer Society (ACS) в 2023 г., стандартная РМГ остается основным методом скрининга для женщин среднего риска, при этом проведение МРТ-исследования не рекомендуется. КДРМГ в данной группе пациенток рассматривается как новый и экспериментальный метод визуализации молочной железы, который в будущем может стать альтернативой для МРТ, особенно если последняя недоступна. Пациенткам высокого риска ACS рекомендует ежегодное РМГ-исследование с дополнительной визуализацией с помощью МРТ. ACS не рекомендует проводить МРТ-скрининг женщинам, риск развития РМЖ у которых менее 15% [27].

В Российской Федерации в 2019 г. опубликованы Методические рекомендации по выполнению популяционного скрининга злокачественных новообразований молочной железы среди женского населения. В них скрининговая тактика основана на четырех группах риска развития РМЖ у женщин [28]:

- 1-я группа – здоровые лица без факторов риска и изменений в молочной железе (рекомендована профилактическая РМГ 1 раз в 2 года с 40 до 75 лет);

– 2-я группа – здоровые лица с факторами риска без изменений в молочной железе (рекомендованы ежегодное УЗИ молочных желез, при необходимости – МРТ с КУ с 25 лет и ежегодная РМГ с 35 лет);

– 3-я и 4-я группы риска с наличием изменений в молочной железе с факторами риска и без них не попадают в программу скрининга, так как им должны выполняться диагностические исследования с целью раннего выявления злокачественных образований.

На этапе диагностики при наличии индивидуальных показаний рекомендовано выполнить МРТ молочных желез для оценки местного распространения РМЖ. Согласно клиническим рекомендациям Ассоциации онкологов России от 2023 г. показаниями к проведению МРТ молочных желез с КУ являются: возраст до 30 лет, наличие герминальных мутаций в генах *BRCA1/2*, высокая рентгенологическая плотность молочных желез, наличие имплантов при невозможности выполнения качественного маммографического исследования, отсутствие первичной опухоли в молочной железе по данным маммографии и УЗИ молочных желез, а также наличие долькового рака *in situ* [29].

Использование МРТ молочной железы с КУ позволяет повысить качество хирургических вмешательств, сократить количество повторных операций. В 2022 г. опубликованы результаты исследования МІРА, цель которого заключалась в оценке пользы предоперационного проведения МРТ молочной железы с КУ для планирования хирургического вмешательства. Показано, что применение МРТ ассоциировано с увеличением количества мастэктомий на 11,3% и уменьшением частоты повторных операций на 3,2% по сравнению со стандартной визуализацией. Выводы о частоте рецидивов РМЖ и отдаленных метастазов по результатам исследования МІРА будут оцениваться в течение следующих 5 лет наблюдения [30].

Помимо этого МРТ дает возможность отбирать пациенток для неоадьювантной химиотерапии и является методом выбора ее коррекции. Изменение неэффективной химиотерапевтической схемы на ранних этапах, когда МРТ указывает на отсутствие ответа, позволяет предотвратить лишнее токсическое действие химиотерапевтических препаратов. В частности, необходимо отметить важную роль МРТ молочной железы в предоперационной оценке размеров остаточной опухоли после проведенной неоадьювантной терапии с целью отбора пациенток на проведение органосохраняющей операции, а также в прогнозировании полного ответа на лечение [5, 26, 31].

Согласно последним данным контрастная маммография наряду с МРТ может применяться для предоперационного стадирования РМЖ и для

оценки ответа на неоадьювантную терапию [4]. В исследовании M. Ali-Mucheru et al. (2016 г.) оценивалось влияние результатов КДРМГ на изменение хирургической тактики. По его итогам, КДРМГ позволила выявить 98% патологических очагов у 128 из 351 женщины со злокачественными образованиями, 12% из них была назначена дополнительная биопсия, которая подтвердила РМЖ в 67% случаев. Также КДРМГ изменила тактику хирургического лечения у 20% пациенток, что привело к проведению мастэктомии у 4% [32].

В проспективном исследовании F.R. Barra et al. (2018 г.) сравнивались результаты КДРМГ и МРТ молочной железы у 33 женщин, прошедших химиотерапию. Было продемонстрировано, что показатели эффективности МРТ и КДРМГ различаются по чувствительности (92% против 76%), специфичности (75% против 87,5%), положительной прогностической ценности (92% против 95%) и отрицательной прогностической ценности (75% против 86,4%), а средняя разница в оценке размера остаточной опухоли составила 0,8 и 1,8 см соответственно [33].

Таким образом, несмотря на ограниченное количество данных и небольшое число пациенток в исследованиях, КДРМГ может быть хорошей альтернативой МРТ молочной железы в предоперационном планировании и оценке эффективности химиотерапии [4].

Предложения Экспертного совета / Advisory Board recommendations

В рамках заседания Совета экспертов рассмотрены руководства и обзоры международных профессиональных сообществ по диагностике и лечению РМЖ, определена роль междисциплинарной команды для своевременного начала лечения. В результате совещания члены консультационного совета пришли к следующим выводам.

1. Выбор метода диагностики РМЖ:

– необходимо проводить обучающие мероприятия и разработать методические рекомендации для рентгенологов по использованию методов медицинской визуализации молочных желез, в том числе с КУ;

– следует разработать алгоритмы для врачей-онкологов и врачей других специальностей, занимающихся патологией молочных желез, по направлению пациенток на диагностические исследования с использованием КС при подозрении на РМЖ с целью повышения точности и раннего обнаружения заболевания;

– МРТ с КУ является дополнительным методом уточняющей диагностики заболеваний молочной железы, а также дополнительным методом предоперационной оценки распространенности опухоли и эффективности ответа на химиотерапию;

– КДРМГ может рассматриваться в качестве метода уточняющей диагностики при получении неоднозначных результатов РМГ и УЗИ-маммографии;

– КДРМГ не может рассматриваться в качестве метода скрининга РМЖ, но является оптимальной альтернативой МРТ с КУ в случаях ее недоступности или отказа пациентки от МРТ-исследования;

– потенциально по ряду показаний КДРМГ может заменить МРТ молочной железы с КУ в будущем, однако это требует дальнейших клинических исследований, так как имеющиеся на сегодня данные не позволяют сделать однозначные выводы о возможности применения КДРМГ в качестве альтернативы МРТ;

– направляющий врач и врач-рентгенолог должны заранее выявлять пациенток с повышенным риском развития побочных реакций на КС, исходя из текущих рекомендаций по их безопасному использованию;

– в случае выявления пациенток с повышенным риском решение о необходимости проведения исследования с КУ должно быть принято коллегиально;

– врач-рентгенолог должен использовать только КС, одобренные для соответствующих методов визуализации.

2. В рамках разработки методических рекомендаций по скринингу РМЖ следует рассмотреть включение рекомендаций:

– по активному информированию пациенток с отягощенным семейным анамнезом и установленной генетической предрасположенностью (гены *BRCA1/2*, *ATM*, *CHEK2* и др.) о возможностях ранней диагностики и важности регулярного прохождения скрининговых исследований;

– по оптимизации маршрутизации пациенток на исследование молочной железы при наличии критериев, соответствующих группе риска;

– по необходимости конкретизировать и подчеркнуть важность проведения МРТ молочных желез с указанием на то, что это исследование с КУ.

3. При обновлении клинических рекомендаций по РМЖ добавить уточняющую информацию:

– МРТ-исследование молочных желез должно проводиться с внутривенным КУ;

– проведение МРТ молочных желез с КУ пациенткам с РМЖ будет способствовать более точной оценке распространенности процесса, которая необходима для правильного стадирования заболевания, получения данных для планируемой противоопухолевой терапии и позволит выбрать оптимальную тактику лечения и объем хирургического вмешательства при соответствующих показаниях;

– при невозможности проведения МРТ с КУ следует рассмотреть в качестве альтернативы применение КДРМГ.

Заключение / Conclusion

В завершение мероприятия И.Е. Тюрин и Н.И. Рожкова суммировали основные тезисы дискуссии, которые были согласованы участниками, и определили следующие шаги по оптимизации лучевой диагностики:

1) уточнить в клинических и методических рекомендациях необходимость выполнения КУ при МРТ-исследованиях молочных желез;

2) чтобы избежать неоднозначных трактовок при описании полученных изображений, привести к единообразию используемую терминологию в клинических рекомендациях и номенклатуре медицинских услуг;

3) дополнить существующие клинические рекомендации информацией о возможном применении КДРМГ в рамках уточняющей диагностики, а также для планирования лечения;

4) разработать методические рекомендации по онкомаммоскринингу на основе рационального использования современных инструментальных методов лучевой диагностики заболеваний молочной железы злокачественного и доброкачественного характера.

Литература [References]

- Wilkinson L, Gathani T. Understanding breast cancer as a global health concern. *Br J Radiol*. 2022; 95(1130): 20211033. <https://doi.org/10.1259/bjr.20211033>.
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2023: 239 с. [Kaprin AD, Starinskiy VV, Shakhzadova AO (Eds). Malignant neoplasms in Russia in 2022. Moscow: Herzen Moscow Scientific Research Oncological Institute – branch of National Medical Research Center for Radiology; 2023: 252 pp (in Russ).]
- Understanding breast changes and conditions: a health guide. Available at: <https://www.cancer.gov/types/breast/breast-changes/understanding-breast-changes.pdf> (accessed March 31, 2024).
- Jochelson MS, Lobbes MBI. Contrast-enhanced mammography: state of the art. *Radiology*. 2021; 299(1): 36–48. <https://doi.org/10.1148/radiol.2021201948>.
- Mann RM, Cho N, Moy L. Breast MRI: state of the art. *Radiology*. 2019; 292(3): 520–36. <https://doi.org/10.1148/radiol.2019182947>.
- Veenhuizen SGA, de Lange SV, Bakker MF, et al. Supplemental breast MRI for women with extremely dense breasts: results of the second screening round of the DENSE trial. *Radiology*. 2021; 299(2): 278–86. <https://doi.org/10.1148/radiol.2021203633>.
- Каприн А.Д., Рожкова Н.И. (ред.) Национальное руководство. Маммология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2021: 372 с. [Kaprin AD, Rozhkova NI (Eds). National guideline. Mammology. Moscow: GEOTAR-Media; 2021: 372 pp (in Russ).]

8. Каприн А.Д., Рожкова Н.И. (ред.) Медицинская логистика выявления рака молочной железы. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2024: 345 с. [Kaprin AD, Rozhkova NI (Eds). Medical logistics of breast cancer detection. Moscow: GEOTAR-Media; 2024: 345 pp (in Russ).]
9. Mainiero MB, Lourenco A, Mahoney MC, et al. ACR appropriateness criteria breast cancer screening. *J Am Coll Radiol*. 2016; 13(11S): R45–9. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2016.09.021>.
10. NCCN guidelines version 3. Breast cancer screening and diagnosis. 2023. Available at: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/breast-screening.pdf (accessed March 26, 2024).
11. Fallenberg EM, Dromain C, Diekmann F, et al. Contrast-enhanced spectral mammography: Does mammography provide additional clinical benefits, or can some radiation exposure be avoided? *Breast Cancer Res Treat*. 2014; 146(2): 371–81. <https://doi.org/10.1007/s10549-014-3023-6>.
12. Diekmann F, Diekmann S, Taupitz M, et al. Use of iodine-based contrast media in digital full-field mammography – initial experience. *Rofo*. 2003; 175(3): 342–5. <https://doi.org/10.1055/s-2003-37828>.
13. Diekmann F, Diekmann S, Jeunehomme F, et al. Digital mammography using iodine-based contrast media: initial clinical experience with dynamic contrast medium enhancement. *Invest Radiol*. 2005; 40(7): 397–404. <https://doi.org/10.1097/01.rli.0000167421.83203.4e>.
14. Weinstein SP, Slanetz PJ, Lewin AA, et al. ACR Appropriateness Criteria® supplemental breast cancer screening based on breast density. *J Am Coll Radiol*. 2021; 18(11S): S456–73. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2021.09.002>.
15. Каприн А.Д., Рожкова Н.И. (ред.) Технологический процесс рентгеновской маммографии. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2024: 138 с. [Kaprin AD, Rozhkova NI (Eds). The technological process of X-ray mammography. Moscow: GEOTAR-Media; 2024: 138 pp (in Russ).]
16. Diekmann F, Bick U. Tomosynthesis and contrast-enhanced digital mammography: recent advances in digital mammography. *Eur Radiol*. 2007; 17(12): 3086–92. <https://doi.org/10.1007/s00330-007-0715-x>.
17. Sardanelli F, Newstead GM, Putz B, et al. Gadobutrol-enhanced magnetic resonance imaging of the breast in the preoperative setting: results of 2 prospective international multicenter phase III studies. *Invest Radiol*. 2016; 51(7): 454–61. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000254>.
18. Endrikat J, Schmidt G, Haverstock D, et al. Sensitivity of contrast-enhanced breast MRI vs X-ray mammography based on cancer histology, tumor grading, receptor status, and molecular subtype: a supplemental analysis of 2 large phase III studies. *Breast Cancer*. 2022; 16: 11782234221092155. <https://doi.org/10.1177/11782234221092155>.
19. ESUR guidelines on contrast agents 10.0. European Society of Urogenital Radiology. Available at: <https://www.esur.org/esur-guidelines-on-contrast-agents/> (accessed March 31, 2024).
20. ACR Manual on contrast media. 2023. Available at: <https://www.acr.org/-/media/ACR/files/clinical-resources/contrast-media.pdf> (accessed March 31, 2024).
21. van der Molen AJ, Reimer P, Dekkers IA, et al. Post-contrast acute kidney injury – Part 1: Definition, clinical features, incidence, role of contrast medium and risk factors: Recommendations for updated ESUR Contrast Medium Safety Committee guidelines. *Eur Radiol*. 2018; 28(7): 2845–55. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5246-5>.
22. Nijssen EC, Nelemans PJ, Rennenberg RJ, et al. Prophylactic intravenous hydration to protect renal function from intravascular iodinated contrast material (AMACING): long-term results of a prospective, randomised, controlled trial. *EClinMed*. 2018; 4–5: 109–16. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2018.10.007>.
23. Nijssen EC, Nelemans PJ, Rennenberg RJ, et al. Prophylaxis in high-risk patients with eGFR < 30 mL/min/1.73 m²: get the balance right. *Invest Radiol*. 2019; 54(9): 580–8. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000570>.
24. Nijssen EC, Nelemans PJ, Rennenberg RJ, et al. Evaluation of safety guidelines on the use of iodinated contrast material: conundrum continued. *Invest Radiol*. 2018; 53(10): 616–22. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000479>.
25. NCCN guidelines version 1. BRCA-pathogenic/likely pathogenic variant – positive management. 2023. Available at: https://clinciancette.ru/docs/genetics_bop-2023.pdf (accessed March 31, 2024).
26. Early breast cancer: ESMO Clinical Practice Guideline for diagnosis, treatment and follow-up. 2024. Available at: <https://www.annalsofncology.org/action/showPdf?pii=S0923-7534%2823%2905104-9> (accessed March 31, 2024).
27. American Cancer Society recommendations for the early detection of breast cancer. Available at: <https://www.cancer.org/cancer/types/breast-cancer/screening-tests-and-early-detection/american-cancer-society-recommendations-for-the-early-detection-of-breast-cancer.html> (accessed March 31, 2024).
28. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Методические рекомендации по выполнению программы популяционного скрининга злокачественных новообразований молочной железы среди женского населения. URL: <http://onkokms.ru/images/doc/vracham/popsk.pdf> (дата обращения 31.03.2024). [Ministry of Health of the Russian Federation. Methodological recommendations for the implementation of the population screening program for breast malignancies among the female population. Available at: <http://onkokms.ru/images/doc/vracham/popsk.pdf> (in Russ) (accessed March 31, 2024).]
29. Ассоциация онкологов России, Общероссийская общественная организация «Российское общество клинической онкологии», Общероссийская общественная организация «Российское общество онкомаммологов». Клинические рекомендации. Рак молочной железы. 2021. Министерство здравоохранения Российской Федерации. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/379_4 (дата обращения 31.03.2024). [Association of Oncologists of Russia, Russian Society of Clinical Oncology, Russian Society of Oncomammologists. Clinical guidelines. Breast cancer. 2021. Ministry of Health of the Russian Federation. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/379_4 (in Russian) (accessed 31.03.2024).]
30. Sardanelli F, Trimboli RM, Houssami N, et al. Magnetic resonance imaging before breast cancer surgery: results of an observational multicenter international prospective analysis (MIPA). *Eur Radiol*. 2022; 32(3): 1611–23. <https://doi.org/10.1007/s00330-021-08240-x>.
31. NCCN guidelines version 2. Breast cancer. 2024. Available at: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/breast.pdf (accessed March 26, 2024).
32. Ali-Mucheru M, Pockaj B, Patel B, et al. Contrast-enhanced digital mammography in the surgical management of breast cancer. *Ann Surg Oncol*. 2016; 23(Suppl 5): 649–55. <https://doi.org/10.1245/s10434-016-5567-7>.
33. Barra FR, Sobrinho AB, Barra RR, et al. Contrast-enhanced mammography (CEM) for detecting residual disease after neoadjuvant chemotherapy: a comparison with breast magnetic resonance imaging (MRI). *Biomed Res Int*. 2018; 2018: 8531916. <https://doi.org/10.1155/2018/8531916>.



Автоматизированная диагностика аневризм грудной аорты на основании данных компьютерной томографии грудной клетки: популяционное исследование в Москве

Соловьёв А.В.^{1,2}, Васильев Ю.А.¹, Синицын В.Е.^{1,3}, Владимирский А.В.¹, Семенов Д.С.¹

¹ ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий

Департамента здравоохранения г. Москвы,

ул. Петровка, 24, стр. 1, Москва, 127051, Российская Федерация

² ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы», 4-й Добрынинский пер., 1/9, стр. 21, Москва, 119049, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Российская Федерация

Соловьёв Александр Владимирович, мл. науч. сотр. отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0003-4485-2638>

Васильев Юрий Александрович, к. м. н., директор ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0002-0208-5218>

Синицын Валентин Евгеньевич, д. м. н., профессор, руководитель по развитию международного научного партнерства ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»; <http://orcid.org/0000-0002-5649-2193>

Владимирский Антон Вячеславович, д. м. н., зам. директора по научной работе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Семенов Дмитрий Сергеевич, к. т. н., вед. науч. сотр. отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

Резюме

Актуальность. Сердечно-сосудистые заболевания остаются высокоактуальной проблемой современного здравоохранения, ассоциированной со значительными экономическими издержками и потерей трудоспособности населения. Серьезную угрозу представляют аневризмы грудной аорты: они часто развиваются и протекают бессимптомно. Диагностика аневризм нередко происходит на поздних стадиях, что приводит к высокой летальности при развитии связанных с ними осложнений. Поэтому необходимо проведение новых эпидемиологических исследований по данной проблеме в нашей стране.

Цель: изучить распространенность патологического расширения грудной аорты среди населения г. Москвы по данным компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ОГК) с помощью технологий искусственного интеллекта (ТИИ).

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ данных КТ ОГК, выполненной по общим показаниям у 227 149 пациентов за период с октября 2022 г. по октябрь 2023 г. с применением ТИИ.

Результаты. Выявлено, что 13,3% пациентов имели признаки дилатации грудной аорты, а у 0,8% обнаружены аневризмы. Распространенность аневризм грудной аорты в г. Москве составила 12,4 случая на 100 тыс. человек. Мужчины более подвержены данной патологии, чем женщины, среди них преобладали аневризмы нисходящей аорты, а среди женщин – восходящей. Частота встречаемости патологии грудной аорты увеличивается с возрастом. Обсуждаются возможные причины и пути минимизации ошибок в работе ТИИ.

Заключение. Результаты исследования подчеркивают важность оппортунистического скрининга аневризмы грудной аорты с применением ТИИ, особенно у мужчин и пожилых пациентов, с целью своевременного выявления и предотвращения осложнений этого серьезного заболевания. Подтверждена эффективность

использования ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений для врача-рентгенолога при анализе результатов КТ ОГК. Настоящая работа вносит важный вклад в обновление данных по распространенности аневризм грудной аорты у асимптомных пациентов в России. Полученная информация позволяет более эффективно направлять усилия по диагностике и профилактике рассматриваемого заболевания.

Ключевые слова: компьютерная томография; КТ; дилатация грудного отдела аорты; аневризма грудного отдела аорты; искусственный интеллект; технологии искусственного интеллекта; ТИИ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы «Опportunистический скрининг социально значимых и иных распространенных заболеваний» (№ 123031400009-1 в Единой государственной информационной системе учета) в соответствии с приказом Департамента здравоохранения г. Москвы от 21 декабря 2022 г. № 1196 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы, государственным бюджетным (автономным) учреждениям, подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов».

Для цитирования: Соловьёв А.В., Васильев Ю.А., Сеницын В.Е., Владзимирский А.В., Семенов Д.С. Автоматизированная диагностика аневризм грудной аорты на основании данных компьютерной томографии грудной клетки: популяционное исследование в Москве. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 58–74. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-58-74>

Для корреспонденции: Соловьёв Александр Владимирович, E-mail: atlantis.92@mail.ru

Статья поступила 18.05.2024

После доработки 04.07.2024

Принята к печати 09.07.2024

Automated Analysis of Thoracic Aortic Aneurysms Based on Chest Computed Tomography Data: a Population Study in Moscow

Alexander V. Solovev^{1, 2}, Yuriy A. Vasilev¹, Valentin E. Sinitsyn^{1, 3}, Anton V. Vladzymyrskyy¹, Dmitry S. Semenov¹

¹ Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, ul. Petrovka, 24, str. 1, Moscow, 127051, Russian Federation

² Morozov Children's City Clinical Hospital, Chetvertyy Dobryninskiy pereulok, 1/9, str. 21, Moscow, 119049, Russian Federation

³ Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, Moscow, 119991, Russian Federation

Alexander V. Solovev, Junior Researcher, Department of Standardization and Quality Control, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; Radiologist, Radiology Department, Morozov Children's City Clinical Hospital; <http://orcid.org/0000-0003-4485-2638>

Yuriy A. Vasilev, Cand. Med. Sc., Director, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <http://orcid.org/0000-0002-0208-5218>

Valentin E. Sinitsyn, Dr. Med. Sc., Professor, Head of International Scientific Partnership Development, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; Chief of Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University; <http://orcid.org/0000-0002-5649-2193>

Anton V. Vladzymyrskyy, Dr. Med. Sc., Deputy Director for Scientific Work, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

Dmitry S. Semenov, Cand. Tech. Sc., Senior Researcher, Department of Standardization and Quality Control, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

Abstract

Background. Cardiovascular diseases remain a pressing issue associated with great economic burden and loss of earning capacity. Among them, thoracic aortic aneurysms pose a serious threat as they commonly develop asymptotically. Patients with aneurysms are often diagnosed late, which contributes to higher mortality rates due to complications. For this reason, conducting new epidemiological studies on this problem in our country is relevant.

Objective: to study the prevalence of pathological dilatation of the thoracic aorta in Moscow by means of artificial intelligence technologies (AITs) using chest computed tomography (CT) data.

Material and methods. A retrospective analysis of chest CT data from 227,149 patients obtained in the period from October 2022 to October 2023 was performed using AITs.

Results. The analysis revealed that 13.3% of patients exhibited signs of thoracic aortic dilatation, while 0.8% had aneurysm signs. The prevalence of thoracic aortic aneurysms in Moscow was 12.4 cases per 100,000 individuals. Males were more susceptible than females; aneurysms of the descending aorta were more typical for them, while aneurysms of the ascending aorta were more common in females. The incidence of thoracic aortic dilatation increased with age. Potential causes and strategies to minimize AIT errors were discussed.

Conclusion. The results highlight the importance of opportunistic screening for thoracic aortic aneurysms to ensure timely detection and prevention of complications. It would be especially beneficial to men and elderly population. The effectiveness of AITs to support decision-making by radiologists analyzing chest CT results was confirmed. The study provides an important update to the data on the prevalence of thoracic aortic aneurysms in asymptomatic patients in Russia. The identified features make it possible to direct the diagnostic and prevention efforts more effectively.

Keywords: computed tomography; CT; thoracic aortic dilatation; thoracic aortic aneurysm; artificial intelligence; artificial intelligence technologies; AITs.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The paper was prepared as a part of the research "Opportunistic screening of high-profile and other common diseases" (USIS No. 123031400009-1) in accordance with the Order of the Moscow Health Department dated December 21, 2022, No. 1196 "On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the Moscow city to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Health Department, for 2023 and the planned period of 2024 and 2025".

For citation: Solovev AV, Vasilev YuA, Sinitsyn VE, Vladzimirskyy AV, Semenov DS. Automated analysis of thoracic aortic aneurysms based on chest computed tomography data: a population study in Moscow. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 58–74 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-58-74>

For corresponding: Alexander V. Solovev, E-mail: atlantis.92@mail.ru

Received May 18, 2024

Revised July 4, 2024

Accepted July 9, 2024

Введение / Introduction

Сердечно-сосудистые заболевания представляют собой социально значимую проблему в сфере здравоохранения, актуальную в современном обществе. Они ассоциированы с высокими экономическими издержками, потерей трудоспособности населения и повышенной вероятностью летального исхода для пациента [1].

Согласно информации, представленной Всемирной организацией здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания остаются одной из ведущих причин смертности во всем мире, включая Россию [2]. Среди них важное место занимают аневризмы грудной аорты, которые характеризуются локальным патологическим расширением просвета сосуда более чем в 1,5 раза и отличаются латентным течением, часто развиваясь бессимптомно. Именно из-за этой особенности их часто называют «тихими убийцами» [3]. Существенными факторами, способствующими формированию аневризм грудного отдела аорты, являются: атеросклероз, артериальная гипертензия, гиперхолестеринемия, активное курение, а также некоторые генетические заболевания (синдромы Марфана и Элерса–Данлоса) [4].

Диагностика заболевания часто происходит на поздних стадиях развития, когда аневризма достигает критических размеров и возникают осложнения в виде расслоения или разрыва сосудистой стенки. Данные научных исследований свидетельствуют о тяжелых последствиях осложнений, связанных с аневризмами аорты: в 94–100% случаев при отсутствии лечения они становятся причиной летального исхода [5, 6].

Аневризмы сосудов известны человеку еще со II века н.э., они упоминаются в работах Галена и Антилла. Но впервые об аневризме грудной части аорты упомянул в своих трудах в XVI веке великий анатом Андреас Везалий (1514–1564) [7].

Согласно статистике в период с 1990 по 2010 гг. отмечалось повышение общемирового уровня смертности от аневризм аорты с 2,49 до 2,78 случая на 100 тыс. человек. Важно отметить, что среди умерших преобладали мужчины [8, 9].

В странах Западной Европы аневризма грудной аорты занимает 2-е место по распространенности среди всех заболеваний аорты, уступая лишь атеросклерозу [10, 11]. Каждый год в США заболеваемость аневризмами грудной аорты составляет примерно 10 случаев на 100 тыс. чело-

век, а частота разрывов аневризм приближается к 1,6 случая на 100 тыс. [12]. Отмечается также значительный риск возникновения осложнений данного заболевания: частота развития расслоений достигает 3,7%, в то время как разрывы наблюдаются в 3,6% случаев [13]. В Гонконге (Китай) при обследовании 1529 пациентов с артериальной гипертензией аневризма грудного отдела аорты была выявлена в 115 случаях (7,5%) [14]. В Южной Корее среди мужского населения с артериальной гипертензией распространенность аневризмы грудного отдела аорты составила 36,5% (181 случай) по данным, полученным на выборке из 496 пациентов [15]. В Японии аневризма грудного отдела аорты была обнаружена у 88 (6,5%) больных при проведении исследования на выборке из 1351 пациента [16].

В России встречаемость аневризмы грудного отдела аорты оценивается в диапазоне от 0,16% до 1,06% [17]. Однако последние крупные эпидемиологические исследования в этой области проводились примерно 40 лет назад. Это продиктовало необходимость выполнения настоящего популяционного исследования с целью обновления информации о распространенности данного заболевания в нашей стране.

В качестве примера важности рассматриваемой проблемы можно привести результаты аутопсий в ГБУЗ «Городская клиническая больница № 15 им. О.М. Филатова Департамента здравоохранения г. Москвы» за 10 лет (с 1991 по 2001 гг.). Диагноз аневризмы грудного отдела аорты был установлен в 0,8% случаев. Из них только в 11% наблюдений об этой болезни было известно до наступления смерти [18].

С 2020 г. в Москве проводится крупнейшее в мире исследование по применению технологий искусственного интеллекта (ТИИ) для анализа медицинских изображений в рамках Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения г. Москвы (далее – Московский эксперимент) [19]. За 2022 г. было проанализировано более 647 тыс. компьютерных томограмм (КТ) органов грудной клетки (ОГК) без использования контрастного усиления, а за 2023 г. – более 470 тыс. Цифровой архив этих данных предоставляет возможность выполнения оппортунистического скрининга патологического расширения грудной аорты (дилатация и аневризма). Хотя медицинские технологии значительно усовершенствованы, эпидемиология встречаемости дилатации и аневризм грудной аорты все еще недостаточно изучена в России, что делает проведение настоящего исследования особенно актуальным.

Цель – изучить распространенность патологического расширения грудной аорты среди населения г. Москвы по данным КТ ОГК с помощью ТИИ.

Материал и методы / Material and methods

Проведено ретроспективное описательное эпидемиологическое исследование в рамках Московского эксперимента по направлению «Расширение восходящего и нисходящего отделов грудной аорты»¹ [19]. Период исследования: октябрь 2022 г. – октябрь 2023 г.

Использованы данные 227 149 КТ ОГК, полученные из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы (ЕРИС ЕМИАС). При анализе учитывали разделение на группы в зависимости от пола и возраста. Рассматривали возрастные категории пациентов, соответствующие классификации Всемирной организации здравоохранения: молодой возраст (18–44 года), средний возраст (45–59 лет), пожилой возраст (60–74 года), старческий возраст (75–89 лет) и категория долгожителей (90 лет и старше).

КТ ОГК назначалась врачами разных специальностей по различным клиническим показаниям. Проведение исследований осуществляли рентгенолаборанты в медицинских организациях государственной системы здравоохранения г. Москвы, оказывающих медицинскую помощь как в амбулаторных условиях, так и в стационаре. КТ ОГК выполняли по стандартным протоколам, без применения контрастного вещества, с толщиной срезов, не превышающей 3 мм, без кардиосинхронизации. Результаты исследований архивировались в ЕРИС ЕМИАС, после чего согласно процедурам Московского эксперимента обрабатывались с помощью ТИИ [19]. По завершении процесса обработки исходные данные и результаты автоматизированного анализа становились доступными для врача-рентгенолога в виде дополнительной серии и сгенерированного текстового заключения.

В ЕРИС ЕМИАС сохраняются результаты анализа КТ ОГК, выполненного с помощью ТИИ. Это позволило нам изучить характеристики и структуру распространенности выбранной патологии.

Для оценки патологического расширения грудного отдела аорты использовали ТИИ в соответствии с базовыми диагностическими требованиями, разработанными на основе рекомендаций Европейского общества кардиологов (European Society of Cardiology, ESC) по диагностике и лечению заболеваний аорты [10]. В соответствии

¹ <https://mosmed.ai/>.

Производительность технологий искусственного интеллекта (ТИИ), заявленная производителем

Table 1

The performance of artificial intelligence technologies (AITs) declared by the manufacturer

Сервис ТИИ / AIT service	ROC AUC	Точность / Accuracy	Чувствительность / Sensitivity	Специфичность / Specificity
Chest-IRA	0,99	0,95	0,94	0,96
CVL – Chest CT Complex	0,88	0,82	0,82	0,81
Третье мнение – КТ ОГК комплекс / The Third Opinion – Chest CT complex	0,92	0,85	0,87	0,86
Цельс – КС КТ ОГК / Celsus – Chest CT complex service	0,91	0,91	0,8	0,93

Примечание. IRA (Intelligent Risk Assistant) – интеллектуальный помощник по выявлению рисков; CVL (Computer Vision Laboratory) – лаборатория компьютерного зрения; CT (computed tomography) – компьютерная томография; КТ – компьютерная томография; ОГК – органы грудной клетки; КС – комплексный сервис; ROC (receiver operating characteristic curve) – кривая рабочих характеристик приемника; AUC (area under curve) – площадь под кривой.

Note. IRA – Intelligent Risk Assistant; CVL – Computer Vision Laboratory; CT – computed tomography; ROC – receiver operating characteristic curve; AUC – area under curve.

с ними использовали следующие параметры и пороговые значения [20]:

- дилатация восходящей аорты (диаметр аорты от 40 до 49 мм);
- аневризма восходящей аорты (диаметр аорты 50 мм и более);
- аневризма нисходящей аорты (диаметр аорты 40 мм и более).

Автоматическое измерение диаметра грудной аорты осуществляли с помощью четырех отечественных сервисов на основе ТИИ (табл. 1, рис. 1).

В исследовании применяли различные методы статистического анализа. Для описания данных использовали методы описательной статистики, которые включали следующие показатели: количество непропущенных значений (N), минимальное значение (Min), максимальное значение (Max), среднее арифметическое (Mean), стандартное отклонение (SD), 95% доверительный интервал (ДИ) для среднего, медиана (Me), 1-й и 3-й квартили (Q1, Q3). Сравнение категориальных данных между группами выполняли с помощью χ^2 -критерия. Для числовых данных применяли дисперсионный анализ (analysis of variance, ANOVA). После проведения основного анализа осуществляли попарное априорное (*post hoc*) сравнение с использованием t-теста с поправкой на множественное сравнение по методу Тьюки. Для анализа ошибок в работе ТИИ использовали тест пропорций. Уровень статистической значимости был установлен на значении 0,05 (двусторонний). Все статистические вычисления и анализ выполнены в программе Stata14® (Microsoft, США).

Модель логистической регрессии и графики построены на языке программирования Python. С помощью библиотеки Statsmodels построена модель логистической регрессии для анализа факторов, влияющих на вероятность наличия аневризмы грудной аорты. В качестве факторов модели использовали пол и возраст, а также их взаимодействие. Построение графиков осуществляли с помощью библиотек Matplotlib и Seaborn.

Показатель распространенности заболевания определяли как отношение числа случаев за год к среднегодовой численности населения, умноженное на 100 000. Использовали среднее значение численности населения за 2022 г. – 13 059 651 человек, из них 46% – мужчины, 54% – женщины (по открытым данным Управления Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области [21, 22]).

Построение динамических рядов осуществлено с использованием программного обеспечения MS Excel 2016 (Microsoft, США).

Результаты / Results

Анализ частоты встречаемости патологий

В исследование включены 227 149 пациентов (средний возраст 59,17±17,9 года, мода 68, медиана 62), из них у 30 134 (13,3%) выявлено изменение диаметра грудной аорты, указывающее на наличие дилатации (диаметр восходящего отдела ≥40 мм и <50 мм), а у 1613 (0,8%) – увеличение диаметра, указывающее на аневризму грудной аорты (диаметр восходящего отдела ≥50 мм и/или диаметр нисходящего отдела ≥40 мм).

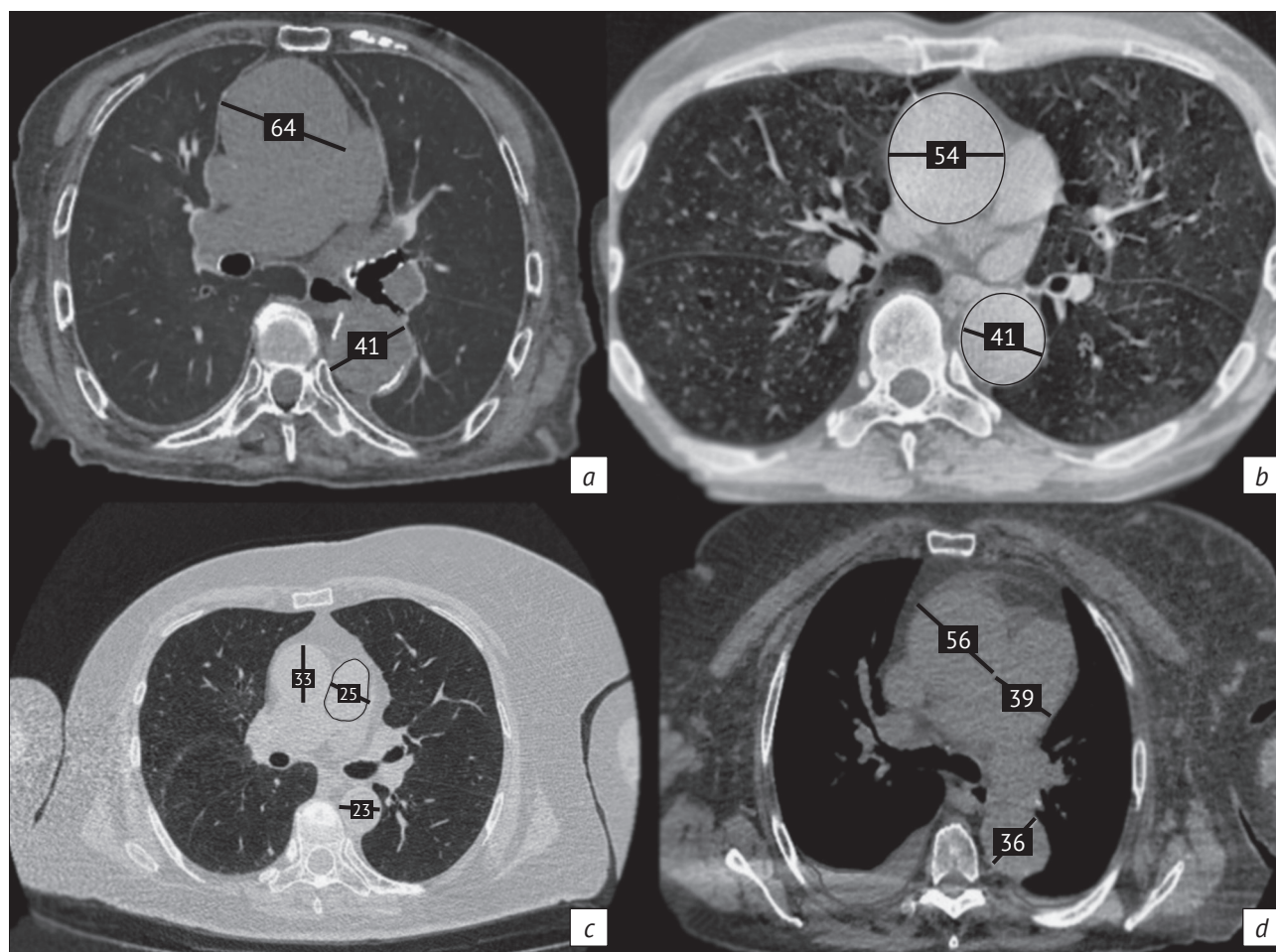


Рис. 1. Пример работы отечественных сервисов ТИИ на КТ ОГК. Искусственный интеллект корректно выделил и маркировал патологическое расширение восходящего и нисходящего отделов аорты (все значения указаны в мм):

a – линии 64, 41 (аневризмы восходящего и нисходящего отделов); *b* – линии и контуры 64, 41 (аневризмы восходящего и нисходящего отделов); *c* – линии 33, 23 (аорта без патологических расширений), также содержит дополнительный модуль 25 (линия и контур, измеряющий диаметр легочного ствола); *d* – линия 56 измеряет аневризму восходящей аорты, а линия 36 – нисходящий отдел (в пределах нормы), с помощью дополнительного модуля измерены патологическое расширение легочного ствола (линия 39) и плевральный выпот (сплошные контуры в задних отделах с обеих сторон, выражено справа)

Fig. 1. An example of using Russian AIT services for chest CT. Artificial intelligence correctly identified and labeled the pathological dilatation of ascending and descending aortic sections (all values are indicated in mm):

a – lines 64, 41 (ascending and descending aneurysms); *b* – lines and contours 64, 41 (ascending and descending aneurysms); *c* – lines 33, 23 (aorta without pathological dilatations), it also contains an additional module 25 (line and contour measuring the pulmonary trunk diameter); *d* – line 56 measures the ascending aortic aneurysm, and line 36 measures the descending section (within the normal range); with an additional module, the pulmonary trunk pathological dilatation (line 39) and pleural effusion (solid contours in the posterior sections on both sides, pronounced on the right) are measured

Период проведения исследований составил 1 год (с октября 2022 г. по октябрь 2023 г.). Распространенность аневризмы грудной аорты у населения г. Москвы составила 12,4 случая на 100 тыс. человек. Частота встречаемости в зависимости от пола – 19,4 случая на 100 тыс. у мужского населения и 6,3 – у женского. Удельный вес мужского населения составил 45,7% (103 704 человека), женского – 54,3% (123 445 человек).

Более подробная информация о частоте встречаемости патологических изменений диаметра грудной аорты (дилатации и аневризмы) в различных половозрастных группах представ-

лена в таблицах 2 и 3. На основании этих данных можно сделать вывод, что у мужчин расширение грудной аорты статистически значимо встречается чаще (18,9% имеют дилатацию, 1,2% – аневризму грудной аорты), причем наблюдается линейный характер увеличения с возрастом удельного веса лиц с патологией. Для женской популяции сохраняется такая же тенденция, при этом рост частоты встречаемости заболевания от средней возрастной группы к группе долгожителей у женщин более ярко выражен, чем у мужчин (от 0,1% до 1,2% у женщин, от 0,5% до 3,4% у мужчин).

Частота встречаемости дилатации восходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 2

Incidence of ascending aortic dilatation in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males	Женщины / Females	Суммарно / In total	χ^2 ; p (по полу) / χ^2 ; p (by gender)
18–44	592 / 27 803 (2,1)	137 / 25 343 (0,5)	729 / 53 146 (1,4)	247,3; <0,001
45–59	2916 / 25 643 (11,4)	798 / 25 596 (3,1)	3714 / 51 239 (7,3)	1300; <0,001
60–74	9690 / 33 784 (28,7)	4184 / 40 967 (10,2)	13 874 / 74 751 (18,6)	4200; <0,001
75–89	5863 / 15 329 (38,3)	4743 / 27 966 (17,0)	10 606 / 43 295 (24,5)	2400; <0,001
≥90	526 / 1145 (45,9)	685 / 3573 (19,2)	1211 / 4718 (25,7)	325,6; <0,001
Всего / Total	19 587 / 103 704 (18,9)	10 547 / 123 445 (8,5)	30 134 / 227 149 (13,3)	5200; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту) / χ^2 ; p (by age)	12 000; <0,001	6200; <0,001	15 000; <0,001	

Таблица 3

Частота встречаемости аневризмы восходящей и/или нисходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 3

Incidence of ascending and/or descending aortic aneurysms in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males		Женщины / Females		Суммарно / In total		χ^2 ; p (по полу) / χ^2 ; p (by gender)
	Один отдел / One section	Оба отдела / Both sections	Один отдел / One section	Оба отдела / Both sections	Один отдел / One section	Оба отдела / Both sections	
18–44	57 / 27 803 (0,2)	0 / 27 803 (0,0)	17 / 25 343 (0,1)	0 / 25 343 (0,0)	74 / 53 146 (0,1)	0 / 53 146 (0,0)	8,1; 0,046
45–59	125 / 25 643 (0,5)	3 / 25 643 (<0,1)	25 / 25 596 (0,1)	0 / 25 596 (0,0)	150 / 51 239 (0,3)	3 / 51 239 (<0,1)	9,7; <0,001
60–74	493 / 33 784 (1,5)	30 / 33 784 (0,1)	125 / 40 967 (0,3)	13 / 40 967 (<0,1)	618 / 74 751 (0,8)	43 / 74 751 (0,1)	11,5; <0,001
75–89	382 / 15 329 (2,5)	37 / 15 329 (0,2)	206 / 27 966 (0,7)	19 / 27 966 (0,1)	588 / 43 295 (1,4)	56 / 43 295 (0,1)	51,4; <0,001
≥90	38 / 1145 (3,3)	1 / 1145 (0,1)	38 / 3573 (1,1)	4 / 3573 (0,1)	76 / 4718 (1,6)	5 / 4718 (0,1)	7,9; <0,001
Всего / Total	1095 / 103 704 (1,1)	71 / 103 704 (0,1)	411 / 123 445 (0,3)	36 / 123 445 (<0,1)	1506 / 227 149 (0,7)	107 / 227 149 (0,1)	66,1; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту) / χ^2 ; p (by age)	784,9; <0,001		330,4; <0,001		852,4; <0,001		

Важно отметить, что в молодом возрасте (18–44 лет) наблюдается лишь тенденция к различиям частоты встречаемости аневризмы в зависимости от пола ($p = 0,046$). Из таблиц также следует, что возраст и встречаемость патологии грудной аорты ста-

тистически значимо взаимосвязаны как у женщин ($p < 0,001$), так и у мужчин ($p < 0,001$). Кроме того, проведен анализ встречаемости аневризм в обоих отделах грудной аорты: доля подобных случаев составляет 6,6% от всех исследований с аневризмами.

Логистическая регрессия

Для выявления параметров, влияющих на риск наличия аневризмы грудной аорты, использовали логистическую регрессию (табл. 4). Установлено, что отношение шансов выявления наличия аневризмы у мужчин по сравнению с женщинами того же возраста составляет 1,81 (95% ДИ 1,19–2,44; $z = 5,7$; $p < 0,001$). Увеличение возраста на 5 лет в 1,347 раза повышает вероятность наличия данного фактора риска (95% ДИ 1,339–1,354; $z = 16,4$; $p < 0,001$).

Частота встречаемости аневризм в различных отделах аорты

Далее более подробно рассмотрены случаи с предполагаемой аневризмой грудной аорты. Представлены частотные характеристики встречаемости аневризмы в восходящем и нисходящем отделах аорты (табл. 5, 6).

У мужчин удельный вес лиц с аневризмой нисходящего отдела аорты больше, чем с аневризмой восходящего отдела (0,7% и 0,5% соответственно), при этом у женщин данная тенденция отсутствует:

Таблица 4

Параметры логистической регрессии наличия патологии аневризмы аорты

Table 4

Logistic regression parameters for aortic aneurysm pathology

Параметр / Parameter	ОШ / OR	z	p	95% ДИ для ОШ / 95% CI for OR
Пол (женский = реф.*) / Gender (female = ref.)	1,8141	5,711	<0,001	1,191–2,437
Изменение возраста на 5 лет / Age change by 5 years	0,297	16,348	<0,001	0,262–0,333
Пол и возраст (дополнительный риск для мужчин на каждые 5 лет) / Gender and age (additional risk for males every 5 years)	–0,0274	–1,303	0,193	–0,069–0,014
Intercept**	–9,7412	–34,808	<0,001	–10,290... –9,193

Примечание. ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал.

* Женский пол был принят как референсное значение, т.е. для построения модели логистической регрессии женский пол = 0, мужской = 1.

** Базовый фактор наступления события в модели (его значение для всей выборки = 0).

Note. OR – odds ratio; CI – confidence interval.

* Female gender was accepted as a reference value, i.e., to build a logistic regression model, the female gender = 0, the male = 1.

** Basic event occurrence factor in the model (value for the entire sample = 0).

Таблица 5

Частота встречаемости аневризмы восходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 5

Incidence of ascending aortic aneurysm in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males	Женщины / Females	Суммарно / In total	χ^2 ; p (по полу) / χ^2 ; p (by gender)
18–44	44 / 27 803 (0,2)	13 / 25 343 (0,1)	57 / 53 146 (0,1)	14,2; <0,001
45–59	69 / 25 643 (0,3)	14 / 25 596 (0,1)	83 / 51 239 (0,2)	36,4; <0,001
60–74	248 / 33 784 (0,7)	88 / 40 967 (0,2)	336 / 74 751 (0,5)	111,6; <0,001
75–89	181 / 15 329 (1,2)	146 / 27 966 (0,5)	327 / 43 295 (0,8)	57,3; <0,001
≥90	11 / 1145 (1,0)	22 / 3573 (0,6)	33 / 4718 (0,7)	1,5; 0,223
Всего / Total	553 / 103 704 (0,5)	283 / 123 445 (0,23)	836 / 227 149 (0,4)	142,0; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту) / χ^2 ; p (by age)	258,3; <0,001	197,7; <0,001	362,6; <0,001	

Частота встречаемости аневризмы нисходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 6

Incidence of descending aortic aneurysm in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males	Женщины / Females	Суммарно / In total	χ^2 ; p (по полу) / χ^2 ; p (by gender)
18–44	13 / 27 803 (0,1)	4 / 25 343 (<0,1)	17 / 53 146 (<0,1)	4,0; 0,046
45–59	62 / 25 643 (0,2)	11 / 25 596 (<0,1)	73 / 51 239 (0,1)	35,6; <0,001
60–74	305 / 33 784 (0,9)	63 / 40 967 (0,2)	368 / 74 751 (0,5)	212,0; <0,001
75–89	275 / 15 329 (1,8)	98 / 27 966 (0,4)	373 / 43 295 (0,9)	241,6; <0,001
≥90	29 / 1145 (2,5)	24 / 3573 (0,7)	53 / 4718 (1,1)	27,0; <0,001
Всего / Total	684 / 103 704 (0,7)	200 / 123 445 (0,16)	884 / 227 149 (0,4)	359,9; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту) / χ^2 ; p (by age)	620,6; <0,001	174,9; <0,001	590,7; <0,001	

преобладают лица с аневризмой восходящего отдела (0,23% против 0,16%). Наблюдается уменьшение статистической значимости зависимости частоты встречаемости аневризмы от пола в молодом возрасте в случае аневризмы в нисходящем отделе ($p = 0,046$), что может быть связано с низкими значениями данного показателя в этой возрастной группе (<0,1%). Для каждого отдела также характерно увеличение частоты встречаемости патологии с возрастом ($p < 0,001$).

В таблице 7 приведены измерения диаметра грудной аорты для восходящего и нисходящего отделов.

Различия между полами и возрастными группами

Статистические данные, представленные в табл. 7, приведены, что динамика увеличения диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты с возрастом сохраняется как для мужского, так и для женского пола. Во всех возрастных группах мужчины имеют больший средний диаметр в каждом из отделов аорты по сравнению с женской популяцией. Интересным фактом является то, что статистически значимые различия в наибольшем диаметре отделов грудной аорты выявлены среди разных возрастных групп как у мужчин, так и у женщин ($p < 0,0001$). Эти различия проявляются особенно выражено в женской популяции, где F-критерий для восходящего отдела составляет 17 364,0, а для нисходящего – 29 657,1.

Для каждого из отделов аорты осуществляли проверку нулевой гипотезы о том, что средние

значения во всех возрастных группах идентичны (см. табл. 7). Нулевая гипотеза была отвергнута, причем как для всей выборки (в восходящем отделе F-критерий 25 359,3 ($p < 0,0001$), в нисходящем отделе F-критерий 38 727,0 ($p < 0,0001$)), так и отдельно для мужской и женской популяций.

На рисунке 2 представлены графики средних размеров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты в зависимости от возраста пациента. Средний диаметр каждого из отделов грудной аорты увеличивается линейно с возрастом и достигает плато после 80 лет. Начиная со старческой возрастной группы, наблюдается замедление темпов роста диаметров как для восходящего, так и для нисходящего отдела. Резкое уменьшение диаметра аорты и расширение доверительного интервала у лиц старше 100 лет объясняется ограниченным числом таких пациентов в группе.

На следующем этапе проведено попарное сравнение диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты во всех возрастных группах (табл. 8). Результаты продемонстрировали статистически значимые различия для всех групп ($p \leq 0,001$). Максимальное отличие для каждого из отделов составило 7,4 мм и наблюдалось между самой младшей и самой старшей возрастными группами. Диаметр аорты увеличивается в среднем на 1 мм каждое десятилетие в течение жизни у взрослых [23].

Для более подробного изучения возрастных изменений диаметра грудной аорты среди населения г. Москвы построены динамические ряды данного показателя для каждого отдела аорты

Таблица 7 (начало)

Описательная статистика наибольшего диаметра восходящего (В) и нисходящего (Н) отделов аорты, мм

Table 7 (beginning)

Descriptive statistics of the largest diameter of ascending (A) and descending (D) aortic sections, mm

Параметр / Parameter	Возрастная группа, лет / Age group, years											
	18–44		45–59		60–74		75–89		≥90		Суммарно / In total	
	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D
Оба пола / Both genders												
Mean	30,0	22,8	33,8	26,2	36,2	28,8	37,2	29,9	37,4	30,1	34,4	27,0
SD	3,8	3,0	3,9	3,2	4,2	3,4	4,2	3,3	4,1	3,3	4,8	4,2
95% ДИ / 95% CI	30,0– 30,1	22,7– 22,8	33,8– 33,8	26,2– 26,3	36,2– 36,2	28,7– 28,8	37,1– 37,2	29,8– 29,9	37,3– 37,5	30,0– 30,2	34,4– 34,5	27,0– 27,1
Min	13	13	13	15	13	15	13	15	14	15	13	13
Max	96	78	98	78	76	87	79	90	75	66	98	90
Med	30	23	33	26	36	28	37	30	37	30	34	27
Q1	27	21	31	24	33	26	34	28	35	28	31	24
Q3	32	25	36	28	39	31	40	32	40	32	37	30
Отдел аорты / Aortic section	Восходящий / Ascending						Нисходящий / Descending					
F (ANOVA)	25 359,3						38 727,0					
p	<0,0001						<0,0001					
Мужчины / Males												
Mean	31,3	23,9	35,1	27,6	37,8	30,5	38,9	31,9	39,4	32,4	35,6	28,2
SD	3,8	2,9	3,8	3,1	4,1	3,3	4,1	3,3	4,0	3,2	4,9	4,3
95% ДИ / 95% CI	31,3– 31,4	23,8– 23,9	35,1– 35,2	27,6– 27,7	37,7– 37,8	30,4– 30,5	38,8– 38,9	31,8– 31,9	39,2– 39,7	32,3– 32,6	35,5– 35,6	28,0– 28,2
Min	14	13	13	17	13	17	13	19	14	25	13	13
Max	96	78	88	66	76	87	75	90	56	53	96	90
Med	31	24	35	27	37	30	39	32	39	32	35	28
Q1	29	22	33	26	35	28	36	30	37	30	32	25
Q3	33	26	37	29	40	32	41	34	42	34	39	31
Отдел аорты / Aortic section	Восходящий / Ascending						Нисходящий / Descending					
F (ANOVA)	13 996,1						23 625,2					
p	<0,0001						<0,0001					
Женщины / Females												
Mean	28,7	21,6	32,5	24,9	34,9	27,4	36,3	28,8	36,8	29,4	33,5	26,0
SD	3,4	2,6	3,5	2,6	3,8	2,7	4,0	2,8	3,9	3,0	4,6	3,8

Таблица 7 (окончание)

Table 7 (end)

Параметр / Parameter	Возрастная группа, лет / Age group, years											
	18–44		45–59		60–74		75–89		≥90		Суммарно / In total	
	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D
95% ДИ / 95% CI	28,6– 28,7	21,5– 21,6	32,4– 32,5	24,8– 24,9	34,9– 35,0	27,3– 27,4	36,2– 36,3	28,7– 28,8	36,7– 36,9	29,3– 29,5	33,5– 33,5	26,0– 26,1
Min	13	13	14	15	13	15	13	15	20	15	13	13
Max	68	65	98	78	76	62	79	77	75	66	98	78
Med	28	21	32	25	35	27	36	29	36	29	33	26
Q1	26	20	30	23	32	26	34	27	34	28	30	24
Q3	31	23	35	26	37	29	38	30	39	31	36	29
Отдел аорты / Aortic section	Восходящий / Ascending						Нисходящий / Descending					
F (ANOVA)	17 364,0						29 657,1					
p	<0,0001						<0,0001					
t; p (между полами) / t; p (between genders)	–100; <0,0001						–130; <0,0001					

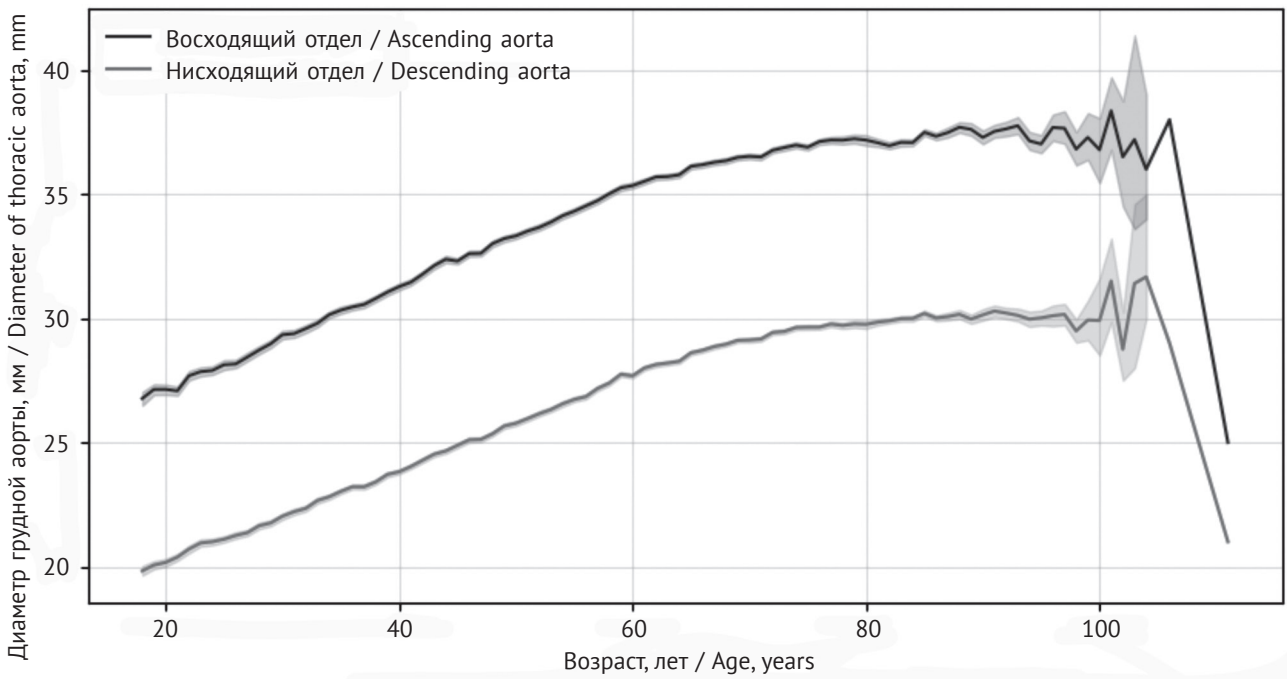


Рис. 2. Графики средних размеров диаметра грудной аорты в зависимости от возраста. Затененные области обозначают 95% доверительный интервал

Fig. 2. Graphs for mean size of thoracic aorta diameter depending on age. Shaded areas indicate 95% confidence interval

Таблица 8

Результаты *post hoc* попарного сравнения наибольшего диаметра восходящего (В) и нисходящего (Н) отделов аорты между возрастными группами с поправкой по методу Тьюки (все субъекты)

Table 8

Results of *post hoc* pairwise comparison of the largest diameter of ascending (A) and descending (D) aortic sections between age groups adjusted by Tukey method (all subjects)

Возрастные группы, лет / Age groups, years	Среднее значение / Mean value		95% ДИ / 95% CI		t		p	
	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D
45–59 vs 18–44	3,8	3,5	3,7–3,8	3,4–3,5	150,5	174,0	<0,001	<0,001
60–74 vs 18–44	6,2	6,0	6,1–6,2	5,9–6,0	269,4	327,1	<0,001	<0,001
75–89 vs 18–44	7,1	7,1	7,1–7,2	7,0–7,2	273,4	339,7	<0,001	<0,001
≥90 vs 18–44	7,4	7,4	7,2–7,5	7,2–7,5	120,6	150,1	<0,001	<0,001
60–74 vs 45–59	2,4	2,5	2,3–2,5	2,5–2,6	104,1	135,7	<0,001	<0,001
75–89 vs 45–59	3,4	3,6	3,3–3,4	3,6–3,7	128,4	171,8	<0,001	<0,001
≥90 vs 45–59	3,6	3,9	3,5–3,8	3,7–4,0	59,1	79,0	<0,001	<0,001
75–89 vs 60–74	1,0	1,1	0,9–1,0	1,1–1,2	40,0	56,8	<0,001	<0,001
≥90 vs 60–74	1,2	1,4	1,1–1,4	1,2–1,5	20,2	28,2	<0,001	<0,001
≥90 vs 75–89	0,2	0,3	0,1–0,4	0,1–0,4	4,0	5,2	0,001	0,001

Таблица 9

Динамический ряд показателя наибольшего диаметра восходящего (В) и нисходящего (Н) отделов грудной аорты

Table 9

The dynamic range of the largest diameter of ascending (A) and descending (D) aortic sections

Возрастная группа, лет / Age group, years	Уровень, мм / Level, mm		Базисный абсолютный прирост, мм / Basic absolute increase, mm		Скорость роста, мм / Growth rate, mm		Коэффициент роста / Growth coefficient				Темп роста, % / Growth pace, %		Increase pace, %			
							Базисный / Basic		Цепной / Chain				Базисный / Basic		Цепной / Chain	
	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D
18–44	30,0	22,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
45–59	33,8	26,2	3,8	3,4	3,8	3,4	1,13	1,15	1,13	1,15	112,7	114,9	12,7	14,9	12,7	14,9
60–74	36,2	28,8	6,2	6,0	2,4	2,6	1,21	1,26	1,07	1,10	107,1	109,9	20,7	26,3	7,1	9,9
75–89	37,2	29,9	7,2	7,1	1,0	1,1	1,24	1,31	1,03	1,04	102,8	103,8	24,0	31,1	2,8	3,8
≥90	37,4	30,1	7,4	7,3	0,2	0,2	1,25	1,32	1,01	1,01	100,5	100,7	24,7	32,0	0,5	0,7

(табл. 9). Данные динамических рядов демонстрируют, что скорость и темп роста диаметра грудной аорты имеют тенденцию к уменьшению с возрастом – от 3,8 мм (112,7%) до 0,2 мм (100,5%) в восходящем отделе и от 3,4 мм (114,9%) до 0,2 мм (100,7%) в нисходящем. Это говорит о замедлении роста в более старших возрастных группах. Важно отметить, что значения темпа роста нисходящего отдела выше, и это свидетельствует о более стремительном характере изменения его диаметра, чем в восходящем отделе.

Оценка эффективности работы ТИИ

В ходе проведения эксперимента выявлены эпизоды некорректной работы сервисов ТИИ. В связи с этим проведена оценка эффективности работы алгоритмов ТИИ по измерению диаметров отделов грудной аорты, а также выполнен анализ ошибок данных систем. Врачами-рентгенологами пересмотрено 100 исследований из общей выборки. Результаты такого анализа представлены в таблице 10 и на рисунке 3.

Таблица 10

Анализ ошибок систем искусственного интеллекта по измерению диаметра грудного отдела аорты

Table 10

Analysis of artificial intelligence systems' errors in measuring diameter of thoracic aorta

Тип совокупности / Type of totality	Размер, чел. / Size, persons	Число ошибок, n / Number of errors, n	Частота ошибок (средняя ошибка) / Error incidence (mean error)	Стандартная ошибка средней ошибки / Standard error of mean error	95% ДИ средней ошибки / 95% CI of mean error
Выборка / Sample	100	17	0,17	0,03800	0,100–0,240
Популяция / Population	227 149	38 616	0,17	0,00079	0,168–0,172

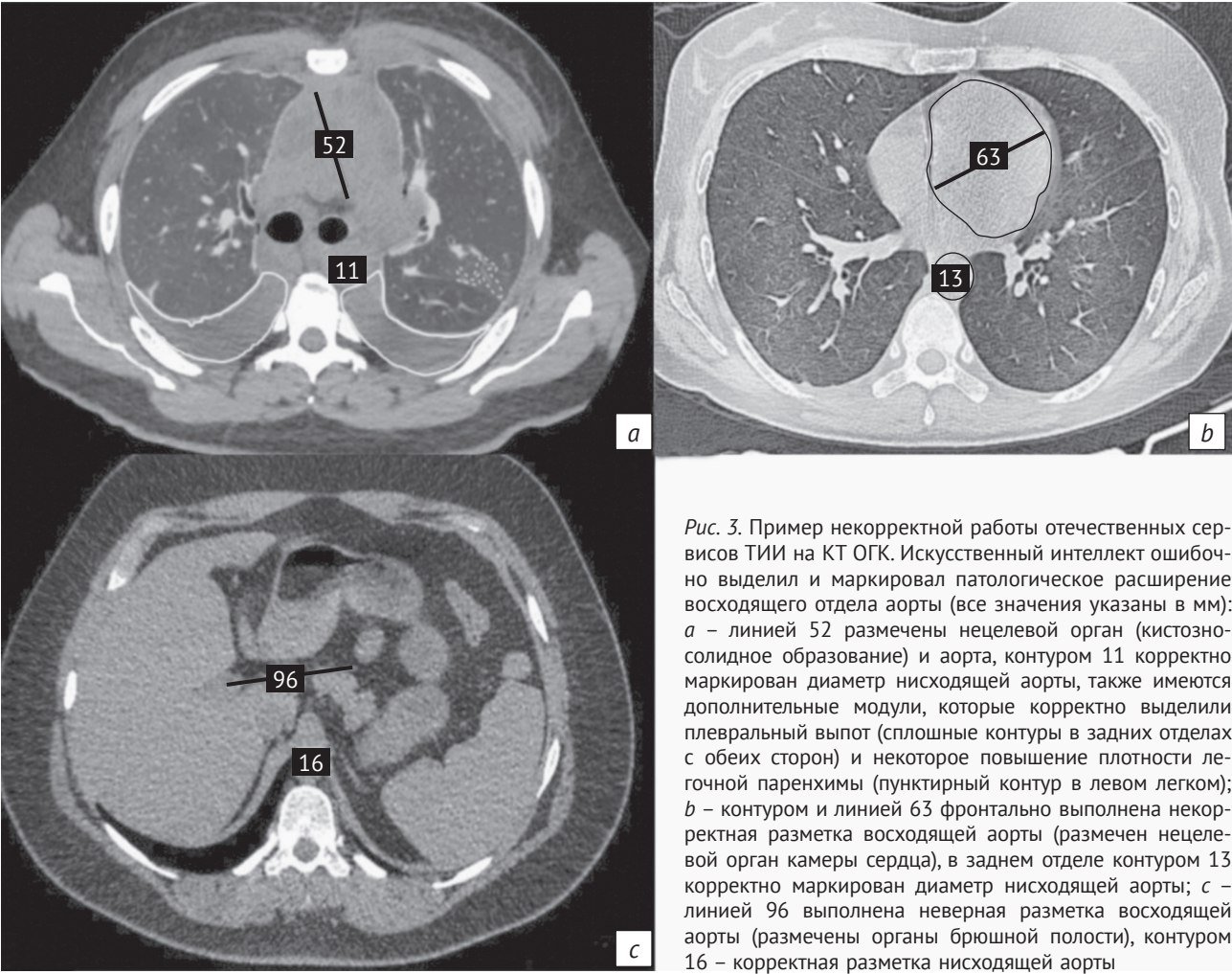


Fig. 3. An example of incorrect operation of Russian AIT services in chest CT. Artificial intelligence mistakenly identified and labeled the pathological dilatation of ascending aorta (all values are indicated in mm): a – line 52 marks the non-target organ (cystic solid formation) and aorta, contour 11 correctly marks the diameter of descending aorta, there are also additional modules correctly marking pleural effusion (solid contours in back sections on both sides) and slightly increased density of pulmonary parenchyma (dotted contour in the left lung); b – an incorrect marking of ascending aorta is performed frontally with contour and line 63 (a non-target organ of heart chamber is marked), the diameter of descending aorta is correctly marked with contour 13 in the posterior section; c – line 96 incorrectly marks the ascending aorta (the abdominal organs are marked), contour 16 correctly marks the descending aorta

Всего выявлено 17 ошибок в работе ТИИ, которые в основном были связаны с некорректной разметкой областей грудной аорты. Средняя вероятность того, что система ТИИ допустит ошибку, составляет 0,17%, и при аппроксимации данной вероятности на общую популяцию пациентов получен 95% ДИ 0,168–0,172.

Обсуждение / Discussion

С помощью алгоритмов ТИИ были обработаны 227 149 КТ-исследований и получены размеры диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты, которые позволили автоматически выявить признаки дилатации аорты у 13,3% населения г. Москвы и признаки аневризмы – у 0,8%, что сопоставимо с данными других исследований [17, 18]. Также рассчитана распространенность предполагаемых аневризм, которая составила 12,4 случая на 100 тыс. человек. В США получены близкие значения: 10 случаев на 100 тыс. человек [12], однако больший показатель распространенности в нашей работе может быть связан с количеством проводимых исследований и их качеством.

Важно подчеркнуть, что нами представлено первое популяционное исследование в России, выполненное на большой выборке с использованием ТИИ. Мы оценивали только два отдела грудной аорты (без дуги аорты), что связано с ограничениями в работе ТИИ, используемых на данный момент. Случаи с аневризмой в дуге грудной аорты требуют отдельного рассмотрения, и их изучение позволит провести более точную оценку распространенности данной патологии.

Частота встречаемости аневризм в мужской популяции более чем в 3 раза превысила показатель в женской популяции (1,2% у мужчин против 0,36% у женщин), и эта тенденция подтверждается другими исследованиями [24, 25]. Следует отметить, что среди пациентов с аневризмой 14% относятся к трудоспособной возрастной группе (от 18 до 59 лет), а также что удельный вес больных с дилатацией и аневризмой увеличивается с возрастом на популяционном уровне: в группе молодого возраста – 1,4% и 0,1%, в группе долгожителей – 25,7% и 1,7% для дилатации и аневризмы соответственно. Такую тенденцию можно объяснить возрастными изменениями [10].

Нами также проанализированы данные по встречаемости аневризм в восходящем и нисходящем отделах грудной аорты. Выявлено, что частота встречаемости аневризмы в этих отделах одинакова и равна 0,4%, но различается по половому признаку. У мужчин чаще выявляются аневризмы в нисходящем отделе (59%), а у женщин – в восходящем (63%). В схожих исследованиях средние

процентные значения встречаемости аневризм в зависимости от расположения оценивались как 45,6% в восходящем отделе, 34,6% в нисходящем и 21,4% в дуге аорты [5].

Увеличение количества обнаруженных аневризм при использовании ТИИ в ретроспективном исследовании подтверждает эффективность и целесообразность применения данного метода на практике, например в качестве вспомогательного инструмента для врачей-рентгенологов при первичной интерпретации рентгенологических исследований [26]. Однако отмечено наличие ложноположительных результатов работы программного обеспечения в низком проценте случаев. Существуют способы минимизации таких ошибок, например мониторинг и дообучение алгоритма [27–29].

Помимо отечественных ТИИ, которые использовались в данном исследовании, имеются зарубежные аналоги для измерения диаметра грудного отдела аорты и выявления аневризм. Выбор ТИИ во многом зависит от метрик качества. Подобные алгоритмы помогают избежать ошибок и могут быть использованы в оппортунистическом скрининге [30, 31]. Также они позволяют ускорить работу врача [30, 31] и представляют собой перспективный инструмент для измерения диаметра аорты [21].

Следует обратить внимание, что в нашем исследовании с помощью ТИИ оценивались только диаметры грудной аорты. При выявлении дилатации или аневризмы аорты пациенты направлялись на уточняющие исследования (эхокардиографию/КТ с контрастированием, магнитно-резонансную томографию) для детальной оценки стенок и просвета аорты (выявление расслоений, язв, гематом и тромбов). Вместе с тем эффективность применения ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений врачом-рентгенологом при анализе результатов КТ ОГК не вызывает сомнений [27, 32–34].

Заключение / Conclusion

Результаты исследования подчеркивают важность оппортунистического скрининга аневризм грудной аорты, особенно у мужчин, для своевременного выявления и предотвращения осложнений этого серьезного заболевания. Они также подтверждают эффективность применения ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений при оценке результатов КТ ОГК. В то же время полученные данные указывают на необходимость контроля со стороны врачей, постоянного мониторинга работы ТИИ и дообучения этих систем для минимизации ошибок.

Литература

1. Нагибина Ю.В., Захарова Л.А. Медико-социальные особенности больных ишемической болезнью сердца и качество жизни. *Российский кардиологический журнал*. 2017; 3: 155–9. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-155-159>.
2. Всемирная организация здравоохранения. 10 ведущих причин смерти в мире. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (дата обращения 12.05.2023).
3. Чернина В.Ю., Блохин И.А., Николаев А.Е. и др. Тактика ведения инциденталом. Раздел 3. Щитовидная железа, гипофиз, сосуды и средостение: методические рекомендации. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»; 2019: 60 с.
4. Ince H, Nienaber CA. Etiology, pathogenesis and management of thoracic aortic aneurysm. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2007; 4(8): 418–27. <https://doi.org/10.1038/ncpcardio0937>.
5. Melo RGE, Duarte GS, Lopes A, et al. Incidence and prevalence of thoracic aortic aneurysms: a systematic review and meta-analysis of population-based studies. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2022; 34(1): 1–16. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2021.02.029>.
6. Клинические рекомендации. Рекомендации по диагностике и лечению заболеваний аорты (2017). Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2018; 11(1): 7–67.
7. Покровский А.В. (ред.) Клиническая ангиология: руководство. В 2 т. М.: Медицина; 2004: 888 с.
8. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Global and regional burden of aortic dissection and aneurysms: mortality trends in 21 world regions, 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 171–80. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.010>.
9. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 159–70. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.009>.
10. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014; 35(41): 2873–926. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>.
11. Olsson C, Thelin S, Ståhle E, et al. Thoracic aortic aneurysm and dissection: increasing prevalence and improved outcomes reported in a nationwide population-based study of more than 14,000 cases from 1987 to 2002. *Circulation*. 2006; 114(24): 2611–8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400>.
12. Lavall D, Schäfers HJ, Böhm M, Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta. *Dtsch Arztebl Int*. 2012; 109(13): 227–33. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0227>.
13. Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg*. 2002; 74(5): 1877–80. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04147-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04147-4).
14. Wong RL, Yang F, Fujikawa T, et al. Pocket-size mobile echocardiographic screening of thoracic aortic aneurysms in hypertensive patients. *Ann Thorac Surg*. 2021; 111(5): 1554–9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsurg.2020.07.018>.
15. Cho JJ, Jang SY, Chang HJ, et al. Aortic aneurysm screening in a high-risk population: a non-contrast computed tomography study in Korean males with hypertension. *Korean Circ J*. 2014; 44(3): 162–9. <https://doi.org/10.4070/kcj.2014.44.3.162>.
16. Kato K, Oguri M, Kato N, et al. Assessment of genetic risk factors for thoracic aortic aneurysm in hypertensive patients. *Am J Hypertens*. 2008; 21(9): 1023–7. <https://doi.org/10.1038/ajh.2008.229>.
17. Иртюга О.Б., Воронкина И.В., Смагина Л.В. и др. Частота выявления аневризмы восходящего отдела аорты и механизм развития по данным регистра ФГБУ ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова. *Бюллетень Федерального Центра сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова*. 2011; 5: 73–8.
18. Кузнецhevский Ф.В., Осипов А.Х., Евсиков Е.М. и др. Распространенность и природа аневризм и расслоений аорты по данным анализа последовательных патологоанатомических вскрытий в течение десяти лет в ГКБ № 15 им. О.М. Филатова. *Российский кардиологический журнал*. 2004; 6: 5–13.
19. Васильев Ю.А., Владимирский А.В. (ред.) Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента. 2-е изд. М.: Издательские решения; 2023: 376 с.
20. Документы по эксперименту mosmed.ai. URL: <https://mosmed.ai/ai/docs/> (дата обращения 16.06.2023).
21. Rueckel J, Reidler P, Fink N, et al. Artificial intelligence assistance improves reporting efficiency of thoracic aortic aneurysm CT follow-up. *Eur J Radiol*. 2021; 134: 109424. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109424>.
22. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области. Население. URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (дата обращения 03.03.2024).
23. Hager A, Kaemmerer H, Rapp-Bernhardt U, et al. Diameters of the thoracic aorta throughout life as measured with helical computed tomography. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 123(6): 1060–6. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.122310>.
24. Etli M, Avnioglu S, Yilmaz H, Karahan O. Investigation of the correlation between cardiac parameters and aortic diameter in patients with ascending aortic aneurysm. *Egypt Hear J*. 2022; 74: 3. <https://doi.org/10.1186/s43044-022-00238-0>.
25. Pearce WH, Slaughter MS, LeMaire S, et al. Aortic diameter as a function of age, gender, and body surface area. *Surgery*. 1993; 114(4): 691–7.
26. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Бондарчук Д.В. и др. Значение технологий искусственного интеллекта для профилактики дефектов в работе врача-рентгенолога. *Врач и информационные технологии*. 2023; 2: 16–27. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_2_16.
27. Васильев Ю.А., Бобровская Т.М., Арзамасов К.М. и др. Основополагающие принципы стандартизации и систематизации информации о наборах данных для машинного обучения в медицинской диагностике. *Менеджер здравоохранения*. 2023; 4: 28–41. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2023-4-28-41>.
28. Четвериков С.Ф., Арзамасов К.М., Андрейченко А.Е. и др. Подходы к формированию выборки для контроля качества работы систем искусственного интеллекта в медико-биологических исследованиях. *Современные технологии в медицине*. 2023; 15(2): 19–25. <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02>.
29. Зинченко В.В., Арзамасов К.М., Четвериков С.Ф. и др. Методология проведения пострегистрационного клинического мониторинга для программного обеспечения с применением технологий искусственного интеллекта. *Современные технологии в медицине*. 2022; 14(5): 15–25. <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.5.02>.

30. de Carvalho Macruz FB, Lu C, Strout J, et al. Quantification of the thoracic aorta and detection of aneurysm at CT: development and validation of a fully automatic methodology. *Radiol Artif Intell*. 2022; 4(2): e210076. <https://doi.org/10.1148/ryai.210076>.
31. Adam C, Fabre D, Mougin J, et al. Pre-surgical and post-surgical aortic aneurysm maximum diameter measurement: full automation by artificial intelligence. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2021; 62(6): 869–77. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.07.013>.
32. Соловьёв А.В., Васильев Ю.А., Синицын В.Е. и др. Вклад систем искусственного интеллекта в улучшение выявления аневризм аорты по данным компьютерной томографии грудной клетки. *Digital Diagnostics*. 2024; 5(1): 29–40. <https://doi.org/10.17816/DD569388>.
33. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621046. MosMedData: КТ с признаками аневризмы брюшного отдела аорты. URL: <https://teledai.ru/documents/svidetelstvo-o-reg-bd-no-2023621046> (дата обращения 12.05.2023).
34. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621262. MosMedData: КТ с признаками аневризмы аорты. URL: <https://teledai.ru/documents/svidetelstvo-o-gosreg-bd-no-2023621262> (дата обращения 12.05.2023).

References

1. Nagibina YuV, Zakharova LA. Life quality, medical and social characteristics of coronary heart disease patients. *Russian Journal of Cardiology*. 2017; 3: 155–9 (in Russ). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-155-159>.
2. World Health Organization. The top 10 causes of death. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (accessed May 12, 2023).
3. Chernina VYu, Blokhin IA, Nikolaev AE, et al. Incident management tactics. Section 3. Thyroid gland, pituitary gland, vessels and mediastinum: methodological recommendations. Moscow: Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; 2019: 60 pp (in Russ).
4. Ince H, Nienaber CA. Etiology, pathogenesis and management of thoracic aortic aneurysm. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2007; 4(8): 418–27. <https://doi.org/10.1038/ncpcardio0937>.
5. Melo RGE, Duarte GS, Lopes A, et al. Incidence and prevalence of thoracic aortic aneurysms: a systematic review and meta-analysis of population-based studies. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2022; 34(1): 1–16. <https://doi.org/10.1053/j.semtcv.2021.02.029>.
6. Clinical guidelines. Guidelines for the diagnosis and treatment of aortic diseases (2017). *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2018; 11(1): 7–67 (in Russ).
7. Pokrovsky AV (Ed). Clinical angiology: guide. In 2 vol. Moscow: Meditsina; 2004: 888 pp (in Russ).
8. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Global and regional burden of aortic dissection and aneurysms: mortality trends in 21 world regions, 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 171–80.e10. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.010>.
9. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 159–70. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.009>.
10. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014; 35(41): 2873–926. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>.
11. Olsson C, Thelin S, Ståhle E, et al. Thoracic aortic aneurysm and dissection: increasing prevalence and improved outcomes reported in a nationwide population-based study of more than 14,000 cases from 1987 to 2002. *Circulation*. 2006; 114(24): 2611–8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400>.
12. Lavall D, Schäfers HJ, Böhm M, Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta. *Dtsch Arztebl Int*. 2012; 109(13): 227–33. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0227>.
13. Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg*. 2002; 74(5): 1877–80. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04147-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04147-4).
14. Wong RL, Yang F, Fujikawa T, et al. Pocket-size mobile echocardiographic screening of thoracic aortic aneurysms in hypertensive patients. *Ann Thorac Surg*. 2021; 111(5): 1554–9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.07.018>.
15. Cho JJ, Jang SY, Chang HJ, et al. Aortic aneurysm screening in a high-risk population: a non-contrast computed tomography study in Korean males with hypertension. *Korean Circ J*. 2014; 44(3): 162–9. <https://doi.org/10.4070/kcj.2014.44.3.162>.
16. Kato K, Oguri M, Kato N, et al. Assessment of genetic risk factors for thoracic aortic aneurysm in hypertensive patients. *Am J Hypertens*. 2008; 21(9): 1023–7. <https://doi.org/10.1038/ajh.2008.229>.
17. Irtyuga OB, Voronkina IV, Smagina LV, et al. The frequency to detect of ascending aorta aneurysms and the mechanism of its development according register of the Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre. *Bulletin of Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre*. 2011; 5: 73–8 (in Russ).
18. Kuznechevsky FV, Osipov AKh, Evsikov EM, et al. The prevalence and nature of aneurysms and aortic dissections according to the analysis of successive pathoanatomical autopsies over ten years at Filatov City Clinical Hospital No. 15. *Russian Journal of Cardiology*. 2004; 6: 5–13 (in Russ).
19. Vasilev YuA, Vladzimirsky AV (Eds). Computer vision in radiation diagnostics: the first stage of the Moscow experiment. 2nd ed. Moscow: Izdatelskie resheniya; 2023: 376 pp (in Russ).
20. Documents on the experiment mosmed.ai. Available at: <https://mosmed.ai/ai/docs/> (in Russ) (accessed June 16, 2023).
21. Rueckel J, Reidler P, Fink N, et al. Artificial intelligence assistance improves reporting efficiency of thoracic aortic aneurysm CT follow-up. *Eur J Radiol*. 2021; 134: 109424. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109424>.
22. Department of the Federal State Statistics Service for Moscow and the Moscow Region. Population. Available at: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (in Russ) (accessed 03.03.2024).
23. Hager A, Kaemmerer H, Rapp-Bernhardt U, et al. Diameters of the thoracic aorta throughout life as measured with helical computed tomography. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 123(6): 1060–6. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.122310>.

24. Etli M, Avnioglu S, Yilmaz H, Karahan O. Investigation of the correlation between cardiac parameters and aortic diameter in patients with ascending aortic aneurysm. *Egypt Hear J*. 2022; 74: 3. <https://doi.org/10.1186/s43044-022-00238-0>.
25. Pearce WH, Slaughter MS, LeMaire S, et al. Aortic diameter as a function of age, gender, and body surface area. *Surgery*. 1993; 114(4): 691–7.
26. Vasilev YuA, Vladzmyrsky AV, Bondarchuk DV, et al. The importance of artificial intelligence technologies for the prevention of defects in radiologist's work. *Medical Doctor and Information Technologies*. 2023; 2: 16–27 (in Russ). https://doi.org/10.25881/18110193_2023_2_16.
27. Vasilev YA, Bobrovskaya TM, Arzamasov KM, et al. Medical datasets for machine learning: fundamental principles of standartization and systematization. *Manager Zdravoohranenia*. 2023; 4: 28–41 (in Russ). <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2023-4-28-41>.
28. Chetverikov SF, Arzamasov KM, Andreichenko AE, et al. Approaches to sampling for quality control of artificial intelligence in biomedical research. *Modern Technologies in Medicine*. 2023; 15(2): 19–25 (in Russ). <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02>.
29. Zinchenko VV, Arzamasov KM, Chetverikov SF, et al. Methodology for conducting post-marketing clinical surveillance of software as a medical device based on artificial intelligence technologies. *Modern Technologies in Medicine*. 2022; 14(5): 15–25 (in Russ). <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.5.02>.
30. de Carvalho Macruz FB, Lu C, Strout J, et al. Quantification of the thoracic aorta and detection of aneurysm at CT: development and validation of a fully automatic methodology. *Radiol Artif Intell*. 2022; 4(2): e210076. <https://doi.org/10.1148/ryai.210076>.
31. Adam C, Fabre D, Mougin J, et al. Pre-surgical and post-surgical aortic aneurysm maximum diameter measurement: full automation by artificial intelligence. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2021; 62(6): 869–77. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.07.013>.
32. Solovev AV, Vasilev YuA, Sinitsyn VE, et al. Improving aortic aneurysm detection with artificial intelligence based on chest computed tomography data. *Digital Diagnostics*. 2024; 5(1): 29–40 (in Russ). <https://doi.org/10.17816/DD569388>.
33. Certificate of database state registration No. 2023621046. MosMedData: CT with signs of abdominal aortic aneurysm. Available at: <https://telemedai.ru/documents/svidetelstvo-o-reg-bd-no-2023621046> (in Russ) (accessed 12.05.2023).
34. Certificate of database state registration No. 2023621262. MosMedData: CT with signs of aortic aneurysm. Available at: <https://telemedai.ru/documents/svidetelstvo-o-gosreg-bd-no-2023621262> (in Russ) (accessed 12.05.2023).



Опыт использования низкодозовой компьютерной томографии у детей и подростков с туберкулезом органов дыхания

Петракова И.Ю.¹, Михайлов С.Г.¹, Тюрин И.Е.^{2,3}, Губкина М.Ф.^{1,4}, Измайлов М.Ю.¹

¹ ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»,
Яузская аллея, 2, Москва, 107564, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,
ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 125993, Российская Федерация

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России,
Каширское ш., 23, Москва, 115478, Российская Федерация

⁴ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»
Минздрава России,
ул. Островитянова, 1, Москва, 117997, Российская Федерация

Петракова Ирина Юрьевна, к. м. н., заведующая детским отделением, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»;
<http://orcid.org/0000-0001-5644-0687>

Михайлов Станислав Глебович, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»;
<http://orcid.org/0000-0001-6534-1592>

Тюрин Игорь Евгеньевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, вед. науч. сотр. отдела лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0003-3931-1431>

Губкина Марина Федоровна, д. м. н., гл. науч. сотр. детско-подросткового отдела ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза», профессор кафедры фтизиатрии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0001-9724-9862>

Измайлов Михаил Юрьевич, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза»
<http://orcid.org/0009-0007-4271-9602>

Резюме

Цель: оценить возможности использования низкодозовой компьютерной томографии (НДКТ) при туберкулезе органов дыхания у детей и подростков.

Материал и методы. Дизайн исследования, включавшего пациентов 2–17 лет с активным туберкулезом органов дыхания и посттуберкулезными изменениями, проходивших лечение в ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза» в 2021–2023 гг., состоял из двух частей: часть 1 (проспективное выборочное исследование) – определение диагностической точности НДКТ в сравнении с КТ со стандартной дозой (СДКТ) независимо двумя рентгенологами у 44 больных при стабилизации туберкулезного процесса, часть 2 – когортная одномоментная оценка качества изображения при НДКТ у 144 пациентов в процессе лечения. СДКТ проводили на компьютерном томографе Somatom Emotion 16 (Siemens, Германия) с использованием алгоритмов фильтрованных обратных проекций, НДКТ – на компьютерном томографе Somatom go.Up с помощью алгоритмов итеративной реконструкции. У детей в возрасте от 2 до 12 лет применяли педиатрические протоколы, у подростков от 13 до 17 лет – стандартные. Лучевую нагрузку оценивали с помощью эффективной дозы (ЭД).

Результаты. В возрастной группе 13–17 лет уровень шума был ниже, а соотношение сигнал/шум – выше при НДКТ для всех анатомических структур, за исключением легочной паренхимы. У пациентов 2–12 лет соотношение сигнал/шум было одинаковым или несколько выше при СДКТ. При субъективной оценке отмечено хорошее качество изображения с высокой корреляционной связью между оценками рентгенологов. Значения ЭД при НДКТ были ниже, чем при СДКТ, в 2,17 раза у подростков и в 1,91 раза у детей. У пациентов 2–3 лет качество изображения существенно зависело от их неподвижности во время обследования, но при условии седации оно было хорошим в 92% случаев.

Заключение. В условиях достаточной неподвижности пациента НДКТ обеспечивает хорошее качество изображения туберкулезных изменений при снижении ЭД по сравнению с СДКТ в 2,17 раза у подростков и в 1,91 раза у детей.

Ключевые слова: низкодозовая компьютерная томография; НДКТ; качество изображения; туберкулез; дети; подростки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания по теме НИР № 122041100210-4 «Комплексный подход к диагностике и лечению туберкулеза органов дыхания у детей и подростков».

Для цитирования: Петракова И.Ю., Михайлов С.Г., Тюрин И.Е., Губкина М.Ф., Измайлов М.Ю. Опыт использования низкодозовой компьютерной томографии у детей и подростков с туберкулезом органов дыхания. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 75–86. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-75-86>

Для корреспонденции: Петракова Ирина Юрьевна, E-mail: irina71petrakova@yandex.ru

Статья поступила 10.05.2024

После доработки 24.07.2024

Принята к печати 25.07.2024

Experience in Using Low-Dose Computed Tomography in Children and Adolescents with Pulmonary Tuberculosis

Irina Yu. Petrakova¹, Stanislav G. Mikhaylov¹, Igor E. Tyurin^{2, 3}, Marina F. Gubkina^{1, 4}, Mikhail Yu. Izmaylov¹

¹ Central Tuberculosis Research Institute, Yauzskaya alleya, 2, Moscow, 107564, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 125993, Russian Federation

³ Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Kashirskoe shosse, 23, Moscow, 115478, Russian Federation

⁴ Pirogov Russian National Research Medical University, ul. Ostrovityanova, 1, Moscow, 117997, Russian Federation

Irina Yu. Petrakova, Cand. Med. Sc., Head of Pediatric Department, Radiologist, Radiology Department, Central Tuberculosis Research Institute; <http://orcid.org/0000-0001-5644-0687>

Stanislav G. Mikhaylov, Radiologist, Radiology Department, Central Tuberculosis Research Institute; <http://orcid.org/0000-0001-6534-1592>

Igor E. Tyurin, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Leading Researcher, Radiology Department, Blokhin National Medical Research Center of Oncology; <http://orcid.org/0000-0003-3931-1431>

Marina F. Gubkina, Dr. Med. Sc., Chief Researcher, Child and Adolescent Department, Central Tuberculosis Research Institute; Professor, Chair of Phthisiology, Pirogov Russian National Research Medical University; <http://orcid.org/0000-0001-9724-9862>

Mikhail Yu. Izmaylov, Anesthesiologist-Resuscitator, Department of Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care, Central Tuberculosis Research Institute <http://orcid.org/0009-0007-4271-9602>

Abstract

Objective: to assess the possibilities of using low-dose computed tomography (LDCT) in children and adolescents with pulmonary tuberculosis (TB).

Material and methods. The design of the study, which included patients aged 2–17 years with active pulmonary TB and post-TB changes treated in Central Tuberculosis Research Institute in 2021–2023, consisted of two parts as follows: part 1 (a prospective selective study) – independent assessment of LDCT vs standard-dose CT (SDCT) diagnostic accuracy by two radiologists in 44 patients with TB process stabilization; part 2 – cohort one-time assessment of LDCT image quality in 144 patients at different phases of TB treatment. LDCT was performed on the Somatom Emotion 16 CT scanner (Siemens, Germany) by filtered back-projection algorithm; SDCT was conducted on the Somatom go.Up CT scanner by iterative reconstruction algorithm. In patients aged 2–12 years, pediatric protocols, and in patients aged 13–17, standard protocols were used. Radiation exposure was evaluated considering the effective dose (ED).

Results. In patients aged 13–17 years, the noise level was lower and the signal-to-noise ratio was higher with LDCT for all anatomical structures, with the exception of pulmonary parenchyma. In patients aged 2–12 years, the signal-to-noise ratio was the same or slightly higher in SDCT. In the subjective assessment, good image quality was noted with a high correlation between the assessments of radiologists. ED was 2.17 times

lower for LDCT than for SDCT in adolescents and 1.91 times lower in children. In patients aged 2–3 years, the quality essentially depended on their immobility during the procedure, though under sedation it was good in 92% of cases.

Conclusion. In conditions of sufficient immobility of the patient, LDCT provided good image quality of tuberculous changes with a decrease in ED compared to SDCT by 2.17 times in adolescents and by 1.91 times in children.

Keywords: low-dose computed tomography; LDCT; image quality; tuberculosis; TB; children; adolescents.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was carried out as part of the State Assignment Research No. 122041100210-4 "The complex approach to diagnosis and treatment of pulmonary tuberculosis in children and adolescents".

For citation: Petrakova IYu, Mikhaylov SG, Tyurin IE, Gubkina MF, Izmaylov MYu. Experience in using low-dose computed tomography in children and adolescents with pulmonary tuberculosis. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 75–86 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-75-86>

For corresponding: Irina Yu. Petrakova, E-mail: irina71petrakova@yandex.ru

Received May 10, 2024

Revised July 24, 2024

Accepted July 25, 2024

Введение / Introduction

Компьютерная томография (КТ) является высокоинформативным диагностическим методом и находит широкое применение в различных областях медицины, в том числе во фтизиатрии. У взрослых ее применение рекомендовано нормативными документами для оценки патологических изменений перед началом лечения, а у детей – при обследовании групп риска с целью выявления заболеваний и при определении показаний к хирургическому лечению [1]. В оценке туберкулезного процесса у детей в настоящее время КТ имеет преимущества перед другими диагностическими методами, так как она доступна и позволяет точно оценивать не только легочную ткань, но и внутригрудные лимфатические узлы (ВГЛУ). В то же время рост числа КТ-исследований в мире и Российской Федерации (РФ) приводит к росту коллективной дозы и вызывает беспокойство в отношении повышения риска развития опухолевых заболеваний [2, 3].

Имеются данные, что высокая радиочувствительность тканей организма детей по сравнению со взрослыми и большее время ожидаемой жизни увеличивают риск реализации стохастических эффектов облучения у педиатрических пациентов [4, 5]. Это требует использования различных мер для снижения лучевой нагрузки – как организационных, так и технических. Уменьшение дозы в определенной мере может быть достигнуто оптимизацией протокола исследования: путем подбора напряжения и силы тока на трубке, экспозиции, питч-фактора, коллимации¹. Однако возможности

изменения данных параметров ограничены, что обусловлено физикой процесса и особенностями затухания рентгеновского излучения [6]. В связи с этим идет постоянный поиск новых технических возможностей для минимизации лучевой нагрузки на пациента.

Совершенствование алгебраической обработки данных и разработка алгоритмов итеративной реконструкции изображения позволили добиться значительного снижения дозы без потери качества изображения. Широко применяемые алгоритмы фильтрованной обратной проекции и алгоритмы итеративной реконструкции различаются методикой устранения шума, который возникает в процессе восстановления так называемых сырых данных – матрицы из вокселей, заполненной сведениями о распределении затухания рентгеновского пучка. При использовании алгоритмов фильтрованной обратной проекции вся реконструкция происходит за один шаг, затем шум устраняется с помощью фильтра. При итеративной реконструкции проводится сравнение восстановленного изображения с исходными данными до устранения различий или пока не будет достигнуто максимальное число итераций. Данный способ был разработан раньше метода фильтрованной обратной проекции, но из-за необходимости громоздких вычислений и программных ограничений стал применяться в клинической практике с 2012 г. В настоящее время алгоритмы итеративной реконструкции используются в компьютерных томографах различных производителей. Отечественные и зарубежные исследования продемонстрировали сохранение или улучшение качества изображения при низкодозовой КТ (НДКТ) с применением алгоритмов итеративной реконструкции [7–16].

Однако попытки приблизить дозу к 1 мЗв, то есть к сравнимой с получаемой при рентгенографии, показали различные результаты в зависимости от степени снижения дозы и клинической

¹ МУ 2.6.1.3387-16. 2.6.1 «Гигиена. Радиационная гигиена. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Радиационная защита детей в лучевой диагностике. Методические указания» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26.07.2016).

ситуации [17, 18]. В настоящее время изучается возможность применения НДКТ в разных сферах медицины. В области пульмонологии наибольшее число работ по использованию НДКТ касается скрининга рака легкого и визуализации проявлений новой коронавирусной инфекции [19–22].

Суммарный срок наблюдения пациентов с туберкулезом в I, а затем III группах диспансерного учета (группы учета для больных с активным и затихающим туберкулезом) – не менее 3,5 лет [23], и многим больным за этот период КТ проводится неоднократно. Поэтому оценка возможности применения НДКТ во фтизиопедиатрии представляет интерес с точки зрения существенного снижения лучевой нагрузки без потери информативности.

Цель – оценить возможности использования НДКТ при туберкулезе органов дыхания у детей и подростков.

Материал и методы / Material and methods

В исследовании участвовали пациенты с различными клиническими формами туберкулеза органов дыхания, проходившие лечение в детском и подростковом отделениях ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза» в 2021–2023 гг.

Дизайн исследования

Исследование имело комбинированный дизайн: часть 1 (проспективное выборочное исследование) – сравнение качества изображения при НДКТ и КТ со стандартной дозой (СДКТ) независимо двумя рентгенологами у 44 пациентов; часть 2 – когортная одномоментная оценка качества изображения при НДКТ у 144 пациентов разных возрастных групп.

Часть 1. Сравнительная оценка качества изображения при СДКТ и НДКТ

Необходимый минимальный объем выборки (44 человека) был рассчитан по методике К.А. Отдельновой с учетом следующих параметров: уровень точности – ориентировочное знакомство, уровень значимости – 0,05, мощность исследования – 95%, численность генеральной совокупности – 6000 (число впервые выявленных больных туберкулезом детей и подростков в РФ за период 2021–2023 гг.).

Таким образом, в часть 1 исследования включено 44 пациента: 33 подростка (возраст 13–17 лет) и 11 детей (возраст 4–12 лет), которым рентгенологический контроль за течением туберкулеза органов дыхания в процессе основного курса лечения и после его завершения проводился методом КТ. Критерии включения: достижение стабильной рентгенологической картины к моменту включения в исследование, отсутствие от-

рицательной клинико-лабораторной динамики туберкулезного процесса между СДКТ и НДКТ, отсутствие острых респираторных заболеваний в течение 1 мес перед КТ, наличие информированного согласия на участие в исследовании. Критерий исключения: наличие других заболеваний органов дыхания.

Интервал между СДКТ и НДКТ составил от 3 до 12 мес. Анализ качества изображения проводился независимо двумя рентгенологами с последующим подсчетом коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Часть 2. Когортная одномоментная оценка качества изображения при НДКТ

Проанализированы результаты 144 КТ-исследований органов грудной клетки, проведенных у детей и подростков с различными клиническими формами туберкулеза органов дыхания и посттуберкулезными изменениями. Критерии включения: наличие информированного согласия на участие в исследовании, отсутствие острых респираторных заболеваний в течение месяца перед КТ. Критерий исключения: наличие других заболеваний органов дыхания.

Пациенты были разделены на четыре группы в зависимости от возрастных особенностей (возможность произвольной регуляции акта дыхания, ростовые скачки): 1-я группа – 2–3 года ($n = 38$), 2-я группа – 4–6 лет ($n = 33$), 3-я группа – 7–12 лет ($n = 33$), 4-я группа – 13–17 лет ($n = 40$). С учетом данных особенностей в 1–3-й группах использовали педиатрический протокол, в 4-й группе – стандартный протокол. Оценку качества изображения проводили внутри каждой группы, а сравнительный анализ – только в 1–3-й группах.

Так как на качество изображения влияют не только физические параметры исследования, но и подвижность пациента, у детей раннего возраста (1-я группа) качество изображения оценивали отдельно для исследований, проведенных в состоянии бодрствования при спонтанном дыхании (подгруппа 1а, $n = 26$) и под седацией (подгруппа 1б, $n = 12$). Состояние седации достигалось внутримышечным введением мидазолама в дозе 0,05–0,15 мг/кг. Показанием к проведению седации был возраст менее 3 лет, у детей в возрасте 3 лет – наличие двигательного возбуждения из-за страха перед исследованием или неудовлетворительное качество предыдущей КТ. Во 2–4-й группах седацию не проводили.

Во всех случаях пациентам до поступления в Центр выполняли КТ органов грудной клетки в разных медицинских учреждениях на разных томографах с толщиной среза от 0,6 до 1,3 мм, что давало предварительное представление об объеме и характере патологических изменений.

Диагностические методы

СДКТ проводили на компьютерном томографе Somatom Emotion 16 (Siemens, Германия) с использованием алгоритмов фильтрованных обратных проекций, НДКТ – на компьютерном томографе Somatom go.Up (Siemens, Германия) с помощью алгоритмов итеративной реконструкции.

У детей старшего возраста и подростков применяли стандартный (взрослый) протокол: толщина томографического среза 0,6–0,8 мм, напряжение на трубке 130 кВ, время оборота трубки 0,8 с, питч-фактор 1,1. У детей младшего возраста использовали педиатрические протоколы: для томографа Somatom Emotion 16 – толщина томографического среза 1,5 мм, напряжение на трубке 110 кВ, время оборота трубки 0,8 с, питч-фактор 1,5; для томографа Somatom go.Up – толщина томографического среза 0,8 мм (для достижения идентичных параметров дополнительно проводилась реконструкция с толщиной среза 1,5 мм), напряжение на трубке 110 кВ, время оборота трубки 0,8 с, питч-фактор 1,5. Уровень тока трубки во всех случаях автоматически устанавливался индивидуально.

Анализ качества изображения

Объективным показателем качества изображения считали показатель шума и соотношение сигнал/шум (С/Ш). Объективный шум (ОШ) вычисляли как среднее SD показателя плотности ткани, измеренной в круговой области интереса (40–100 мм²) на уровнях левого желудочка, подлопаточной мышцы, подкожной жировой клетчатки, нисходящей аорты и легочной ткани верхней доли правого легкого. Показатель С/Ш рассчитывали как частное при делении плотности ткани на ОШ.

Субъективными показателями качества изображения были видимость нормальных анатомических структур (субсегментарные бронхи, легочный интерстиций, жировая клетчатка, ВГЛУ, костные структуры) и патологические изменения (консолидация, очаги в легких, повышенная воздушность легочной ткани, ретикулярные изменения, матовое стекло, кальцинация). Видимость нормальных анатомических структур и патологические изменения оценивали в аксиальной проекции, легочном или абдоминальном окне. Для субъективной оценки качества изображения использовали полуколичественную 4-балльную шкалу: 4 – отличное или хорошее качество; 3 – визуализация затруднена, но качество изображения диагностическое; 2 – визуализация существенно затруднена, качество не диагностическое; 1 – структуры не визуализируются.

Отличное или хорошее качество изображения оценивали одинаково ввиду отсутствия различий в диагностической значимости. Выраженность артефактов определяли также по 4-балльной шкале

в порядке возрастания. Изображения анализировали на одном и том же рабочем месте врача-рентгенолога, оснащенного монитором MultiSync PA27w (NEC, Япония) с разрешением 2560 × 1440, с использованием программы RadiAnt DICOM Viewer 2021.1² (Medixant, Польша). Клинические данные были доступны рентгенологам.

Лучевая нагрузка

Лучевую нагрузку оценивали с помощью эффективной дозы (ЭД), рассчитанной как произведение DLP (Dose Length Product – произведение дозы на длину, или поглощенная доза за все КТ-исследование с учетом протяженности области сканирования и количества повторных сканирований), отраженное в индивидуальном протоколе пациента, и возрастного коэффициента в соответствии с МУ 2.6.1.3584-19³: для 2–7 лет – 0,033 мЗв/(мГр · см), для 7–12 лет – 0,026 мЗв/(мГр · см), для 12–17 лет – 0,016 мЗв/(мГр · см).

Статистический анализ

Статистическую обработку проводили с помощью пакета программ SPSS Statistics 27.0 (IBM, США). Для сравнения средних величин использовали непараметрические критерии: Уилкоксона – для зависимых совокупностей, Краскела–Уоллиса – для независимых совокупностей. Сравнение процентных долей выполняли при помощи критерия χ^2 Пирсона. Для оценки совпадения мнений рентгенологов применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты / Results

Часть 1. Сравнительная оценка качества изображения при СДКТ и НДКТ

Подростки (стандартные протоколы)

Изображения аорты, левого желудочка, мышечной ткани и клетчатки характеризовались более низким шумом и более высоким С/Ш при НДКТ, легкой ткани – при СДКТ (табл. 1).

Все патологические изменения при СДКТ и НДКТ были идентифицированы обоими рентгенологами. Субъективное качество изображения по всем изученным параметрам оценено как хорошее или отличное в 100% случаев при СДКТ и в 97% при НДКТ. Более подробная информация представлена

² <https://www.radiantviewer.com>.

³ МУ 2.6.1.3584-19. 2.6.1 «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Изменения в МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований». Методические указания» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 30 октября 2019 г.).

Таблица 1

Объективная сравнительная оценка качества изображения при компьютерной томографии со стандартной (СДКТ) и низкой (НДКТ) дозой

Table 1

Objective comparative assessment of image quality in standard- (SDCT) and low-dose (LDCT) computed tomography

Ткань / Tissue	Возрастная группа / Age group	Средняя плотность, HU / Mean density, HU		Средний шум, HU / Mean noise, HU			Соотношение сигнал/шум // Signal-to-noise ratio		
		СДКТ / SDCT	НДКТ / LDCT	СДКТ / SDCT	НДКТ / LDCT	p	СДКТ / SDCT	НДКТ / LDCT	p
Аорта / Aorta	Подростки / Adolescents	41,8	43,1	15,9	11,0	<0,001	2,9	4,2	<0,001
	Дети / Children	41,6	48,5	13,9	15,9	>0,050	3,3	3,3	>0,050
Левый желудочек / Left ventricle	Подростки / Adolescents	44,9	47,8	16,1	10,3	<0,001	2,9	5,1	<0,001
	Дети / Children	57,2	45,7	14,5	16,3	>0,050	3,1	3,2	>0,050
Легочная ткань / Lung tissue	Подростки / Adolescents	-895,8	-895,1	56,5	74,5	<0,001	16,6	12,1	<0,001
	Дети / Children	-728,3	-816,2	30,5	33,6	>0,050	33,3	25,0	>0,050
Мышцы / Muscular tissue	Подростки / Adolescents	60,2	57,0	15,2	11,6	<0,001	4,1	4,9	<0,001
	Дети / Children	57,7	56,1	10,9	17,3	<0,050	5,6	3,8	<0,050
Клетчатка / Cellular tissue	Подростки / Adolescents	-95,4	-97,3	14,9	11,9	<0,001	6,6	8,2	<0,001
	Дети / Children	-110,5	-109,3	5,6	15,5	<0,050	10,2	7,1	<0,050

в таблице 2. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между оценками рентгенологов для нормальных анатомических структур составил 0,96 при СДКТ (весьма высокая степень связи по шкале Чеддока, $p < 0,05$) и 0,82 при НДКТ (высокая степень связи, $p < 0,05$), для патологических изменений – 1,00 для СДКТ (полная корреляционная связь, $p < 0,05$) и 0,91 для НДКТ (весьма высокая степень связи, $p < 0,05$). Средняя ЭД при СДКТ составила $4,12 \pm 1,10$ мЗв, при НДКТ – $1,89 \pm 0,45$ мЗв ($p < 0,05$).

Дети (педиатрические протоколы)

При объективной оценке качества изображений, полученных с использованием детских протоколов, соотношение С/Ш было идентичным для легочной ткани, аорты, левого желудочка, а для мышечной ткани и жировой клетчатки оказалось несколько выше при СДКТ (см. табл. 1). При этом субъективное качество изображения по всем изученным параметрам оценено как хорошее или отличное в 8 из 10 случаев при СДКТ и в 8 из 10 – при НДКТ. В 2 из 10 случаев как при СДКТ, так и при НДКТ изображение было пригодным для ограни-

ченной интерпретации из-за артефактов, связанных с подвижностью пациента (см. табл. 2). Коэффициент ранговой корреляции Спирмена между оценками рентгенологов для нормальных анатомических структур составил 0,7 при СДКТ (высокая степень связи по шкале Чеддока, $p < 0,05$) и 0,92 при НДКТ (весьма высокая степень связи, $p < 0,05$), для патологических изменений – 0,95 при СДКТ и 0,78 при НДКТ (высокая степень связи, $p < 0,05$). Средняя ЭД при СДКТ составила $3,25 \pm 0,8$ мЗв, при НДКТ – $1,70 \pm 0,43$ мЗв ($p < 0,05$).

Общие выводы

Таким образом, сравнение качества изображений органов грудной клетки при СДКТ и НДКТ у подростков продемонстрировало более низкий уровень шума и более высокое соотношение С/Ш при НДКТ для всех проанализированных структур (аорта, левый желудочек сердца, мышечная ткань и клетчатки), за исключением легочной паренхимы. При использовании педиатрических протоколов соотношение С/Ш было одинаковым или несколько более высоким при СДКТ. Субъективное качество изображения в большинстве случаев как у детей,

Таблица 2

**Субъективная сравнительная оценка качества изображения при компьютерной томографии
со стандартной (СДКТ) и низкой (НДКТ) дозой**

Table 2

**Subjective comparative assessment of image quality in standard- (SDCT)
and low-dose (LDCT) computed tomography**

Параметр / Parameter	Возрастная группа / Age group	Качество изображения (средний балл) / Image quality (mean score)			
		СДКТ / SDCT		НДКТ / LDCT	
		P1 / R1	P2 / R2	P1 / R1	P2 / R2
Артефакты / Artifacts					
Артефакты движения / Motion artifacts	Подростки / Adolescents	1,2 ±0,48	1,2±0,36	1,3±0,52	1,2±0,36
	Дети / Children	1,6±0,67	1,9±0,70	1,4±0,50	1,4±0,67
Артефакты перехода сред / Media transition artifacts	Подростки / Adolescents	1,2±0,50	1,1±0,33	1,2±0,36	1,2±0,36
	Дети / Children	1,4±0,67	1,7±0,78	1,5±0,82	1,4±0,67
Видимость нормальных анатомических структур / Visibility of normal anatomical structures					
Субсегментарные бронхи / Subsegmentary bronchi	Подростки / Adolescents	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children	3,7±0,47	4,0	4,0	4,0
Легочный интерстиций / Lung interstitium	Подростки / Adolescents	4,0	4,0	3,8±0,36	4,0
	Дети / Children	4,0	3,8±0,40	4,0	4,0
Междолевые щели / Interlobar fissures	Подростки / Adolescents	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children	4,0	4,0	4,0	4,0
Внутригрудные лимфатические узлы / Intrathoracic lymph nodes	Подростки / Adolescents	4,0	4,0	3,9±0,24	3,9±0,24
	Дети / Children	4,0	4,0	4,0	4,0
Костная структура / Bone structure	Подростки / Adolescents	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children	4,0	4,0	4,0	4,0
Клетчатка / Cellular tissue	Подростки / Adolescents	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children	4,0	4,0	4,0	4,0
Видимость патологических изменений / Visibility of pathological changes					
Консолидация / Consolidation	Подростки / Adolescents (n=14)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children (n=2)	4,0	4,0	4,0	4,0
Паренхиматозные тяжи / Parenchymal strands	Подростки / Adolescents (n=27)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children (n=9)	4,0	4,0	4,0	4,0
Утолщение плевры / Pleural thickening	Подростки / Adolescents (n=10)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children (n=2)	4,0	4,0	4,0	4,0
Очаги / Foci	Подростки / Adolescents (n=21)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children (n=5)	4,0	3,8±0,45	4,0	3,8±0,45
Матовое стекло / Ground glass opacity	Подростки / Adolescents (n=4)	4,0	4,0	3,8±0,50	4,0
	Дети / Children	–	–	–	–
Кальцинаты / Calcinates	Подростки / Adolescents (n=21)	4,0	4,0	4,0	4,0
	Дети / Children (n=9)	3,8±0,33	3,8±0,33	4,0	4,0

Примечание. P1 – рентгенолог 1; P2 – рентгенолог 2.

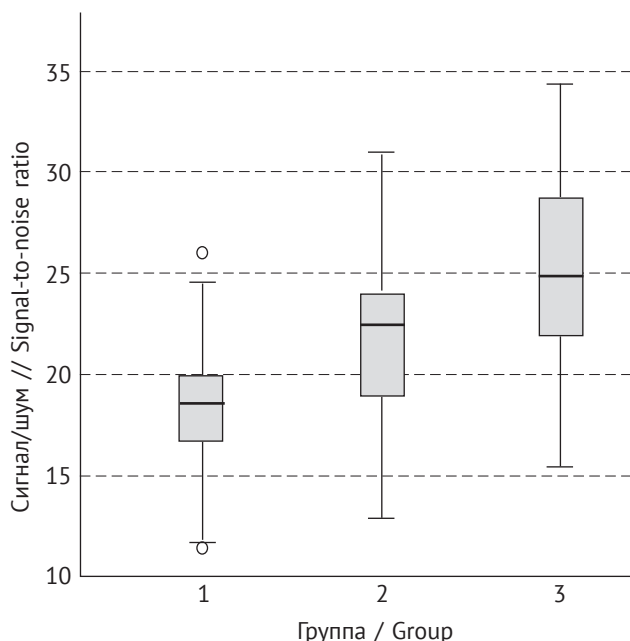
Note. R1 – Radiologist 1; R2 – Radiologist 2.

так и у подростков определено как хорошее или отличное с высокой корреляционной связью между оценками рентгенологов. Визуализация при НДКТ была хуже в единичных случаях для легочного интерстиция и уплотнения легочной ткани по типу матового стекла при использовании как педиатрического, так и взрослого протокола. Однако эти изменения ни в одном случае не являлись единственными у больных туберкулезом, и оценка динамики заболевания проводилась преимущественно по другим КТ-паттернам. При этом уровень лучевой нагрузки при НДКТ был ниже, чем при СДКТ, в 2,17 раза у подростков и в 1,91 раза у детей.

Так как педиатрический протокол при СДКТ изначально характеризовался большей толщиной томографического среза при более высокой лучевой нагрузке, а качество изображения при НДКТ было диагностическим, набор пациентов по этическим соображениям был ограничен рассчитанным минимальным объемом выборки, и в дальнейшем проводилось когортное исследование, результаты которого представлены ниже.

Часть 2. Когортная одномоментная оценка качества изображения при НДКТ в разных возрастных группах

Соотношение С/Ш составило от 3,27 до 25,01 для различных тканей и было максимальным для легочной паренхимы. Для легочной паренхимы в 1–3-й группах показатели увеличивались с возрастом пациентов ($p < 0,05$) (см. рисунок).



Соотношение сигнал/шум для легочной паренхимы в исследуемых группах

Signal-to-noise ratio for pulmonary parenchyma in the study groups

Выраженность артефактов уменьшалась с возрастом в связи с возможностью адекватной задержки дыхания и в 3-й группе в большинстве случаев не превышала 1 балла. Среди пациентов младшего возраста без проведения седации уровень артефактов оценивался в 2–3 балла, в условиях седации он составил 1–2 балла и не отличался от 2-й группы. Худшая визуализация субсегментарных бронхов, ВГЛУ и междолевых щелей в 1-й группе была связана не только с наличием артефактов, но и с возрастными анатомическими особенностями (меньшее развитие жировой клетчатки средостения, меньший размер дыхательных путей, незаконченное формирование листков плевры). Данные приведены в таблице 3.

Из патологических изменений у детей наиболее часто встречались тяжистые уплотнения легочной паренхимы (53,8%), кальцинаты во ВГЛУ и легочной ткани (51,0%), утолщение плевральных листков (40,4%) и консолидация (26,9%). Уплотнение легочной ткани по типу матового стекла определялось реже (15,4% случаев). Полости, участки вздутия легочной ткани и ретикулярные изменения встречались в единичных случаях. У подростков рентгенологические проявления заболевания были более разнообразны: тяжистые уплотнения легочной паренхимы – 31 случай (77,5%), симптом консолидации – 19 (47,5%), очаги – 18 (45,0%), кальцинация в легких или ВГЛУ – 18 (45,0%), утолщение листков плевры различной протяженности – 16 (40,0%), участки уплотнения по типу матового стекла – 11 (27,5%), полости – 7 (17,5%), ретикулярные изменения – 7 (17,5%).

Во всех возрастных группах визуализация участков консолидации, тяжей, плевральных изменений не представляла затруднений. Оценка очагов в легочной ткани и кальцинатов в ряде случаев осложнялась наличием артефактов при недостаточной неподвижности пациента, но при удовлетворительном уровне седации была хорошей. Зоны повышенной воздушности и ретикулярные изменения визуализировались менее отчетливо по сравнению с другими патологическими изменениями, но не являлись единственными или ведущими для оценки патологического процесса. Оценки видимости патологических изменений более подробно представлены в таблице 4.

В целом качество КТ-изображений во 2-й и 3-й группах было оценено как хорошее в большинстве случаев: 27 (82%) и 33 (100%) соответственно. В 1-й группе из 11 исследований, проведенных с седацией (подгруппа 1b), хорошее качество изображения получено в 12 случаях (92%). При отсутствии седации такое качество получали значительно реже – в 12 из 27 исследований (44%) ($\chi^2 = 5,2$; $p < 0,05$). В 13 из 27 случаев (49%) в подгруппе 1a качество было пригодным

Таблица 3

Выраженность артефактов и видимость нормальных анатомических структур в исследуемых группах

Table 3

Manifestation of artifacts and visibility of normal anatomical structures in the studied groups

Параметр / Parameter	Качество изображения (средний балл) / Image quality (mean score)				
	1-я группа / Group 1		2-я группа / Group 2	3-я группа / Group 3	4-я группа / Group 4
	1a	1b			
Артефакты / Artifacts					
Артефакты движения / Motion artifacts	2,2±0,75	1,7±0,78	1,5±0,67	1,1±0,41	1,3±0,5
Артефакты перехода сред / Media transition artifacts	2,2±0,86	1,5±0,69	1,5±0,62	1,1±0,41	1,1±0,3
Видимость нормальных анатомических структур / Visibility of normal anatomical structures					
Субсегментарные бронхи / Subsegmentary bronchi	3,3±0,87	3,2±1,14	3,7±0,46	3,9±0,24	4,00
Легочный интерстиций / Lung interstitium	3,5±0,51	3,7±0,47	3,7±0,48	3,7±0,48	3,9±0,4
Междолевые щели / Interlobar fissures	3,5±0,58	3,4±0,92	4,00	4,00	4,00
Внутригрудные лимфатические узлы / Intrathoracic lymph nodes	3,1±0,81	3,1±1,27	3,6±0,67	3,9±0,33	4,00
Костная структура / Bone structure	3,7±0,47	3,7±0,47	3,9±0,25	3,9±0,24	4,00
Клетчатка / Cellular tissue	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Таблица 4

Видимость патологических изменений в исследуемых группах

Table 4

Visibility of pathological changes in the studied groups

Параметр / Parameter	Видимость патологических изменений (средний балл) / Visibility of pathological changes (mean score)				
	1-я группа / Group 1		2-я группа / Group 2	3-я группа / Group 3	4-я группа / Group 4
	1a	1b			
Консолидация / Consolidation	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Полости / Cavities	–	–	–	4,00	4,00
Вздутие / Swelling	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00
Тяжи / Strands	4,00	4,00	3,94±0,24	4,00	4,00
Плевра / Pleura	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Очаги / Foci	3,67±0,50	4,00	3,85±0,38	4,00	4,00
Матовое стекло / Ground-glass opacity	4,00	4,00	4,00	3,89±0,33	3,70±0,48
Кальцинаты / Calcinates	3,89±0,32	4,00	4,00	4,00	4,00
Ретикулярные изменения / Reticular changes	–	–	–	4,00	3,71±0,52

для ограниченной интерпретации, так как позволяло исключить прогрессирование туберкулезного процесса при наличии предыдущего КТ-исследования и соответствующих клинических данных.

Неудовлетворительное качество изображения, непригодное для клинической интерпретации за счет артефактов движения, отмечалось в единичных случаях в 1-й и 2-й группах (по 1 случаю).

Средние значения DLP в 1-й группе были равны $28,2 \pm 5,01$ мЗв/(мГр·см), во 2-й группе – $36,95 \pm 6,78$ мЗв/(мГр·см), в 3-й группе – $51,67 \pm 11,96$ мЗв/(мГр·см). Средняя ЭД в 1-й группе составила $1,26 \pm 0,25$ мЗв, во 2-й группе – $1,20 \pm 0,22$ мЗв, в 3-й группе – $1,59 \pm 0,58$ мЗв.

У подростков (4-я группа) качество изображения было расценено как хорошее во всех случаях. Основные для оценки туберкулезного процесса рентгенологические паттерны так же, как и у детей, визуализировались без затруднений. Средний показатель DLP составил $113,80 \pm 21,64$ мЗв/(мГр·см), а средняя ЭД – $2,06 \pm 1,92$ мЗв.

Обсуждение / Discussion

Проведенное исследование в части 1 имеет ограничения, обусловленные способом формирования выборки, так как оценивались формирующиеся посттуберкулезные изменения, представленные преимущественно очагами, тяжистыми уплотнениями легочной паренхимы, кальцинатами в легких и ВГЛУ. Однако оценка изменений, характерных для активного туберкулезного процесса (консолидация, уплотнение по типу матового стекла) в части 2 показала хорошее качество изображений, и у пациентов,

включенных в исследование, при последующем наблюдении не было необходимости проводить СДКТ ни в одном случае.

Наши данные, как и в исследовании E. Strazinger et al. [18], показывают, что получение диагностического качества изображения у детей раннего возраста в большей степени зависит от неподвижности пациента и возрастных анатомических особенностей, нежели от технических параметров.

Заключение / Conclusion

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- НДКТ у детей и подростков с туберкулезом органов дыхания при условии достаточной неподвижности пациента позволяет обеспечить хорошее качество отображения нормальных анатомических структур и патологических изменений, являющихся ведущими в оценке туберкулезного процесса;
- ЭД при НДКТ в исследуемой выборке при НДКТ ниже, чем при СДКТ, в 2,17 раза у подростков и в 1,91 раза у детей;
- при отсутствии КТ-архива у детей в возрасте 2–3 лет необходимо проведение седации во избежание неадекватной оценки кальцинатов во ВГЛУ и очагов в легких.

Литература

1. Туберкулез у взрослых. Клинические рекомендации. 2020. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/16_1 (дата обращения 14.02.2024).
2. Communicating radiation risks in paediatric imaging: Information to support healthcare discussions about benefit and risk. 2016. World Health Organization. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/978924151034> (дата обращения 14.02.2024).
3. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Барышков Н.К. и др. (сост.) Дозы облучения населения Российской Федерации в 2019 году. Информационный сборник. СПб.: Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. П.В. Рамзаева; 2020: 70 с.
4. Meulepas JM, Ronckers CM, Smets AMJB, et al. Radiation exposure from pediatric CT scans and subsequent cancer risk in the Netherlands. *J Natl Cancer Inst.* 2019; 111(3): 256–63. <https://doi.org/10.1093/jnci/djy104>.
5. Nikkilä A, Raitanen J, Lohi O, Auvinen A. Radiation exposure from computerized tomography and risk of childhood leukemia: Finnish register-based case-control study of childhood leukemia (FRECCLE). *Haematologica.* 2018; 103(11): 1873–80. <https://doi.org/10.3324/haematol.2018.187716>.
6. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 194(4): 868–73. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.4091>.
7. Силин А.Ю., Груздев И.С., Морозов С.П. Влияние модельной итеративной реконструкции на качество изображения при стандартной и низкодозной компьютерной томографии органов грудной клетки. Экспериментальное исследование. Клиническая практика. 2020; 11(4): 49–54. <https://doi.org/10.17816/clinpract34900>.
8. Ichikawa Y, Kitagawa K, Nagasawa N, et al. CT of the chest with model-based, fully iterative reconstruction: comparison with adaptive statistical iterative reconstruction. *BMC Med Imaging.* 2013; 13: 27. <https://doi.org/10.1186/1471-2342-13-27>.
9. den Harder AM, Willemink MJ, Budde RP, et al. Hybrid and model-based iterative reconstruction techniques for pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2015; 204(3): 645–53. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.12590>.
10. Thapaliya S, Gilligan LA, Brady SL, et al. Comparison of 0.3-mSv CT to standard-dose CT for detection of lung nodules in children and young adults with cancer. *AJR Am J Roentgenol.* 2021; 217(6): 1444–51. <https://doi.org/10.2214/AJR.21.26183>.
11. Беркович Г.В., Чипига Л.А., Водоватов А.В. и др. Оптимизация низкодозового протокола сканирования органов грудной клетки в диагностике очагов по типу «матового стекла» с применением алгоритмов итеративных реконструкций. Лучевая диагностика и терапия. 2019; 4: 20–32. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-4-20-32>.
12. Вишневская А.В., Кондратьев Е.В. Снижение эффективной дозы облучения при МСКТ-перфузии головного мозга с использованием итеративных реконструкций. Медицинская визуализация. 2013; 3: 41–51.
13. Rampinelli C, Origgi D, Vecchi V, et al. Ultra-low-dose CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): detection of ground-glass nodules in an anthropomorphic phantom study. *Radiol Med.* 2015; 120(7): 611–7. <https://doi.org/10.1007/s11547-015-0505-5>.

14. Nakajo C, Heinzer S, Montandon S, et al. Chest CT at a dose below 0.3 mSv: impact of iterative reconstruction on image quality and lung analysis. *Acta Radiol.* 2016; 57(3): 311–7. <https://doi.org/10.1177/0284185115578469>.
15. Padole A, Singh S, Ackman JB, et al. Submillisievert chest CT with filtered back projection and iterative reconstruction techniques. *AJR Am J Roentgenol.* 2014; 203(4): 772–81. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12312>.
16. Sun J, Zhang Q, Hu D, et al. Feasibility study of using one-tenth mSv radiation dose in young children chest CT with 80 kVp and model-based iterative reconstruction. *Sci Rep.* 2019; 9(1): 12481. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48946-z>.
17. Villanueva-Meyer JE, Naeger DM, Courtier JL, et al. Pediatric chest CT at chest radiograph doses: when is the ultralow-dose chest CT clinically appropriate? *Emerg Radiol.* 2017; 24(4): 369–76. <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1487-5>.
18. Stranzinger E, Schindera S, Cullmann J, et al. Pediatric CT of the Lung: influences on image quality. *Open J Radiol.* 2013; 3(1): 45–50. <https://doi.org/10.4236/ojrad.2013.31007>.
19. Гомболевский В.А., Барчук А.А., Лайпан А.Ш. и др. Организация и эффективность скрининга злокачественных новообразований легких методом низкодозной компьютерной томографии. *Радиология – практика.* 2018; 1: 28–36.
20. Гусамова Н.В. и др. Скрининг рака легкого методом НДКТ. Результаты за 2015–2017 годы КГБУЗ «Красноярский краевой клинический онкологический диспансер им. А.И. Крыжановского». В кн.: Современные достижения онкологии в клинической практике: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск: РПФ «СМиК»; 2017: 210.
21. Морозов С.П., Гомболевский В.А., Владимирский А.В. и др. Результаты первого года скрининга рака легкого с помощью низкодозной компьютерной томографии в Москве. *Вопросы онкологии.* 2019; 65(2): 224–33.
22. Беркович Г.В., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Труфанов Г.Е. Результаты апробации комплексной экспертной оценки качества КТ-изображений органов грудной клетки, полученных на низкодозовых протоколах сканирования с применением методов итеративных реконструкций. В кн.: Конгресс российского общества рентгенологов и радиологов: сборник тезисов конференции. СПб.: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье»; 2021: 36–7.
23. Приказ Минздрава России от 13.03.2019 № 127н «Об утверждении порядка диспансерного наблюдения за больными туберкулезом, лицами, находящимися в контакте с источниками туберкулеза, а также лицами с подозрением на туберкулез и излеченными от туберкулеза и признании утратившими силу пунктов 16–17 Порядка оказания медицинской помощи больным туберкулезом, утвержденного приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 ноября 2012 г. № 932н». URL: <https://base.garant.ru/72725106/> (дата обращения 14.02.2024).

References

1. Tuberculosis in adults. Clinical guidelines. 2020. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/16_1 (in Russ.) (accessed February 14, 2024).
2. Communicating radiation risks in paediatric imaging: Information to support healthcare discussions about benefit and risk. 2016. World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/publications/i/item/978924151034> (accessed February 14, 2024).
3. Barkovsky AN, Akhmatdinov RR, Baryshkov NK, et al. (Comp) Radiation doses of the population of the Russian Federation in 2019. Information collection. Saint Petersburg; Ramzaev Saint Petersburg Scientific Research Institute of Radiation Hygiene: 2020: 70 pp (in Russ).
4. Meulepas JM, Ronckers CM, Smets AMJB, et al. Radiation exposure from pediatric CT scans and subsequent cancer risk in the Netherlands. *J Natl Cancer Inst.* 2019; 111(3): 256–63. <https://doi.org/10.1093/jnci/djy104>.
5. Nikkilä A, Raitanen J, Lohi O, Auvinen A. Radiation exposure from computerized tomography and risk of childhood leukemia: Finnish register-based case-control study of childhood leukemia (FRECCLE). *Haematologica.* 2018; 103(11): 1873–80. <https://doi.org/10.3324/haematol.2018.187716>.
6. Strauss KJ, Goske MJ, Kaste SC, et al. Image gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR Am J Roentgenol.* 2010; 194(4): 868–73. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.4091>.
7. Silin AY, Gruzdev IS, Morozov SP. The influence of model iterative reconstruction on the image quality in standard and low-dose computer tomography of the chest. *Experimental study. Journal of Clinical Practice.* 2020; 11(4): 49–54 (in Russ). <https://doi.org/10.17816/clinpract34900>.
8. Ichikawa Y, Kitagawa K, Nagasawa N, et al. CT of the chest with model-based, fully iterative reconstruction: comparison with adaptive statistical iterative reconstruction. *BMC Med Imaging.* 2013; 13: 27. <https://doi.org/10.1186/1471-2342-13-27>.
9. den Harder AM, Willemink MJ, Budde RP, et al. Hybrid and model-based iterative reconstruction techniques for pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol.* 2015; 204(3): 645–53. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.12590>.
10. Thapaliya S, Gilligan LA, Brady SL, et al. Comparison of 0.3-mSv CT to standard-dose CT for detection of lung nodules in children and young adults with cancer. *AJR Am J Roentgenol.* 2021; 217(6): 1444–51. <https://doi.org/10.2214/AJR.21.26183>.
11. Berkovich GV, Chipiga LA, Vodovатов AV, et al. Optimization of low-dose chest CT protocols for the evaluation of the ground glass nodules using different iterative reconstruction algorithms. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy.* 2019; 4: 20–32 (in Russ). <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-4-20-32>.
12. Vishnevskaya AV, Kondratyev EV. Effective dose reduction in MSCT brain perfusion by using iterative reconstruction. *Medical Visualization.* 2013; 3: 41–51 (in Russ).
13. Rampinelli C, Origgi D, Vecchi V, et al. Ultra-low-dose CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): detection of ground-glass nodules in an anthropomorphic phantom study. *Radiol Med.* 2015; 120(7): 611–7. <https://doi.org/10.1007/s11547-015-0505-5>.
14. Nakajo C, Heinzer S, Montandon S, et al. Chest CT at a dose below 0.3 mSv: impact of iterative reconstruction on image quality and lung analysis. *Acta Radiol.* 2016; 57(3): 311–7. <https://doi.org/10.1177/0284185115578469>.

15. Padole A, Singh S, Ackman JB, et al. Submillisievert chest CT with filtered back projection and iterative reconstruction techniques. *AJR Am J Roentgenol*. 2014; 203(4): 772–81. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12312>.
16. Sun J, Zhang Q, Hu D, et al. Feasibility study of using one-tenth mSv radiation dose in young children chest CT with 80 kVp and model-based iterative reconstruction. *Sci Rep*. 2019; 9(1): 12481. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48946-z>.
17. Villanueva-Meyer JE, Naeger DM, Courtier JL, et al. Pediatric chest CT at chest radiograph doses: when is the ultralow-dose chest CT clinically appropriate? *Emerg Radiol*. 2017; 24(4): 369–76. <https://doi.org/10.1007/s10140-017-1487-5>.
18. Stranzinger E, Schindera S, Cullmann J, et al. Pediatric CT of the Lung: influences on image quality. *Open J Radiol*. 2013; 3(1): 45–50. <https://doi.org/10.4236/ojrad.2013.31007>.
19. Gombolevsky VA, Barchuk AA, Laipan AS, et al. Lung cancer screening with low-dose computed tomography: management and efficiency. *Radiology – Practice*. 2018; 1: 28–36 (in Russ).
20. Gusamova NV, et al. Lung cancer screening by NDCT. Results for 2015–2017 in Kryzhanovsky Krasnoyarsk Regional Clinical Oncological Dispensary. In: Current achievements of oncology in clinical practice: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk; 2017: 210 (in Russ).
21. Morozov SP, Gombolevsky VA, Vladzimirskiy AV, et al. Low-dose computed tomography in Moscow for lung cancer screening (LDCT-MLCS): baseline results. *Voprosy onkologii*. 2019; 65(2): 224–33 (in Russ).
22. Berkovich GV, Vodovatov AV, Chipiga LA, Trufanov GE. Results of approbation of a comprehensive expert assessment of chest CT images quality obtained using low-dose scanning protocols with iterative reconstruction methods. In: Congress of the Russian Society of Radiologists and Radiologists: collection of conference abstracts. Saint Petersburg: Saint Petersburg Public Organization “Human and Health”; 2021: 36–7 (in Russ).
23. Order of the Ministry of Health of the RF dated March 13, 2019, No. 127n “On approval of the procedure for dispensary monitoring of tuberculosis patients, persons in contact with tuberculosis sources, as well as persons suspected of tuberculosis and cured of tuberculosis and invalidation of paragraphs 16-17 of the Procedure for providing medical care to tuberculosis patients, approved by the Order of the Ministry of Health of the RF dated November 15, 2012, No. 932n”. Available at: <https://base.garant.ru/72275106/> (in Russ.) (accessed February 14, 2024).



Первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома надпочечников как одна из редких причин паранеопластической полирадикулонейропатии

Шестаков Д.В., Посметухова К.А., Алиева А.Т.

Некоммерческое акционерное общество «Медицинский университет Караганды»,
ул. Гоголя, 40, Караганда, 100000, Республика Казахстан

Шестаков Дмитрий Владимирович, врач-резидент рентгенолог НАО «Медицинский университет Караганды»;
<http://orcid.org/0000-0001-7251-093X>

Посметухова Кристина Андреевна, врач-резидент рентгенолог НАО «Медицинский университет Караганды»

Алиева Алия Тельманкызы, врач-резидент рентгенолог НАО «Медицинский университет Караганды»

Резюме

В статье представлен подробный анализ клинического наблюдения первичной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы надпочечников – редкого заболевания, которое поражает менее 1% пациентов с неходжкинскими лимфомами. Описан случай 46-летнего мужчины, госпитализированного с прогрессирующим параличом конечностей, который впоследствии был диагностирован как паранеопластическая полирадикулонейропатия, связанная с двусторонней лимфомой надпочечников. Обсуждаются сложности диагностики данной патологии, включая неоднозначные результаты визуализационных исследований и необходимость гистологической верификации для подтверждения диагноза. Основное внимание уделено уникальности клинических проявлений и значимости раннего распознавания симптомов для улучшения прогностических результатов при высокоагрессивных формах заболевания. Также подчеркнута необходимость междисциплинарного подхода в ведении таких пациентов с участием онкологов, эндокринологов и неврологов для оптимизации диагностического и терапевтического процессов.

Ключевые слова: первичная лимфома надпочечников; паранеопластическая полирадикулонейропатия; диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома; клинический случай.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шестаков Д.В., Посметухова К.А., Алиева А.Т. Первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома надпочечников как одна из редких причин паранеопластической полирадикулонейропатии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 87–92. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-87-92>

Для корреспонденции: Шестаков Дмитрий Владимирович, E-mail: dshestakov008@gmail.com

Статья поступила 29.05.2024

После доработки 25.06.2024

Принята к печати 09.07.2024

Primary Diffuse Large B-Cell Lymphoma of the Adrenal Glands: a Rare Cause of Paraneoplastic Neuropathy

Dmitriy V. Shestakov, Kristina A. Posmetukhova, Äliya T. Älieva

Karaganda Medical University,
ul. Gogolya, 40, Karaganda, 100000, The Republic of Kazakhstan

Dmitriy V. Shestakov, Resident Radiologist, Karaganda Medical University;
<http://orcid.org/0000-0001-7251-093X>

Kristina A. Posmetukhova, Resident Radiologist, Karaganda Medical University

Äliya T. Älieva, Resident Radiologist, Karaganda Medical University

Abstract

The article presents a detailed analysis of clinical observation of primary diffuse large B-cell lymphoma of the adrenal glands, a rare disease affecting less than 1% of patients with non-Hodgkin's lymphomas. It describes the case of a 46-year-old man hospitalized with progressive limb paralysis, later diagnosed

as paraneoplastic polyradiculoneuropathy associated with bilateral adrenal lymphoma. The diagnostic challenges of this pathology, including ambiguous imaging results and the need for histological verification to confirm the diagnosis are discussed. Special attention is paid to the uniqueness of clinical manifestations and the importance of early symptom recognition to improve prognostic outcomes in highly aggressive forms of the disease. The necessity of multidisciplinary approach in managing such patients with the participation of oncologists, endocrinologists, and neurologists to optimize diagnostic and therapeutic processes is also emphasized.

Keywords: primary adrenal lymphoma; paraneoplastic polyradiculoneuropathy; diffuse large B-cell lymphoma; case report.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Shestakov DV, Posmetukhova KA, Älieva ÄT. Primary diffuse large B-cell lymphoma of the adrenal glands: a rare cause of paraneoplastic neuropathy. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 87–92 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-87-92>

For corresponding: Dmitriy V. Shestakov, E-mail: dshestakov008@gmail.com

Received May 29, 2024

Revised June 25, 2024

Accepted July 9, 2024

Введение / Introduction

Первичная лимфома надпочечников (primary adrenal lymphoma, PAL) представляет собой редкую форму неходжкинской лимфомы, частота встречаемости которой составляет менее 1% среди всех случаев и около 3% среди первичных экстранодальных лимфом [1]. Наиболее часто наблюдаемый ее подтип – диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома (78% всех случаев PAL). Заболевание чаще всего диагностируется у пожилых мужчин, преимущественно в возрасте около 70 лет: мужчины болеют в 1,5–2 раза чаще, чем женщины [2]. Более 70% случаев характеризуются билатеральным поражением надпочечников [2–6].

Основные клинические проявления включают изменения поведения, нарушения движений, потерю чувствительности, мышечную слабость, проблемы с координацией, боли в животе, усталость, лихорадку, ночную потливость и потерю веса [7, 8]. Диагностика обычно требует биопсии надпочечника, так как визуализация может быть неоднозначной [7, 8]. В настоящее время нет унифицированных стандартов лечения, основной метод – иммунохимиотерапия, но прогноз остается неблагоприятным [9].

Диагностика / Diagnostics

Основные характеристики PAL, выделенные на основе данных многочисленных клинических исследований, включают размеры, форму и границы опухолей, их плотность и характеристики сигнала на магнитно-резонансной томографии (МРТ), а также реакцию на контрастное усиление [10]. Особое внимание уделено особенностям инфильтрации соседних структур и интенсивному накоплению фтордезоксиглюкозы (fluorodeoxyglucose, FDG), что имеет большое значение для диагностики и оценки эффективности лечения. Эта информация важна для понимания сложности заболевания и необходимости комплексного подхода к диагностике и лечению.

В исследованиях L. Zhou et al. (2012 г.) [11] и Y. Wang et al. (2020 г.) [12] были продемонстрированы следующие характеристики, демонстрирующие проявление опухоли на КТ и МРТ.

Размеры опухолей. Опухоли, как правило, имеют большие размеры с максимальным диаметром от 6,1 до 14,8 см при медиане 10,5 см [11].

Форма и границы опухолей. Большинство образований (7 из 9) были круглыми или овальными с четкими контурами, хотя 2 опухоли имели нерегулярную форму и нечеткие края [11]. Из 50 случаев 26 образований обладали четко определенными краями, 21 – нечеткими краями [12].

Плотность и интенсивность сигнала на МРТ. На неусиленных компьютерных томографических (КТ) изображениях плотность опухолей была схожа с мышцами. На МРТ с T1-взвешенными изображениями опухоли часто были гипоинтенсивными или изоинтенсивными по сравнению с мышцами, а на T2-взвешенных изображениях – гиперинтенсивными [11].

Контрастное усиление. После введения контраста наблюдалось умеренное усиление, которое было гомогенным у 3 пациентов, слегка ингомогенным у 4 и гетерогенным у 2 [11]. Помимо этого в исследовании Y. Wang et al. (2020 г.) на контрастных изображениях отмечено умеренное усиление в артериальной и паренхиматозной фазах, причем у 42,2% больных усиление было гетерогенным [12].

Инфильтрация соседних структур. В большинстве случаев образования инфильтрируют прилегающие ткани или органы, особенно при больших размерах опухолей [11]. Признаки инфильтрации имелись у 76,2% пациентов [12].

Интенсивное накопление FDG. На позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с КТ (ПЭТ/КТ), опухоли демонстрируют высокое накопление FDG, что свидетельствует о злокачественности. Этот признак также используется для оценки ответа на лечение. После трех циклов химиотерапии

наблюдается снижение размера образований и активности FDG [13].

Эти данные подчеркивают сложность диагностики PAL и необходимость комплексного подхода, включающего различные методы визуализации для точного определения характеристик опухолей.

Прогноз / Prognosis

Статистика выживаемости пациентов с первичной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомой надпочечников указывает на высокий уровень летальности этого заболевания, что делает актуальными поиск новых терапевтических подходов и уточнение прогностических факторов. Различные исследования подтверждают неблагоприятный прогноз у таких больных.

По данным Y. Kim et al. (2012 г.), 2-летняя общая выживаемость составляла 68,3%, что подчеркивает значение независимых прогностических факторов (таких как стадия по Ann Arbor, уровни β 2-микроглобулина и адренокортикотропного гормона, количество пораженных органов) и проведения лечения [9]. В свою очередь, A. Mozos et al. (2009 г.) отмечают, что большинство случаев являются лимфомами с негерминальным центром, и это также связано с плохим прогнозом [14]. Кроме того, данные исследования S. Li et al. (2019 г.) подтверждают низкую 5-летнюю (19,17%) и 10-летнюю (3,33%) выживаемость, указывая на важность химиотерапии для улучшения исходов [2]. Эти данные акцентируют значимость своевременной диагностики, доступности и адекватности лечения для улучшения прогноза и качества жизни пациентов.

Статистика и исследования по первичной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфоме надпочечников свидетельствуют о высокой летальности и неблагоприятном прогнозе заболевания [9, 12, 15, 16]. Необходимо уделить особое внимание разработке и применению эффективных терапевтических стратегий и методов диагностики. Прогресс в понимании прогностических факторов и улучшение доступности адекватного лечения могут способствовать повышению выживаемости и улучшению качества жизни пациентов.

Описание случая / Case report

Представленный клинический случай демонстрирует связь между лимфомой и неврологическими проявлениями, способствуя углублению знаний о механизмах развития паранеопластических синдромов и улучшению подходов к диагностике и лечению. Высокая осведомленность и быстрое выполнение дифференциальной диагностики позволяют провести раннее лечение, что благоприятно влияет на прогноз.

Состояние на момент госпитализации

Мужчина 46 лет без предшествующего медицинского анамнеза был экстренно госпитализирован в неврологическое отделение Многопрофильной больницы им. профессора Х.Ж. Макажанова (г. Караганда) в связи прогрессирующим параличом верхних и нижних конечностей в течение последних 2 мес.

На момент госпитализации в клинической картине на первый план выступала выраженная неврологическая симптоматика – тетрапарез: легкий в руках (4,0б справа, 4,5б слева), глубокий в ногах (справа 1,0б в проксимальных отделах, 1,5б в стопе и слева 1,5–2,0б в проксимальных отделах, 0б в стопе). Во время осмотра лимфаденопатии и гиперпигментации кожи не выявлено.

Лабораторные исследования

Значимых лабораторных отклонений не обнаружено, кроме нормоцитарной нормохромной анемии в общем анализе крови (гемоглобин 111 г/л; норма в пределах 120–150 г/л).

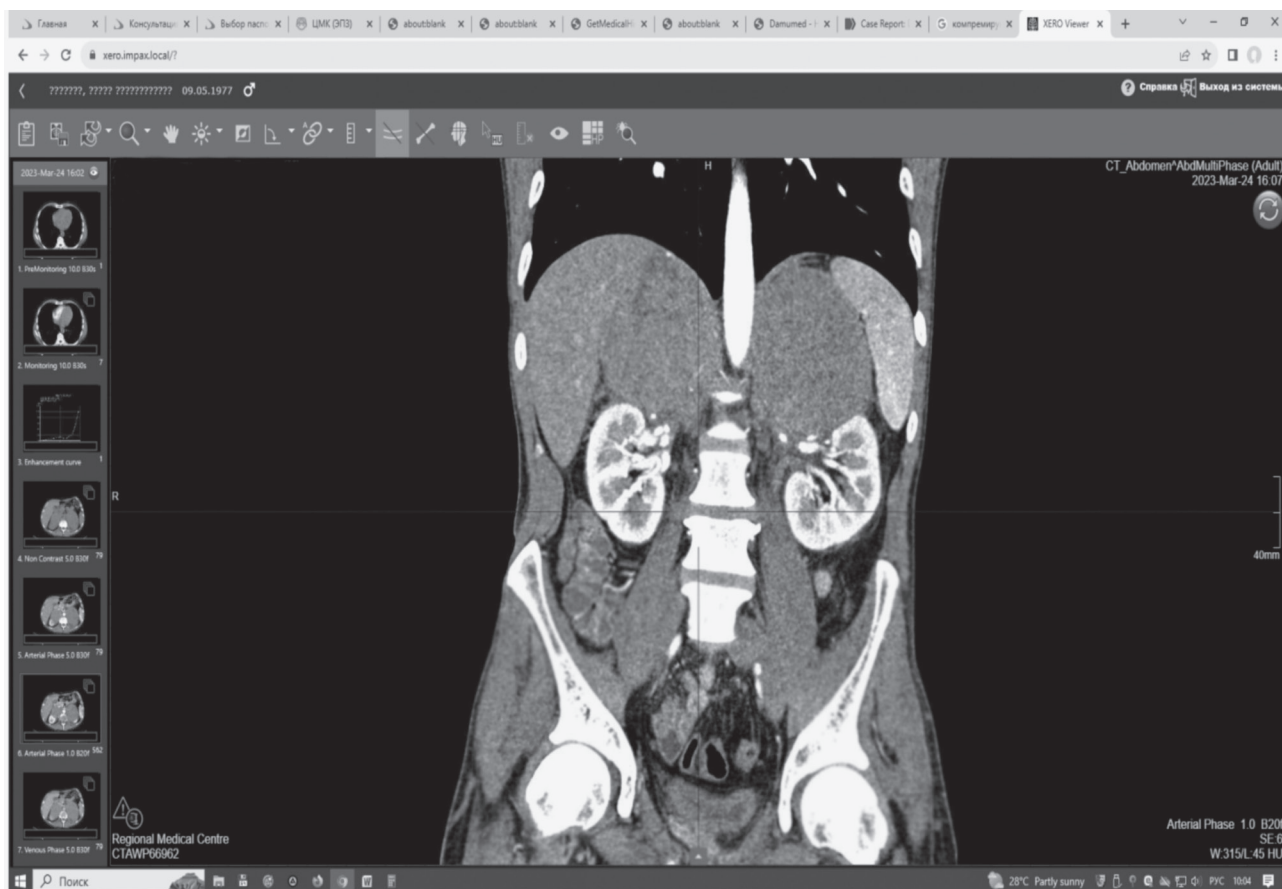
Учитывая прогрессирующую утрату движений в конечностях, проводился дифференциальный диагностический поиск возможной причины вторичной энцефалополирадикулонейропатии: был исключен инфекционный (результаты серологии на вирусы гепатита В, гепатита С, иммунодефицита человека 1/2, Эпштейна–Барр, герпеса, а также цитомегаловирусную инфекцию были отрицательными) и токсический генез прогрессирующего тетрапареза.

Инструментальные исследования

По результатам *электронейромиографии* конечностей выявлены признаки грубо выраженного аксонального поражения сенсорных и моторных волокон нижних конечностей с обеих сторон (слева с электрическим молчанием). По длинным нервам верхних конечностей обнаружены признаки умеренного аксонально-демиелинизирующего поражения сенсорных и моторных волокон локтевого нерва слева, грубо выраженное аксональное поражение сенсорных волокон лучевого нерва справа, умеренное аксональное поражение сенсорных волокон лучевого нерва слева.

Рентгенограмма грудной клетки не имела признаков внутригрудной лимфаденопатии.

КТ брюшной полости с контрастированием (см. рис.) показала в проекции обоих надпочечников образования плотностью около +40 НУ, накапливающие контраст в фазах контрастирования до +57–62 НУ. В их структуре определялись небольшие гиподенсивные участки. Контур четкие, размеры справа до 10,8×7,5×9,3 см, слева 11×7,8×9,4 см. Образования компримировали смежные отделы печени, селезенки,



Компьютерная томограмма органов брюшной полости. Узловые образования размерами справа до 10,8×7,5×9,3 см, слева 11×7,8×9,4 см по большой оси. Неоднородная текстура, спонтанная плотность +40 HU, накопление контраста в фазах контрастирования до +57–62 HU

Abdominal computed tomogram. Nodular formations up to 10.8×7.5×9.3 cm in size on the right, 11×7.8×9.4 cm on the left along the major axis. Heterogeneous texture, spontaneous density +40 HU, contrast accumulation in contrast phases up to +57–62 HU

поджелудочной железы, верхние полюса почек, почечные вены.

Диагноз

Решением консилиума пациенту выставлен диагноз: «Паранеопластическая энцефалополурадикулонейропатия, тетрапарез (легкий в руках, глубокий в ногах). Нейрогенная дисфункция мочевого пузыря». В связи с выявленным двусторонним образованием надпочечника больной перенаправлен в Многопрофильную больницу № 3 г. Караганды (Областной онкологический диспансер) с целью верификации диагноза.

В динамике состояние пациента прогрессивно ухудшалось, усугублялся парез верхних и нижних конечностей, нарастала гиповолемия, гипотония с артериальным давлением до 60/40 мм рт. ст., частотой сердечных сокращений 120 уд/мин. Это, вероятно, было обусловлено формированием первичной надпочечниковой недостаточности вследствие замещения функционирующей коры опу-

холью. Выполнена биопсия левого надпочечника под ультразвуковым контролем. По результатам гистологии опухоль состояла из крупных клеток, которые были иммуногистохимически положительными в отношении CD20, но отрицательными в отношении CD3 и CD30.

Заключительный диагноз: «В-клеточная крупноклеточная лимфома 4В с поражением обоих надпочечников». Учитывая тяжесть состояния, решением консилиума мультидисциплинарной группы специальное лечение показано не было, больному рекомендована госпитализация в хоспис, где в связи с прогрессирующей первичной надпочечниковой недостаточностью пациент скончался.

Обсуждение / Discussion

В представленном случае основные клинические проявления первичной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы надпочечников включали паранеопластическую полирадикулонейропатию и быстрое ухудшение состояния пациента,

что согласуется с общими характеристиками PAL, описанными в литературе. В публикации Y. Wang et al. (2020 г.) отмечено, что большинство больных с PAL предъявляют жалобы на абдоминальную боль, что также наблюдалось у нашего пациента [12].

Другое сравнительное исследование F. Majidi et al. (2020 г.) показывает, что PAL может проявляться как с изолированным поражением надпочечников, так и с вовлечением дополнительных вненадпочечниковых участков [10]. В нашем случае наблюдалось значительное двустороннее поражение надпочечников, что является частым признаком PAL, подчеркивающим агрессивный характер заболевания.

По данным нескольких исследований, PAL характеризуется высокой агрессивностью и плохим прогнозом, что согласуется с быстрым ухудшением состояния нашего пациента [2, 9, 14]. Отсюда следует, что PAL требует точной диагностики и агрессивной терапии, чтобы улучшить исходы.

В статье Y.L. Ke et al. (2021 г.) описан случай двусторонней диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы надпочечников у 79-летней женщины, протекавшей с прогрессирующей слабостью и анорексией. В лечении использовали системную химиотерапию R-CHOP. Отличительной особенностью было отсутствие надпочечниковой недостаточности, несмотря на билатеральное поражение надпочечников [4].

В работе Y. Chen et al. (2020 г.) представлен случай 73-летней женщины с билатеральной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомой надпочечников. Лечение включало химиотерапию R-CHOP и R-EPOCH, а также высокие показатели PD-L1 [17]. Это подчеркивает агрессивность и устойчивость лимфомы к стандартному лечению, что согласуется с тяжелым течением болезни в нашем клиническом случае.

Z.N. Fan et al. (2022 г.) представили описание двусторонней диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы надпочечников у пациента с аналогичными симптомами и проявлениями, включая повышение уровня лактатдегидрогеназы и биохимическую надпочечниковую недостаточность. Лечение также включало химиотерапию R-CHOP, что демонстрирует стандартный подход к ведению больных с данной формой лимфомы [18].

Мы представили детальный анализ клинического наблюдения первичной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы надпочечников, которая является редким, но значимым заболеванием. Этот случай иллюстрирует важность ранней диагностики и адекватного медицинского вмешательства при обнаружении необычных неврологических симптомов, которые могут указывать на серьезные онкологические заболевания. До сих

пор опубликовано всего около 250 случаев первичной лимфомы надпочечников [19–21].

Основной акцент в нашей работе сделан на сложности диагностики. Редкость и агрессивность PAL делает это наблюдение особенно важным для клинической практики, так как стандартные подходы к диагностике и лечению часто оказываются неэффективными. Представленный случай иллюстрирует значимость использования современных методов визуализации, таких как ПЭТ/КТ, для оценки размера опухоли, структуры и реакции на лечение. Также примечательно, что невозможность раннего диагностирования и начала адекватной терапии привела к быстрому ухудшению состояния пациента и его последующей смерти. Это подчеркивает важность своевременного и точного диагностирования.

Возможные пути улучшения прогноза для пациентов с подобным диагнозом включают необходимость дальнейших исследований для разработки более эффективных стратегий лечения заболевания. Потенциал персонализированной медицины и таргетной терапии может значительно улучшить исходы для пациентов с такими редкими и агрессивными формами рака.

Наконец, следует подчеркнуть важность междисциплинарного подхода в диагностике и лечении таких патологий и значимость командной работы специалистов в различных областях медицины для достижения лучших клинических исходов.

Благодарность / Acknowledgement

Авторы выражают искреннюю благодарность Гульрайруз Абылаевне Жолдабаевой, клиническому наставнику и руководителю образовательной программы, за неоценимую помощь и поддержку, оказанную в процессе написания данной статьи.

Заключение / Conclusion

В работе рассмотрен клинический случай первичной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфомы надпочечников, который подчеркивает редкость и сложность диагностики данной патологии. Приведенный пример иллюстрирует, как паранеопластическая полирадикулонейропатия и прогрессирующая надпочечниковая недостаточность могут сопровождать такие онкологические заболевания, что делает диагностический процесс особенно сложным. Ранняя диагностика и своевременное лечение остаются ключевыми для улучшения прогноза, однако стандартные подходы к лечению часто оказываются неэффективными из-за агрессивности и резистентности лимфомы.

Необходимы разработка новых терапевтических стратегий и улучшение существующих подходов к лечению, включая персонализированную медицину и таргетную терапию. Важность междис-

циплинарного подхода в диагностике и лечении не может быть переоценена, поскольку он способствует обмену знаниями и опытом между специалистами в различных областях, что необходимо для достижения наилучших клинических исходов в случаях подобных редких и сложных заболеваний.

Комплексное понимание прогностических факторов и улучшение методов диагностики,

включая ПЭТ/КТ и МРТ, остаются в фокусе текущих и будущих исследований. Такие шаги позволят в будущем сформулировать более эффективные протоколы лечения, способствующие увеличению выживаемости и улучшению качества жизни пациентов с такой серьезной патологией, как первичная диффузная крупноклеточная В-клеточная лимфома надпочечников.

Литература / References

- Laurent C, Casasnovas O, Martin L, et al. Adrenal lymphoma: presentation, management and prognosis. *QJM*. 2017; 110(2): 103–9. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcw174>.
- Li S, Wang Z, Wu Z, et al. Clinical characteristics and outcomes of primary adrenal diffuse large B cell lymphoma in a large contemporary cohort: a SEER-based analysis. *Ann Hematol*. 2019; 98(9): 2111–9. <https://doi.org/10.1007/s00277-019-03740-9>.
- Ibrahim S, Thibodeaux R, Mathew M. SAT-233 primary adrenal diffuse large B-cell lymphoma in HIV patient: a rare case report. *J Endocr Soc*. 2020; 4(Suppl. 1): SAT-233 <https://doi.org/10.1210/jendso/bvaa046.687>.
- Ke YL, Hsu JF, Wei YC, Hsiao HH. Unusual bilateral adrenal tumors: primary adrenal diffuse large B-cell lymphoma. *J Cancer Res Pract*. 2021; 8(1): 36–8. https://doi.org/10.4103/jcrp.jcrp_34_20.
- Horiguchi K, Hashimoto K, Hashizume M, et al. Primary bilateral adrenal diffuse large B-cell lymphoma demonstrating adrenal failure. *Intern Med*. 2010; 49(20): 2241–6. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.49.3941>.
- Xing Q, Hu C, Zhao Q, et al. Primary adrenal diffuse large B cell lymphoma with tumor thrombus in central adrenal vein: a case report and literature review. *BMC Endocr Disord*. 2023; 23: 258. <https://doi.org/10.1186/s12902-023-01496-y>.
- de Sousa Lages A, Bastos M, Oliveira P, Carrilho F. Diffuse large B-cell lymphoma of the adrenal gland: a rare cause of primary adrenal insufficiency. *BMJ Case Rep*. 2016; 2016: bcr2016214920. <https://doi.org/10.1136/bcr-2016-214920>.
- Jin H, Liao W, Yang S, et al. Clinical features and imaging manifestations for intravascular large B-cell lymphoma. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2023; 48(12): 1920–8. <https://doi.org/10.11817/j.issn.1672-7347.2023.230305>.
- Kim Y, Kim J, Min Y, et al. Prognostic factors in primary diffuse large B-cell lymphoma of adrenal gland treated with rituximab-CHOP chemotherapy from the Consortium for Improving Survival of Lymphoma (CISL). *J Hematol Oncol*. 2012; 5: 49. <https://doi.org/10.1186/1756-8722-5-49>.
- Majidi F, Martino S, Kondakci M, et al. Clinical spectrum of primary adrenal lymphoma: results of a multicenter cohort study. *Eur J Endocrinol*. 2020; 183(4): 453–62. <https://doi.org/10.1530/EJE-19-0506>.
- Zhou L, Peng W, Wang C, et al. Primary adrenal lymphoma: radiological; pathological, clinical correlation. *Eur J Radiol*. 2012; 81(3): 401–5. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2010.11.026>.
- Wang Y, Ren Y, Ma L, et al. Clinical features of 50 patients with primary adrenal lymphoma. *Front Endocrinol*. 2020; 11: 595. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00595>.
- Shim HK, Kim SW. Imaging of F-18 FDG PET/CT and follow up of bilateral invasive adrenal diffuse large B cell lymphoma mimicking adrenocortical carcinoma. *Kosin Med J*. 2017; 32(2): 269–76. <https://doi.org/10.7180/kmj.2017.32.2.269>.
- Mozos A, Ye H, Chuang WY, et al. Most primary adrenal lymphomas are diffuse large B-cell lymphomas with non-germinal center B-cell phenotype, BCL6 gene rearrangement and poor prognosis. *Mod Pathol*. 2009; 22(9): 1210–7. <https://doi.org/10.1038/modpathol.2009.87>.
- Nair SC, Gogia A, Arora S, et al. Clinicopathologic features and outcomes of diffuse large B-cell lymphoma with extranodal involvement: a retrospective analysis. *Cancer Res Stat Treat*. 2022; 5(1): 67–74. https://doi.org/10.4103/crst.crst_204_21.
- Yang Y, Xie W, Ren Y, et al. A case report of primary adrenal lymphoma. *Medicine*. 2020; 99(28): e20938. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000020938>.
- Chen Y, He SH, Hu QF, Wang G. Adrenal diffuse large B-cell lymphoma with high PD-L1 expression: two case reports and literature review. *J Clin Lab Anal*. 2020; 34(5): e23173. <https://doi.org/10.1002/jcla.23173>.
- Fan ZN, Shi HJ, Xiong BB, et al. Primary adrenal diffuse large B-cell lymphoma with normal adrenal cortex function: a case report. *World J Clin Cases*. 2022; 10(2): 709–16. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i2.709>.
- Britto MM, Kang MJY, Goare S, et al. A case of an incidental primary adrenal lymphoma in a patient with newly diagnosed human immunodeficiency virus. *ANZ J Surg*. 2019; 89(3): E106–8. <https://doi.org/10.1111/ans.14078>.
- Rawat S, Haritha VS. Primary adrenal lymphoma. *J Cancer Res Cell Ther*. 2022; 6(3): 1–3. <https://doi.org/10.31579/2640-1053/119>.
- Uysal HB, Duran M, Güney E, et al. A unique case of adrenal insufficiency coexisting with two primary malignancies. *Ann King Edward Med Univer*. 2023; 29(2): 167–9. <https://doi.org/10.21649/akemu.v29i2.5487>.



К вопросу о возможностях лучевой диагностики при выявлении спинального эхинококкоза. Обзор литературы и клинический случай

Гладышев А.Ю.¹, Лабути В.К.¹, Ростовцев М.В.^{1, 2, 3}, Нуднов Н.В.^{2, 4}

¹ ГБУЗ «Городская клиническая больница им. М.Е. Жадкевича Департамента здравоохранения г. Москвы», Можайское ш., 14, Москва, 121374, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Баррикадная, 2/1, Москва, 125993, Российская Федерация

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, ул. Большая Серпуховская, 27, Москва, 117997, Российская Федерация

⁴ ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России, ул. Профсоюзная, 86, Москва, 117997, Российская Федерация

Гладышев Александр Юрьевич, врач-рентгенолог ГБУЗ «Городская клиническая больница им. М.Е. Жадкевича ДЗМ»; <http://orcid.org/0009-0008-0561-4059>

Лабути Владислав Константинович, врач-рентгенолог ГБУЗ «Городская клиническая больница им. М.Е. Жадкевича ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0002-0358-0528>

Ростовцев Михаил Владиславович, д.м.н., заведующий рентгеновским отделением ГБУЗ «Городская клиническая больница им. М.Е. Жадкевича ДЗМ», профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ст. науч. сотр. отделения лучевых методов диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Нуднов Николай Васильевич, д.м.н., профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, зам. директора по научной работе, заведующий научно-исследовательским отделом комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Резюме

В статье представлены возможности лучевых методов в диагностике спинального эхинококкоза по материалам публикаций и собственного клинического наблюдения. Проведен электронный поиск литературы с использованием баз данных PubMed/MEDLINE, Cochrane Library, ResearchGate, в обзор включены клинические случаи, ретроспективные исследования и обзоры литературы, опубликованные с 1991 г. по 2023 г. Описан клинический случай пациента со спинальным эхинококкозом. Показано, что при данном заболевании комплексное лучевое обследование с применением рентгенографии, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии (МРТ) обеспечивает получение необходимой информации. МРТ является наиболее информативным методом, поскольку дает отличную визуализацию структур позвоночного канала и позволяет выявить ряд характерных проявлений спинального эхинококкоза.

Ключевые слова: гидативный эхинококкоз; спинальный эхинококкоз; магнитно-резонансная томография; МРТ; компьютерная томография; КТ; обзор; клинический случай.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гладышев А.Ю., Лабути В.К., Ростовцев М.В., Нуднов Н.В. К вопросу о возможностях лучевой диагностики при выявлении спинального эхинококкоза. Обзор литературы и клинический случай. Вестник рентгенологии и радиологии. 2024; 105(2): 93–101. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-93-101>

Для корреспонденции: Лабути Владислав Константинович, E-mail: vlad_lab@mail.ru

Статья поступила 16.04.2024

После доработки 10.05.2024

Принята к печати 16.05.2024

Possibilities of Radiation Diagnosis in Detecting Spinal Echinococcosis: Literature Review and Case Report

Aleksandr Yu. Gladyshev¹, Vladislav K. Labutin¹, Mikhail V. Rostovtsev^{1, 2, 3}, Nikolay V. Nudnov^{2, 4}

¹ Zhadkevich City Clinical Hospital,

Mozhayskoe shosse, 14, Moscow, 121374, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education,

ul. Barrikadnaya, 2/1, Moscow, 125993, Russian Federation

³ Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery,

ul. Bolshaya Serpukhovskaya, 27, Moscow, 117997, Russian Federation

⁴ Russian Scientific Center of Radiology,

ul. Profsoyuznaya, 86, Moscow, 117997, Russian Federation

Aleksandr Yu. Gladyshev, Radiologist, Zhadkevich City Clinical Hospital;

<http://orcid.org/0009-0008-0561-4059>

Vladislav K. Labutin, Radiologist, Zhadkevich City Clinical Hospital;

<http://orcid.org/0000-0002-0358-0528>

Mikhail V. Rostovtsev, Dr. Med. Sc., Head of X-ray Department, Zhadkevich City Clinical Hospital; Professor, Chair of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Senior Researcher, Department of Radiation Diagnostic Methods, Vishnevsky National Medical Research Center for Surgery;

<http://orcid.org/0000-0002-5032-4164>

Nikolay V. Nudnov, Dr. Med. Sc., Professor, Chair of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; Deputy Director for Scientific Work, Head of Research Department of Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, Russian Scientific Center of Radiology;

<http://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Abstract

The article presents the possibilities of radiation methods in the diagnosis of spinal echinococcosis based on publications and our own clinical observation. An electronic literature search was conducted using PubMed/MEDLINE, Cochrane Library, ResearchGate databases; the review included case reports, retrospective studies, and literature reviews published from 1991 to 2023. A clinical case of a patient with spinal echinococcosis was described showing that for this disease, a comprehensive radiation examination using radiography, computed tomography and magnetic resonance imaging (MRI) provides the necessary information. MRI is the most informative method, since it gives excellent visualization of spinal canal structures and allows detecting a number of spinal echinococcosis characteristic manifestations.

Keywords: hydatidic echinococcosis; spinal echinococcosis; magnetic resonance imaging; MRI; computed tomography; CT; review; case report.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Gladyshev AYu, Labutin VK, Rostovtsev MV, Nudnov NV. Possibilities of radiation diagnosis in detecting spinal echinococcosis: literature review and case report. Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2024; 105(2): 93–101 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-93-101>

For corresponding: Vladislav K. Labutin, E-mail: vlad_lab@mail.ru

Received April 16, 2024

Revised May 10, 2024

Accepted May 16, 2024

Введение / Introduction

Гидативный эхинококкоз – природно-очаговое тяжелое паразитарное поражение, которое представляет серьезную социальную угрозу во многих странах мира. Эндемичными по эхинококкозу являются южные регионы России (Ставропольский и Краснодарский края), а также ряд республик бывшего Советского Союза (Украина, Молдавия, Узбекистан, Казахстан и др.). Эхинококкозом

болеют люди трудоспособного возраста [1]. Возбудитель впервые описан Batsch в 1798 г. и позже Rudolphi в 1895 г. Эхинококкоз вызывается *Echinococcus granulosus*. Заражение человека происходит при контакте с больными животными, при сборе ягод и трав, питье воды или поедании овощей, загрязненных яйцами гельминта [2].

В России Центр гигиены и эпидемиологии РФ регистрирует более 500 случаев данного за-

болевания ежегодно. Широкое распространение эхинококкоза, который сопровождается множественными и сочетанными поражениями различных органов, приводящими к длительной потере трудоспособности, инвалидизации и летальному исходу, говорит о его высокой эпидемиологической и социальной значимости [3]. Среди редких форм эхинококкоза наиболее тяжелыми являются поражения структур головного и спинного мозга (мозговое вещество, оболочки, сосуды и корешки). Поражение головного мозга при эхинококкозе составляет приблизительно 1–3% всех случаев заболевания, повреждение спинного мозга встречается крайне редко [4, 5].

Из-за сходства клинических проявлений спинального эхинококкоза (СЭ) с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями позвоночника диагноз часто устанавливается на поздних стадиях инвазии с помощью методов лучевой диагностики: ультразвуковое исследование (УЗИ), рентгенография, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ).

По данным литературы, МРТ и КТ занимают ведущую роль в дифференциальной диагностике СЭ с другими кистозными поражениями позвоночника, такими как кистозная дегенерация солидных шванном, кистозная шваннома, аневризматическая костная киста, кистозная гемангиобластома, кистозная нейрофиброма, кистозная эпендимомма, кистозная менингиома, кавернозная лимфангиома, бронхогенные или нейрентериальные кисты, дермоидные и эпидермоидные кисты и дуральные, арахноидальные кисты. Инфекционные причины кистозного поражения позвоночника включают бактериальный абсцесс, туберкулез [6–8].

КТ демонстрирует сходство СЭ с остеомиелитом, однако редко проявляется деминерализацией костных структур и склерозом, а также характеризуется отсутствием вовлечения в патологический процесс межпозвонковых дисков. Эхинококковые кисты имеют плотность, аналогичную спинномозговой жидкости, и очень редко – кальцификацию стенок. На первоначальном этапе госпитализации КТ также может помочь в выявлении первичного очага, если СЭ вторичен по отношению к прямой инвазии из экстраспинальных структур.

МРТ превосходит КТ в диагностике СЭ. Чаще спинальные эхинококковые интрадуральные кисты имеют трубчатую или колбасовидную форму, а не классические кисты сферической формы, которые наблюдаются в других частях тела и не имеют сопутствующего перифокального отека. Они демонстрируют сходные характеристики сигнала со спинномозговой жидкостью во всех последовательностях импульсов. На T1-взвешенных изображениях (T1-ВИ) паразитарные кисты гипоинтенсивны с изо- или гипоинтенсивной кистозной

стенкой. На T2-ВИ они гиперинтенсивны с гипоинтенсивной кистозной стенкой. На T1-ВИ после внутривенного контрастирования в некоторых случаях может наблюдаться накопление контраста стенкой кисты [9–11].

Обзор литературы / Literature review

Проведен электронный поиск литературы с использованием баз данных PubMed/MEDLINE, Cochrane Library, ResearchGate с 1991 г. по 2023 г. Обнаружено 3 обзора, 6 ретроспективных исследований, 14 клинических случаев и 7 клинических случаев с обзорами литературы. Все авторы отмечают, что возможности методов лучевой диагностики в постановке точного диагноза при эхинококковом поражении позвоночника ограничены.

Рентгенография обладает низкой специфичностью и используется при первичном выявлении костных поражений и паравертебральных объемных образований [2]. КТ применяется для оценки костной морфологии, а также выраженности костной деструкции. МРТ используется преимущественно для оценки эпидурального паравертебрального распространения патологического процесса, сдавления нервных образований, уточнения характера поражения костных структур [10]. Важной дифференциально-диагностической характеристикой эхинококковых кист является отсутствие значимого контрастного усиления [12].

КТ-исследование без контрастирования визуализирует остеолитические многокамерные образования в телах или дугах позвонков. При КТ с контрастным усилением, как правило, отмечается лишь незначительно выраженное контрастирование стенок паравертебральных позвоночных кист либо контрастирование совсем отсутствует [12–16].

МРТ позволяет визуализировать как конгломераты кист, так и единичные кисты. Интенсивность сигнала у кист соответствует спинномозговой жидкости. Гидатидные интрадуральные кисты имеют колбасовидную форму с двумя куполообразными концами и отсутствием мусора в полости, иногда они имеют сферическую форму. Также отмечается вариант множественных кист в виде виноградной грозди. Стенки кист тонкие и не содержат септ. Экстрадурально они всегда множественные и контрастируют с позвонками.

На T1-ВИ стенка кисты может быть изоинтенсивной или давать немного более низкий сигнал, чем его содержимое, T2-ВИ демонстрируют обод низкой интенсивности, окружающий однородное высокосигнальное содержимое кисты. T2-ВИ указывают на жизнеспособность кист (уменьшение высокого сигнала и увеличение низкого, разрушение стенок обозначает сморщенную кисту). Крупные кистозные образования характеризуются ми-

нимально выраженным контрастным усилением либо вообще не накапливают контрастное вещество. Также авторы отмечают наличие гетерогенного содержимого кист на T1- и T2-ВИ на фоне деформации их стенок с потерей округлой формы, что свидетельствует об их гибели.

Получение диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) помогает в дифференциальной диагностике инфицированных эхинококковых кист с абсцессами. Кисты, подвергшиеся дегенерации, могут быть изоинтенсивны мышечной ткани на T1- и T2-ВИ [1, 12, 13, 16–32]. Для оценки эпидурального распространения кисты со сдавлением спинного мозга МРТ является незаменимой методикой.

Дифференциальная диагностика проводится с первичными опухолями кости (остеосаркомой, хондросаркомой, аневризмой костной кисты, гигантоклеточной опухолью, хордомой), метастатическим поражением скелета, гранулематозным спондилитом, арахноидальной кистой, а также с другими паразитарными заболеваниями (шистосомоз, цистицеркоз).

Лечение при компрессии нервных структур – хирургическое (удаление или резекция кисты при невозможности полного удаления). Частота рецидивов эхинококкоза позвоночника после операции составляет 18% [5, 12, 14–32].

Приводим собственное клиническое наблюдение эхинококкоза экстра-интравертебральной локализации на нижнегрудном и верхнепоясничном уровнях с компрессией спинного мозга.

Описание случая / Case report

Пациент К., 36 лет, поступил с жалобами на слабость, повышение температуры тела до субфебрильных значений, онемение в ногах, боли в пояснице в положении лежа, нарушение мочеиспускания.

Anamnesis morbi. Болеет в течение года. Контакт с животными отрицает. Считает, что причиной заболевания явилась травма. Год назад упал на бордюр, была гематома мягких тканей поясничной области. С того момента отмечал постоянные боли в пояснице. Обращался к травматологу, выполнялась рентгенография поясничного отдела позвоночника – патологии выявлено не было. По данным рентгенографии грудного и пояснично-крестцового отделов позвоночника на догоспитальном этапе высказано подозрение на спондилит в сегментах Th8–12. При УЗИ была обнаружена гематома паравертебральной области средней трети спины, частично эвакуирована. Слабость и онемение в ногах нарастали в течение последней недели. Причиной госпитализации

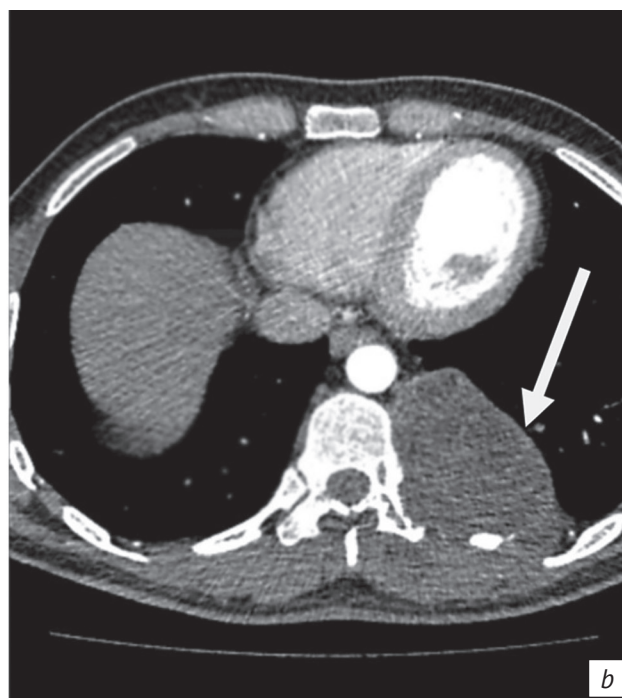


Рис. 1. Аксиальные изображения МСКТ до и после внутривенного контрастирования. Паравертебрально в левой половине грудной клетки расположена многокамерная кистозная масса (стрелки) без накопления контрастного вещества, с признаками костной деструкции тела и правой дуги грудного позвонка:

a – артериальная фаза; b – нативная фаза

Fig. 1. Axial MSCT scans before and after intravenous contrast injection. A multicameral cystic mass (arrows) is located paravertebrally in the left half of the chest without contrast medium accumulation, with signs of bone destruction of thoracic vertebral body and right arch:

a – arterial phase; b – native phase

в ГБУЗ «ГКБ им. М.Е. Жадкевича ДЗМ» явилась задержка мочи.

Anamnesis vitae. Операции, хронические заболевания отрицает. В течение последних 3 лет не выезжал за пределы России. Аллергические реакции отрицает. Родился и ранее проживал в Узбекистане.

Данные функционального осмотра. На уровне нижнегрудного отдела позвоночника пальпируется утолщение паравертебральных тканей, кожные покровы этой области не гиперемированы, холодные на ощупь. Почки не пальпируются. Мочевой пузырь над лонем. Задержка мочи. Менингеальных симптомов нет. Двигательная функция: нижний парапарез до 3–4 баллов, больше проксимально. Сухожильные рефлексы S=D, средней живости, с ног S<D. Сила сжатия кистей 5 баллов. Симптом Бабинского с двух сторон. Нарушение поверхностной чувствительности нижних конечностей по полиневритическому типу.

В **анализе крови** выявлено повышение С-реактивного белка до 5,8 мг/л (норма 0–5 мг/л), остальные показатели в пределах нормы. В анализе мочи – помутнение, плотность 1,081 г/л.

УЗИ мочевого пузыря. Эхо-признаки задержки мочи, пиелозктазии слева. При рентгенографии легких выявлены признаки осумкованного жидкостного образования в медиобазальных отделах левой половины грудной клетки. Подозрение на деструкцию X ребра слева. Для уточнения рекомендовано проведение КТ грудной клетки или грудного отдела позвоночника с захватом паравертебральных мягких тканей.

Мультисрезовая КТ (МСКТ) грудного отдела позвоночника с контрастным усилением. Слева, паравертебрально, от нижней замыкательной пластинки тела Th8-позвонка до верхней Th12 обнаружено образование неоднородной структуры за счет перегородок, с четкими контурами, размерами около 67×66×83 мм, с распространением в позвоночный канал на уровне Th9–10 и в мягкие ткани без признаков контрастного усиления. Отмечается деструкция левой половины тела Th9-позвонка с распространением на ножку дуги, нижний суставной отросток. Имеется расширение суставной щели дугоотростчатого сустава. Визуализируется деструкция задних отростков IX, X ребер с наличием склерозированных костных фрагментов (рис. 1, 2). Деструктивные изменения тел и дуг Th10-, Th11-позвонков слева, а также задних отростков X, XI ребер слева за счет паравертебрального многокамерного кистозного образования.

Заключение по результатам МСКТ. Необходимо проводить дифференциальную диагностику между воспалительным поражением (спондилитом, остеомиелитом с формированием паравертебрального



Рис. 2. Нативное корональное изображение МСКТ в костном окне

Fig. 2. Native coronal MSCT scan in bone window

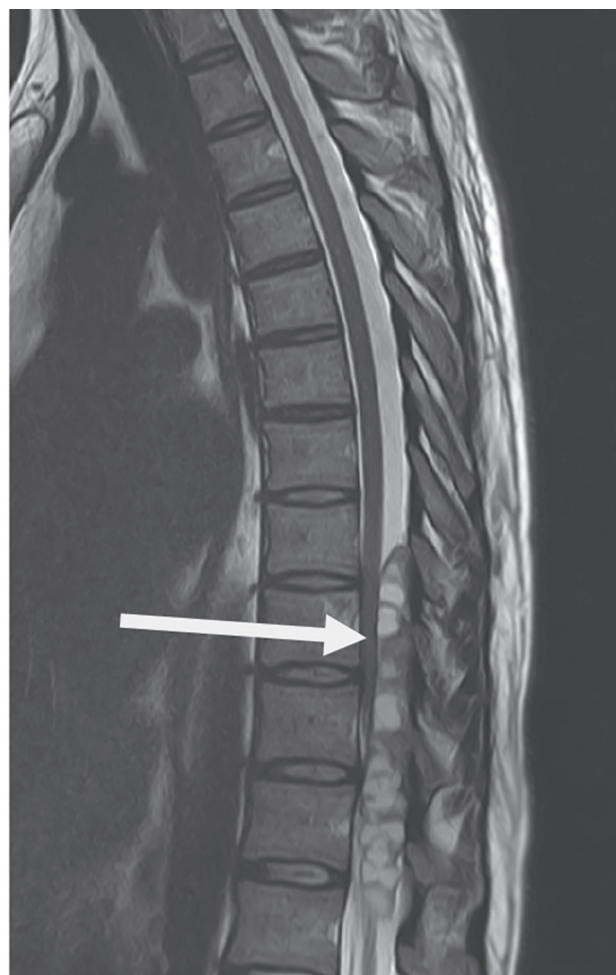


Рис. 3. T2-взвешенное МРТ-изображение в сагиттальной проекции. Многокамерное кистозное образование в просвете позвоночного канала грудного отдела (стрелка)

Fig. 3. T2-weighted MRI scan in sagittal projection. Multi-cameral cystic mass in the lumen of thoracic spinal canal (arrow)

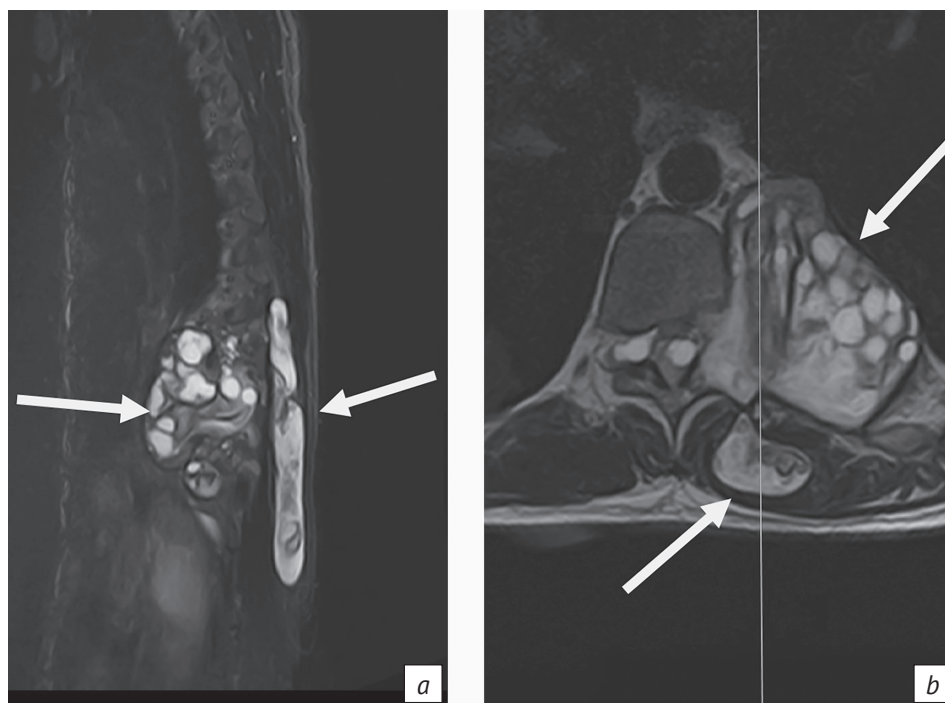


Рис. 4. T2-взвешенное МРТ-изображение в аксиальной проекции (а) и в сагиттальной проекции в режиме STIR (b). Паравертебрально слева и в межпозвонковом отверстии с деструкцией тела позвонка, в мышцах спины слева отмечается многокамерное кистозное образование по типу виноградной грозди (стрелки)

Fig. 4. T2-weighted MRI scan in axial projection (a) and in sagittal projection in STIR mode (b). Paravertebrally to the left and in the intervertebral foramen with vertebral body destruction, in back muscles on the left, there is a multicameral cystic grape-like cluster (arrows)

абсцесса, распространением в позвоночный канал и мягкие ткани спины) и опухолевым процессом. Для уточнения характера образования, исключения эпидурита рекомендована МРТ.

МРТ грудного отдела позвоночника с контрастным усилением. На фоне Th9–L1-позвонков в просвете позвоночного канала и межпозвонковых отверстий, а также паравертебральных слева визуализировано большое мультикистозное объемное образование по типу виноградной грозди, состоящее из тонкостенных кист овальной и округлой формы. МР-сигнал от кист, имеющих правильную округлую и овальную формы на T1-, T2-ВИ и ДВИ, соответствует простой жидкости. Деформированные кисты имеют гетерогенное содержание на T1- и T2-ВИ. Стенка кист с равномерно пониженным по T2-ВИ сигналом. Образование имеет неправильную форму, четкие контуры, распространяется кзади в область широчайшей мышцы спины слева. Его общие размеры до 8,4×10,0×12,8 см. Образование вызывает компрессию с деструкцией прилежащих отделов тел, суставных и поперечных отростков Th10-, Th11-позвонков, а также задних отростков X, XI ребер слева (рис. 3–5). Отмечается незначительное контрастирование капсул некоторых кист. Контрастного усиления самих кист не наблюдается (рис. 6).

Заключение по результатам МРТ. Картина большого мультикистозного объемного образования на уровне Th9–L1-позвонков экстрадурально-паравертебральной локализации, со стенозированием позвоночного канала, с деструктивными изменениями прилежащих отделов Th10-, Th11-позвонков и задних отростков X, XI ребер слева и распространением жидкостного содержимого в область широчайшей мышцы спины слева. Подозрение на эхинококкоз, следует дифференцировать с опухолевым поражением.

При **КТ органов грудной клетки и брюшной полости** данных за кистозное поражение паренхиматозных органов не получено. Единичные субплевральные узелки слева. Кистозное многокамерное образование в паравертебральных мягких тканях слева на уровне Th9–L1-позвонков, распространяющееся в позвоночный канал, без динамики по сравнению с предыдущим исследованием.

Получен положительный анализ крови на антитела класса иммуноглобулинов G к *Echinococcus*. Коэффициент позитивности 5,37.

В дальнейшем в течение 1 года пациент неоднократно оперирован в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.И. Пирогова» Минздрава России. Выполнены: удаление эхинокок-

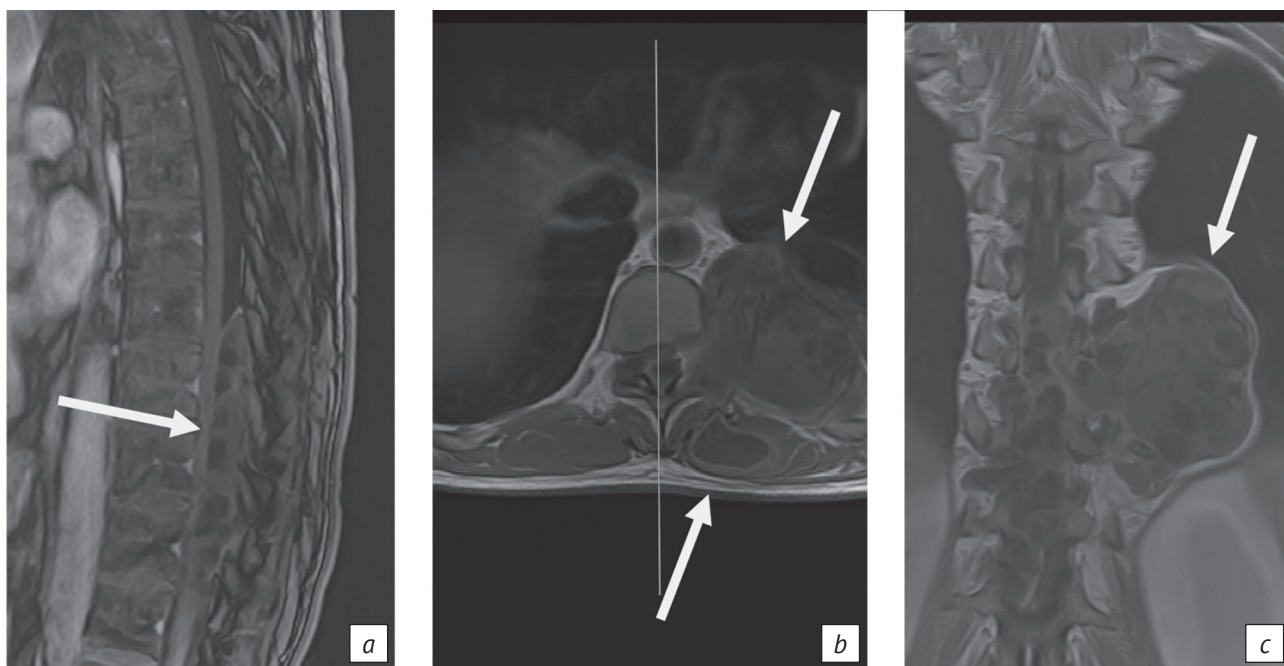


Рис. 5. T1-взвешенные МРТ-изображения в сагиттальной (а), аксиальной (b) и корональной (с) проекциях до введения контрастного вещества. Паравертебрально слева и в межпозвонковом отверстии, в мышцах спины слева расположено многокамерное кистозное образование по типу виноградной грозди (стрелки)

Fig. 5. T1-weighted MRI scans in sagittal (a), axial (b) and coronal (c) projections before contrast agent injection. Paravertebrally to the left and in the intervertebral foramen, in back muscles on the left, there is a multicameral cystic grape-like cluster (arrows)

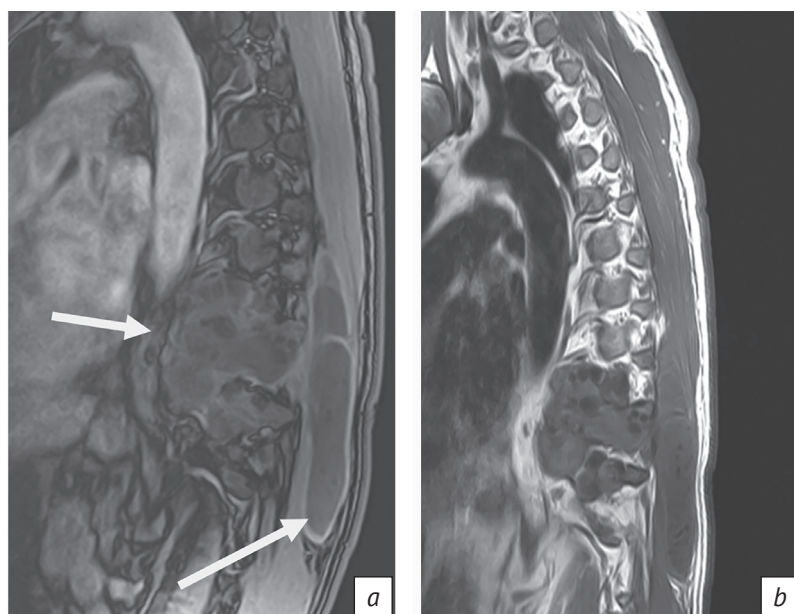


Рис. 6. T1-взвешенные МРТ-изображения в сагиттальной проекции до внутривенного контрастирования (а) и после него (b). Паравертебрально слева и в межпозвонковом отверстии, в мышцах спины расположено многокамерное кистозное образование по типу виноградной грозди, слабо накапливающее контрастный препарат стенками некоторых кист (стрелки). Имеется стенозирование позвоночного канала на уровне Th10–12 до 0,4 см. Определяется минимальный перифокальный отек трабекулярной костной ткани в теле позвонка Th10. Жидкостное скопление в области широчайшей мышцы спины слева характеризуется неоднородным магнитно-резонансным сигналом с множественными включениями

Fig. 6. T1-weighted MRI scans in sagittal projection before (a) and after (b) intravenous contrast injection. Paravertebrally to the left and in the intervertebral foramen, in back muscles, there is a multicameral cystic grape-like cluster, weakly accumulating contrast agent by the walls of some cysts (arrows). There is a spinal canal stenosis at Th10–12 level up to 0.4 cm. Minimal perifoal edema of trabecular bone tissue in Th10 vertebral body is determined. The liquid accumulation in the area of left latissimus dorsi muscle is characterized by an inhomogeneous magnetic resonance signal with multiple inclusions

ковых кист, декомпрессивно-стабилизирующая операция на позвоночнике (позвонки Th9–12), ламинэктомия, декомпрессия невральных структур, повторная декомпрессивно-стабилизирующая операция на уровне позвонков L2–3, удаление эхинококковых кист, очередная декомпрессивно-стабилизирующая операция на поясничном уровне позвоночника с удалением эхинококковой кисты.

При **МРТ, выполненной в послеоперационном периоде** в 2022 г., оценка спинного мозга на уровне Th8–12-позвонков затруднена в связи с наличием металлических артефактов от фиксирующей конструкции. В просвете дурального мешка на уровне Th11–12-позвонков имеются линейные структуры – возможно, перетяжки. Паравerteбрально на уровне Th9–L1-позвонков, в просвете межпозвоночных отверстий на уровне Th11–12-позвонков с обеих сторон и на уровне Th12–L1-позвонков справа, в заднем окопозвоночном пространстве слева визуализируются многокамерные кистозные образования неправильной формы, с четкими контурами, размерами до 4,0×3,1×9,5 см.

Сделано следующее заключение: «Состояние после хирургического лечения по поводу эхинококковой кисты позвоночника в 2021 г. Многокамерные кистозные образования паравerteбрально, на уровне позвонков Th9–L1, в просвете межпозвоночных отверстий на уровне позвонков Th11–12 с обеих сторон и на уровне Th12–L1 справа, в заднем окопозвоночном пространстве слева».

В сравнении с дооперационным МРТ-исследованием отмечается положительная динамика с отсутствием стенозирования позвоночного канала, выполнено иссечение большей части кистозных элементов.

Обсуждение / Discussion

Эхинококкоз костей встречается примерно в 2% случаев эхинококковых поражений, а на СЭ из этого количества приходится около половины случаев. Сдавление спинного мозга часто встречается при спинальном поражении (у 40–70% пациентов) [18, 33, 34].

Возможности рентгенографии ограничены при диагностике данной формы поражения. Тем не менее выполненное на догоспитальном этапе рентгеновское исследование позвоночника помогло в постановке предварительного диагноза

и послужило основанием для направления на госпитализацию.

КТ также не обладает возможностью получения оптимальной информации в постановке диагноза кистозного паразитарного поражения позвоночника. С учетом отсутствия четкой картины СЭ на КТ потребовалось выполнение МРТ, при которой выявлено мультикистозное образование с распространением в позвоночный канал с невральными компрессиями. Отмечены следующие особенности выявленных многокамерных кист: пониженная интенсивность сигнала от кист, имеющих гипоинтенсивную стенку на T1-ВИ, едва заметное контрастирование стенки на изображениях, содержимое кист на T2-ВИ гиперинтенсивно, а стенки кист гипоинтенсивны, наличие деформированных кист с гетерогенным содержанием по T1-ВИ и T2-ВИ (вероятно, погибшие кисты). Эти симптомы позволили по результатам МРТ высказать предположение об эхинококковой природе кист, хотя с категоричностью отвергнуть опухолевое поражение не представлялось возможным [6, 16–33, 35, 36].

Данные клинического обследования, использование методов лучевой диагностики при СЭ в большинстве случаев не позволяют однозначно поставить диагноз, хотя своевременная постановка диагноза имеет важное значение, так как имеется высокий риск распространения патологического процесса.

Заключение / Conclusion

Комплексное лучевое обследование с применением рентгенографии, КТ и МРТ обеспечивает получение значительного объема необходимой информации при диагностике СЭ.

КТ позволяет дать подробную оценку поражения костных структур при СЭ. Данные, полученные при КТ, необходимы при планировании оперативного вмешательства.

МРТ является важным методом для уточнения диагноза, поскольку обеспечивает отличную визуализацию структур позвоночного канала, прежде всего оболочечных пространств и спинного мозга, в сочетании с хорошим качеством изображения костных структур и окопозвоночных мягких тканей. Кроме того, МРТ позволяет обнаружить ряд признаков кистозных образований, характерных для эхинококкового поражения.

Литература [References]

1. Кармазановский Г.Г., Черемисинов О.В., Журавлев В.А. Лучевая диагностика эхинококкоза. М.: Видар-М; 2006: 151 с. [Karmazanovsky GG, Cheremisinov OV, Zhuravlev VA. Radiation diagnosis of echinococcosis. Moscow: Vidar-M; 2006: 151 pp. (in Russ).]
2. Lewall DB. Hydatid disease: biology, pathology, imaging and classification. Clin Radiol. 1998; 53(12): 863–74. [https://doi.org/10.1016/s0009-9260\(98\)80212-2](https://doi.org/10.1016/s0009-9260(98)80212-2).
3. Ордабеков С.О., Монтаев А.А. Эхинококкоз позвоночника с компрессией спинного мозга. Хирургия Казахстана. 1997; 1–2: 65–8.

- [Ordabekov SO, Montaev AA. Spine echinococcosis with spinal cord compression. *Kirurgiya Kazakhstana*. 1997; 1–2: 65–8 (in Russ).]
4. Osborn AG. *Diagnostic neuroradiology*. St Louis Mo: Mosby; 1994: 7.
 5. Erman T, Tuna M, Göçer I, et al. Intracranial intraosseous hydatid cyst. Case report and review of literature. *Neurosurg Focus*. 2001; 11(1): ECP1. <https://doi.org/10.3171/foc.2001.11.1.9>.
 6. Ursini T, Rodari P, Badona Monteiro G, et al. Large multicystic spinal lesion in a young African migrant: a problem of differential diagnosis. *BMJ Case Rep*. 2021; 14(7): e242690. <https://doi.org/10.1136/bcr-2021-242690>.
 7. Deplazes P, Rinaldi L, Alvarez Rojas CA, et al. Global distribution of alveolar and cystic echinococcosis. *Adv Parasitol*. 2017; 95: 315–493. <https://doi.org/10.1016/bs.apar.2016.11.001>.
 8. Savardekar A, Singla N, Mohindra S, et al. Cystic spinal schwannomas: a short series of six cases. Can we predict them preoperatively? *Surg Neurol Int*. 2014; 5(Suppl 7): S349–53. <https://doi.org/10.4103/2152-7806.139666>.
 9. Radiopedia. Spinal hydatid disease. Available at: <https://radiopaedia.org/articles/spinal-hydatid-disease?lang=us> (accessed 29.04.2024).
 10. Neumayr A, Tamarozzi F, Goblrirsch S, et al. Spinal cystic echinococcosis – a systematic analysis and review of the literature: Part 1. Epidemiology and anatomy. *PLoS Negl Trop Dis*. 2013; 7(9): e2450. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002450>.
 11. Pedrosa I, Saiz A, Arrazola J, et al. Hydatid disease: radiologic and pathologic features and complications. *Radiographics*. 2000; 20(3): 795–817. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.3.g00ma06795>.
 12. Ross J, Moore K. *Diagnostic imaging: spine*. 4th ed. Elsevier; 2020: 430–3.
 13. Manaster BG. *Diagnostic imaging: musculoskeletal non-traumatic disease*. 2nd ed. Elsevier; 2016: 101–79.
 14. Kourias B. Apropos of 2000 cases of operated hydatid cysts. Brief considerations of a statistical and surgical nature. *Presse Med*. 1961; 69: 165–8 (in French).
 15. Hamdan TA, Al-Kaisy MA. Dumbbell hydatid cyst of the spine: case report and review of the literature. *Spine*. 2000; 25(10): 1296–9. <https://doi.org/10.1097/00007632-200005150-00018>.
 16. Turgut M. (Ed) *Hydatidosis of the central nervous system: diagnosis and treatment*. Springer; 2014: 338 pp.
 17. Ozer AF, Ozek MM, Pamir MN, Erzen C. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of spinal hydatid cyst disease. Case report. *Paraplegia*. 1993; 31(5): 338–40. <https://doi.org/10.1038/sc.1993.58>.
 18. Secer HI, Anik I, Celik E, et al. Spinal hydatid cyst mimicking arachnoid cyst on magnetic resonance imaging. *J Spinal Cord Med*. 2008; 31(1): 106–8. <https://doi.org/10.1080/10790268.2008.11753990>.
 19. Hamdan TA. Hydatid disease of the spine: a report on nine patients. *Int Orthop*. 2012; 36(2): 427–32. <https://doi.org/10.1007/s00264-011-1480-7>.
 20. Xin L, Wang Z, Fan S. Magnetic resonance imaging and computerised tomography findings in an intraspinal extradural hydatid cyst mimicking tuberculous spondylitis: a case report. *Cases J*. 2009; 2: 7109. <https://doi.org/10.4076/1757-1626-2-7109>.
 21. İşlekel S, Erşahin Y, Zileli M, et al. Spinal hydatid disease. *Spinal Cord*. 1998; 36(3): 166–70. <https://doi.org/10.1038/sj.sc.3100512>.
 22. Jain S, Verma A, Rohra S. A rare case to primary spinal hydatid cyst presenting with neurodeficit. *J Orthop Traumatol Rehabil*. 2017; 9(2): 134–8. https://doi.org/10.4103/jotr.jotr_31_16.
 23. Berk C, Ciftçi E, Erdogan A. MRI in primary intraspinal extradural hydatid disease: case report. *Neuroradiology*. 1998; 40(6): 390–2. <https://doi.org/10.1007/s002340050608>.
 24. Wahid TA, Abdul Wahid AT. Hydatid cyst of the spine a study of 25 patients. *J Fac Med Baghdad*. 2017; 59(4): 291–3. <https://doi.org/10.32007/jfacmedbagdad.59462>.
 25. Ahmadi SM, Meibodi KT, Raeesi N, et al. Incidentally diagnosed multiple intradural extramedullary spinal hydatidosis in a young adult: a case report and review of the literature. *Clin Case Rep*. 2023; 11(7): e7691. <https://doi.org/10.1002/ccr3.7691>.
 26. Zhang T, Ma LH, Liu H, Li SK. Incurable and refractory spinal cystic echinococcosis: a case report. *World J Clin Cases*. 2021; 9(33): 10337–44. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v9.i33.10337>.
 27. Arif SH, Zaheer S. Intradural extramedullary primary hydatid cyst of the spine in a child: a very rare presentation. *Eur Spine J*. 2009; 18(Suppl 2): S179–82. <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0777-8>.
 28. Kafaji A, Al-Zain T, Lemcke J, Al-Zain F. Spinal manifestation of hydatid disease: a case series of 36 patients. *World Neurosurg*. 2013; 80(5): 620–6. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2013.06.013>.
 29. Lam KS, Faraj A, Mulholland RC, Finch RG. Medical decompression of vertebral hydatidosis. *Spine*. 1997; 22(17): 2050–5. <https://doi.org/10.1097/00007632-199709010-00023>.
 30. Segura-Trepichio M, Montoya-Nuñez JM, Candela-Zaplan D, et al. Primary sacral hydatid cyst mimicking a neurogenic tumor in chronic low back pain: case report and review of the literature. *J Neurosci Rural Pract*. 2016; 7(Suppl 1): S112–6. <https://doi.org/10.4103/0976-3147.196456>.
 31. Singh N, Anand T, Singh DK. Imaging diagnosis and management of primary spinal hydatid disease: a case series. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2022; 53: 106. <https://doi.org/10.1186/s43055-022-00785-1>.
 32. Mansfield BS, Pieton K, Pather S. Spinal cystic echinococcosis. *Am J Trop Med Hyg*. 2019; 100(1): 9–10. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.18-0588>.
 33. Zhang B, Zhang L, Zhou H, et al. Progressive compressive myelopathy induced by a rare primary isolated thoracic vertebral hydatid cyst. *Medicine*. 2021; 100(11): e25177. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000025177>.
 34. Meinel TR, Gottstein B, Geib V, et al. Vertebral alveolar echinococcosis case report, systematic analysis, and review of the literature. *Lancet Infect Dis*. 2018; 18(3): e87–98. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30335-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30335-3).
 35. Das G, Nanda SN, Sahu NK, et al. Hydatid cyst of dorsal spine masquerading as tubercular infection: a case report and review of literature. *Asian J Neurosurg*. 2021; 16(4): 886–9. https://doi.org/10.4103/ajns.ajns_199_21.
 36. Наумов Д.Г., Вишнеvский А.А., Ткач С.Г., Аветисян А.О. Эхинококковое поражение шейно-грудного отдела позвоночника у беременной: клинический случай и обзор литературы. *Травматология и ортопедия России*. 2021; 27(4): 102–10. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-1668>. [Naumov DG, Vishnevskiy AA, Tkach SG, Avetisyan AO. Spinal hydatid disease of cervico-thoracic in pregnant women: a case report and review. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2021; 27(4): 102–10 (in Russ). <https://doi.org/10.21823/2311-2905-1668>.]



Почечноклеточный рак в сочетании с организуемой пневмонией

Заря В.А., Макогонова М.Е., Гаврилов П.В.

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, ул. Политехническая, 32, Санкт-Петербург, 194064, Российская Федерация

Заря Валерия Алексеевна, клинический ординатор по специальности «рентгенология» ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0001-7956-3719>

Макогонова Марина Евгеньевна, к. м. н., ст. науч. сотр. ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0001-6760-2426>

Гаврилов Павел Владимирович, к. м. н., вед. науч. сотр. ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0003-3251-4084>

Резюме

Солитарное округлое образование в легких – это сложная дифференциально-диагностическая ситуация. Список патологических процессов, проявляющихся округлым образованием в легких, довольно большой, в том числе это может быть и организуемая пневмония, КТ-картина при которой неспецифична. Постановка корректного диагноза требует сопоставления данных лучевого обследования с анамнезом, результатами инвазивных и морфологических исследований. В представленном клиническом наблюдении показаны сложности диагностики сочетания округлого образования легких и объемного образования почки.

Ключевые слова: компьютерная томография; КТ; почечноклеточный рак; организуемая пневмония; образование в легких.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Заря В.А., Макогонова М.Е., Гаврилов П.В. Почечноклеточный рак в сочетании с организуемой пневмонией. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 102–106. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-102-106>

Для корреспонденции: Заря Валерия Алексеевна, E-mail: zariandra@mail.ru

Статья поступила 16.04.2024

После доработки 22.05.2024

Принята к печати 09.07.2024

Combination of Renal Cell Carcinoma and Organizing Pneumonia

Valeriya A. Zarya, Marina E. Makogonova, Pavel V. Gavrilov

Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology, ul. Politekhnikeskaya, 32, Saint-Petersburg, 194064, Russian Federation

Valeriya A. Zarya, Clinical Resident in Radiology, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology;
<http://orcid.org/0000-0001-7956-3719>

Marina E. Makogonova, Cand. Med. Sc., Senior Researcher, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology;
<http://orcid.org/0000-0001-6760-2426>

Pavel V. Gavrilov, Cand. Med. Sc., Leading Researcher, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology;
<http://orcid.org/0000-0003-3251-4084>

Abstract

Solitary pulmonary nodule is a difficult case for differential diagnosis. The list of pathological processes manifested by pulmonary nodule is quite large, including organizing pneumonia, which has non-specific CT picture. A correct diagnosis requires comparing the radiation examination data with anamnesis, the results of invasive and morphological studies. The presented clinical case shows the difficulties of diagnosing a combination of pulmonary nodule and extensive renal mass.

Keywords: computed tomography; CT; renal cell carcinoma; organizing pneumonia; lung nodule.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Zarya VA, Makogonova ME, Gavrilov PV. Combination of renal cell carcinoma and organizing pneumonia. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 102–106 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-102-106>

For corresponding: Valeriya A. Zarya, E-mail: zariandra@mail.ru

Received April 16, 2024

Revised May 22, 2024

Accepted July 9, 2024

Введение / Introduction

Организирующая пневмония – это собирательный рентгенологический и гистологический термин для обозначения патологии, входящей в группу интерстициальных заболеваний легких [1]. Организирующую пневмонию разделяют на первичную и реактивную, а реактивная, в свою очередь, может быть с известной или неустановленной этиологией [2].

Данные компьютерной томографии (КТ) при организирующей пневмонии неспецифичны. Этот процесс чаще всего характеризуется зонами уплотнения легочной ткани по типу матового стекла, окруженными участками консолидации (симптом обратного венца), двусторонними участками консолидации, бронхоэктазами в сочетании с ретикулярной исчерченностью, утолщением междольковых перегородок. Более редким вариантом является

единичная зона консолидации или уплотнения легочной ткани по типу матового стекла [3, 4]. Именно по этой причине для установки корректного диагноза необходимо сопоставление лучевой картины с данными анамнеза, а также результатами инвазивных и морфологических исследований.

В некоторых случаях фокальный вариант организирующей пневмонии может оказаться морфологическим субстратом солитарного округлого образования в легком. Тогда в дифференциальном ряду одновременно будут располагаться представители «большой тройки»: периферический рак легкого, неспецифический инфекционный процесс и туберкулез легкого [2, 5, 6].

Представляем клиническое наблюдение, демонстрирующее сложности дифференциальной диагностики солитарного округлого образования в легком.

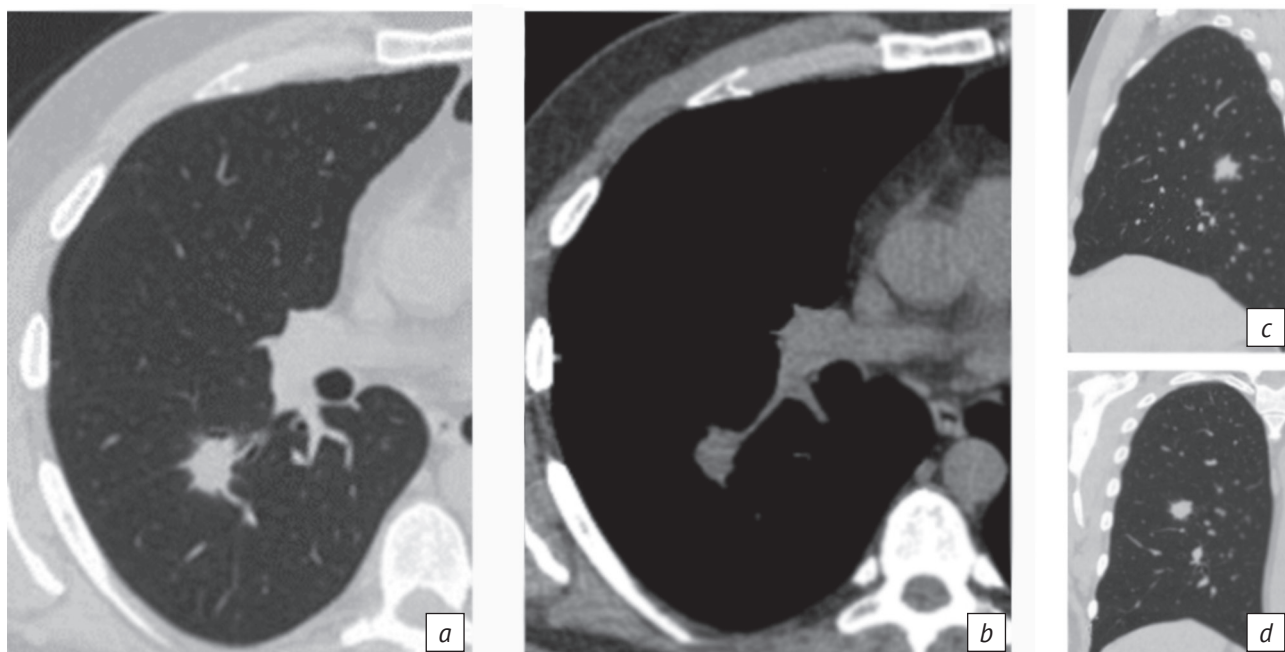


Рис. 1. Компьютерные томограммы органов грудной клетки при первичном выявлении патологии:

a – легочное окно, аксиальная плоскость; *b* – мягкотканное окно, аксиальная плоскость; *c* – легочное окно, сагиттальная плоскость; *d* – легочное окно, корональная плоскость

Fig. 1. Chest computed tomograms in the initial detection of pathology:

a – pulmonary window, axial plane; *b* – soft tissue window, axial plane; *c* – pulmonary window, sagittal plane; *d* – soft tissue window, coronal plane

Описание случая / Case report

Пациент 46 лет обратился к терапевту с болями в правой половине грудной клетки. Из анамнеза известно, что 25 годами ранее он перенес правостороннюю пневмонию, впоследствии также периодически беспокоили боли справа.

На **рентгенограмме органов грудной клетки** обнаружено одиночное округлое образование в правом легком.

Для выяснения характера изменений была назначена **КТ органов грудной клетки**. Подтвердилось наличие патологического образования в нижней доле правого легкого. Определялось образование солидного типа с лучистым и бугристым контуром, диаметром до 17 мм, однородной структуры, без деструкции и кальцинатов (рис. 1).

По решению дифференциально-диагностической комиссии пациент был госпитализирован в хирургическое отделение ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России для дообследования.

В стационаре выполнена **КТ с внутривенным болюсным контрастированием**, на которой

образование нижней доли правого легкого показало градиент накопления до 35 HU (от +10 HU в нативную фазу до +20 HU в артериальную фазу и до +45 HU в венозную фазу). Внутригрудные лимфатические узлы не увеличены (до 5 мм по короткому размеру в аксиальной плоскости). Дополнительно обнаружено округлое образование верхнего полюса правой почки, расположенное субкапсулярно, диаметром до 25 мм, с четкими контурами и градиентом накопления контрастного вещества до +60 HU (от +15 HU в нативную фазу, до +40 HU в артериальную фазу и до +75 HU в венозную фазу) (рис. 2).

КТ-картина наиболее соответствовала объемному новообразованию почки и в первую очередь требовала исключения почечноклеточного рака. Учитывая патологический процесс в почке, результаты КТ не позволяли полностью исключить метастаз рака почки в легком. Увеличенные лимфатические узлы в брюшной полости не определялись.

На первоначальном этапе для верификации процесса в легком выполнена чрезбронхиальная биопсия легкого, результат которой был неинформативен. В связи с неинформативностью мини-

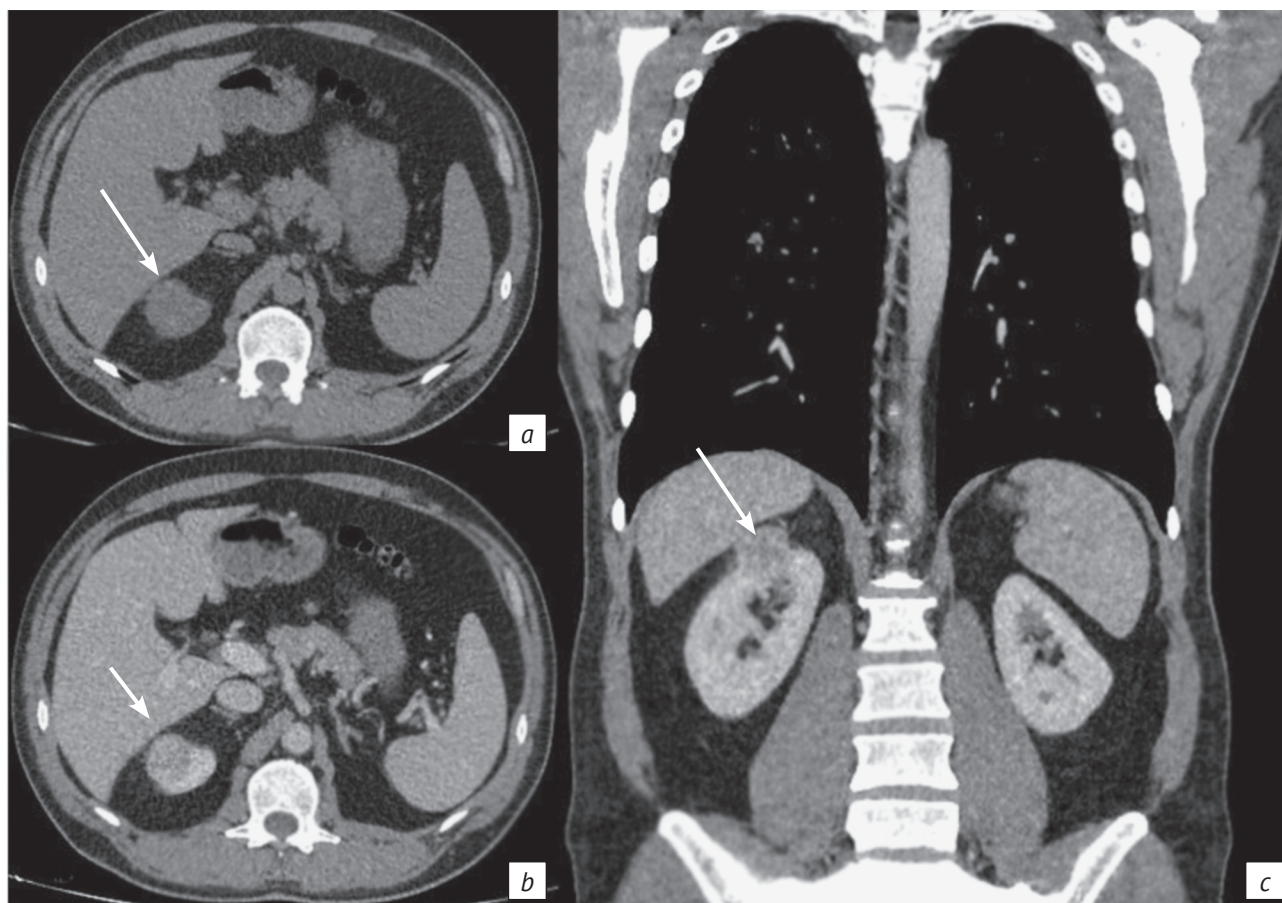


Рис. 2. Компьютерные томограммы органов брюшной полости с внутривенным контрастированием (а–с), стрелки указывают на образование в правой почке

Fig. 2. Abdominal computed tomograms with intravenous contrast (a–c), the arrows indicate a mass in the right kidney

инвазивной верификации через 1 мес после первичного обращения мультидисциплинарной командой было принято решение провести этапное хирургическое лечение, включающее видеоторакоскопию (ВТС) справа, расширенную нижнюю лобэктомию и резекцию верхнего полюса правой почки. Гистологическое исследование материала, полученного при ВТС расширенной нижней лобэктомии справа, показало организирующую пневмонию.

Спустя еще 1 мес проведена лапароскопическая энуклиорезекция верхнего полюса правой почки с новообразованием. Гистологическое исследование операционного материала показало светлоклеточный почечноклеточный рак G2 с вращением в капсулу.

Обсуждение / Discussion

В нашем клиническом случае по полученным данным о пациенте не представлялось возможным однозначно определить природу образования в правом легком. Поэтому появилась необходимость рассмотреть дифференциальный ряд, включающий три заболевания: онкопатология (как первичная опухоль, так и метастаз рака почки), туберкулез и пневмония (как обычная бактериальная инфекция, так и организирующая пневмония).

С учетом выявленных изменений в почке, типичных для опухолевого процесса, параллельное выявление объемного образования легкого в первую очередь требовало исключения метастатического процесса. Метастазы в легкие типичны для почечноклеточного рака и составляют 45% от всех метастазов данной нозологии. Обычно процесс протекает бессимптомно и может проявиться при любой стадии. В настоящее время не разработано достоверных отличий метастаза рака почки и других заболеваний, проявляющихся округлым образованием легких, по данным лучевых методов. В случаях, когда возникают сомнения, требуется морфологическая верификация [7].

Однако скиалогические признаки данного образования (солитарное, полигональной формы, с умеренным накоплением контрастного вещества) не были типичны для метастазов рака почки. Характерной скиалогической картиной для почечноклеточного рака являются множественные разнокалиберные метастазы с интенсивным накоплением контрастного вещества, в некоторых случаях связанные с сосудами. Метастазы опухоли почки

достаточно редко могут быть представлены единственным образованием [7]. По КТ-картине можно было предположить первичную опухоль легкого из-за лучистого и бугристого контура, а также накопления контрастирующего препарата в сочетании с отсутствием клинических проявлений [6].

Образование легкого было нетипично для туберкулеза в силу того, что его структура не содержит участков деструкции и кальцинации, а окружающая ткань полностью интактна. Для туберкулезных изменений характерна диаметрально противоположная рентгенологическая картина, к тому же эпидемиологический анамнез пациента не был отягощен [8].

Последним возможным вариантом в дифференциальном ряду являлась пневмония. При этом у больного отсутствовали какие-либо клинические проявления, соответствующие данной патологии. Однако это не позволяло полностью исключить пневмонию, так как в литературе описаны случаи ее бессимптомного течения [9].

Таим образом, исходя из клинических и рентгенологических данных, наиболее вероятным диагнозом была первичная опухоль легкого. На основании этого строилась дальнейшая тактика ведения пациента.

Поскольку КТ-картина при организирующей пневмонии крайне неспецифична и может быть схожей с другими патологиями, необходимо исключать все возможные варианты, используя лабораторные и инструментальные методы диагностики. Только в случае, когда все вероятные диагнозы отвергнуты, имеет смысл выносить заключение об организирующей пневмонии.

Заключение / Conclusion

Приведенное нами наблюдение подтверждает, что дифференциальная диагностика округлых образований легких представляет собой непростую задачу в силу сходства скиалогической картины патологий в дифференциальном ряду. Наибольшие сложности связаны с сочетанными поражениями при наличии округлого образования в легком и онкологического заболевания другой локализации. Любые случаи, вызывающие сомнения в этиологии процесса, требуют морфологической верификации. Организирующая пневмония, в свою очередь, является диагнозом исключения, постановка которого возможна только после комплексного обследования.

Литература

1. Travis WD, Costabel U, Hansell DM, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update of the international multidisciplinary classification of the idiopathic interstitial pneumonias. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013; 188(6): 733–48. <https://doi.org/10.1164/rccm.201308-1483ST>.
2. Юдин А.Л., Абович Ю.А., Юматова Е.А. и др. Аспекты компьютерной томографии в диагностике организуемой пневмонии. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2019; 9(3): 176–89. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-3-176-189>.
3. Abou Elkassem AM, Lo SS, Gunn AJ, et al. Role of imaging in renal cell carcinoma: a multidisciplinary perspective. *Radiographics*. 2021; 41(5): 1387–407. <https://doi.org/10.1148/rg.2021200202>.
4. Torrealba JR, Fisher S, Kanne JP, et al. Pathology-radiology correlation of common and uncommon computed tomographic patterns of organizing pneumonia. *Hum Pathol*. 2018; 71: 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.humpath.2017.10.028>.
5. Гаврилов П.В., Баулин И.А., Лукина О.В. Стандартизованная интерпретация и контроль выявленных одиночных образований в легких по системе Lung Imaging Reporting and Data System (Lung-RADS™). *Медицинский альянс*. 2017; 3: 17–27.
6. Тюрин И.Е. Одиночные очаги в легких: критерии дифференциальной диагностики. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2013; 3(3) 50–2.
7. Vig SVL, Zan E, Kang SK. Imaging for metastatic renal cell carcinoma. *Urol Clin North Am*. 2020; 47(3): 281–91. <https://doi.org/10.1016/j.ucl.2020.04.005>.
8. Яблонский П.К. (ред.) Фтизиатрия. Национальные клинические рекомендации. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2015: 240 с.
9. Huang YQ, Xi W, Sun KK, et al. A case of *Cryptococcus gattii* pneumonia. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2023; 46(2): 164–7 (in Chinese). <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112147-20221002-00796>.

References

1. Travis WD, Costabel U, Hansell DM, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update of the international multidisciplinary classification of the idiopathic interstitial pneumonias. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013; 188(6): 733–48. <https://doi.org/10.1164/rccm.201308-1483ST>.
2. Yudin AL, Abovich YuA, Yumatova EA, et al. Aspects of computed tomography in diagnostics of organizing pneumonia. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019; 9(3): 176–89 (in Russ). <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-3-176-189>.
3. Abou Elkassem AM, Lo SS, Gunn AJ, et al. Role of imaging in renal cell carcinoma: a multidisciplinary perspective. *Radiographics*. 2021; 41(5): 1387–407. <https://doi.org/10.1148/rg.2021200202>.
4. Torrealba JR, Fisher S, Kanne JP, et al. Pathology-radiology correlation of common and uncommon computed tomographic patterns of organizing pneumonia. *Hum Pathol*. 2018; 71: 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.humpath.2017.10.028>.
5. Gavrilov PV, Baulin IA, Lukina OV. Standardized interpretation and control of identified single lung nodule by the Lung Imaging Reporting and Data System (Lung-RADS™). *Medical Alliance*. 2017; 3: 17–27 (in Russ).
6. Turin IE. Solitary pulmonary lesions: differential diagnosis criteria. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2013; 3(3) 50–2 (in Russ).
7. Vig SVL, Zan E, Kang SK. Imaging for metastatic renal cell carcinoma. *Urol Clin North Am*. 2020; 47(3): 281–91. <https://doi.org/10.1016/j.ucl.2020.04.005>.
8. Yablonskiy PK (Ed). *Phthisiology. National clinical guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media; 2015: 240 pp (in Russ).
9. Huang YQ, Xi W, Sun KK, et al. A case of *Cryptococcus gattii* pneumonia. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2023; 46(2): 164–7 (in Chinese). <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112147-20221002-00796>.



Взгляд радиотерапевта на роль современной диагностической визуализации в предлучевой подготовке пациентов с олигометастатической болезнью к проведению конформной радиотерапии

Паньшин Г.А.¹, Нуднов Н.В.^{1, 2}

¹ ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России, ул. Профсоюзная, 86, Москва, 117997, Российская Федерация

² ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Баррикадная, 2/1, стр.1, Москва, 125993, Российская Федерация

Паньшин Георгий Александрович, д. м. н., профессор, гл. науч. сотр. лаборатории лучевой терапии и комплексных методов лечения онкологических заболеваний научно-исследовательского отдела комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0003-1106-6358>

Нуднов Николай Васильевич, д. м. н., профессор, зам. директора по научной работе, заведующий научно-исследовательским отделом комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России, профессор кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Резюме

Диагностическая визуализация олигометастатической болезни является сложной задачей, поскольку требует определения точной локорегионарной стадии основного заболевания и оценки состояния всего тела с точки зрения возможного диффузного распространения отдаленных метастазов, что нередко подразумевает сочетание различных инструментальных методов. В каждом конкретном случае визуализационный метод выбирается в зависимости от типа новообразования, времени проведения диагностики, возможного реализованного ранее этапа специального противоопухолевого лечения, а также индивидуального риска развития отдаленных метастазов, наиболее характерного для данного вида опухолевого процесса. На сегодняшний день наряду с некоторыми диагностическими приемами, которые ранее постоянно использовались в повседневной практике, но постепенно утрачивают клиническое применение, наиболее часто проводятся компьютерная томография (КТ) с контрастным усилением, магнитно-резонансная томография, а также метаболическая и специфическая визуализация рецепторов, например совмещенная с КТ позитронно-эмиссионная томография с ¹⁸F-фтордезоксиглюкозой, – отдельно или в различных комбинациях.

Ключевые слова: олигометастатическая болезнь; предлучевая диагностическая визуализация; дистанционная стереотаксическая аблационная радиотерапия тела.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Паньшин Г.А., Нуднов Н.В. Взгляд радиотерапевта на роль современной диагностической визуализации в предлучевой подготовке пациентов с олигометастатической болезнью к проведению конформной радиотерапии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 107–113. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-107-113>

Для корреспонденции: Паньшин Георгий Александрович, E-mail: g.a.panshin@mail.ru

Статья поступила 10.04.2024

После доработки 17.05.2024

Принята к печати 04.07.2024

Radiotherapist's View on the Role of Current Diagnostic Imaging in Pre-Radiation Preparation of Patients with Oligometastatic Disease for Conformal Radiotherapy

Georgiy A. Panshin¹, Nikolay V. Nudnov^{1, 2}

¹ Russian Scientific Center of Roentgenoradiology,
ul. Profsoyuznaya, 86, Moscow, 117997, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuing Professional Education,
ul. Barrikadnaya, 2/1, str.1, Moscow, 125993, Russian Federation

Georgiy A. Panshin, Dr. Med. Sc., Professor, Senior Researcher, Laboratory of Radiation Therapy and Complex Methods of Cancer Treatment, Research Department of Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, Russian Scientific Center of Roentgenoradiology; <http://orcid.org/0000-0003-1106-6358>

Nikolay V. Nudnov, Dr. Med. Sc., Professor, Deputy Director for Scientific Work, Head of Research Department of Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy, Russian Scientific Center of Roentgenoradiology; Professor, Chair of Radiology and Nuclear Medicine, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; <http://orcid.org/0000-0001-5994-0468>

Abstract

Diagnostic imaging of oligometastatic disease is a difficult task, since it requires determining the exact locoregional stage of the underlying disease and assessing the condition of the entire body in terms of possible diffuse spread of distant metastases, which presupposes a fairly frequent combination of various instrumental methods. In each specific case, a more accurate imaging method is chosen depending on the type of tumor, time of diagnosis, possible previously implemented stage of special antitumor treatment, as well as the individual risk of developing distant metastases, the most characteristic for this type of tumor process. Today, along with some diagnostic techniques that were previously constantly used in everyday practice, but are gradually losing their long-standing clinical application, such imaging methods as contrast-enhanced computed tomography (CT), magnetic resonance imaging, as well as metabolic and specific receptor imaging, for example, CT combined with positron emission tomography with ¹⁸F-fluorodeoxyglucose, are most commonly performed, alone or in various combinations.

Keywords: oligometastatic disease; pre-radiation diagnostic imaging; external stereotactic ablative radiotherapy of the body.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citation: Panshin GA, Nudnov NV. Radiotherapist's view on the role of current diagnostic imaging in pre-radiation preparation of patients with oligometastatic disease for conformal radiotherapy. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 107–113 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-107-113>

For corresponding: Georgiy A. Panshin, E-mail: g.a.panshin@mail.ru

Received April 10, 2024

Revised May 17, 2024

Accepted July 4, 2024

Введение / Introduction

Впервые концепцию олигометастатического заболевания предложили S. Hellman и R.R. Weichselbaum в 1995 г., и с того момента она стала быстро развивающейся областью клинической онкологии [1]. Авторы выдвинули гипотезу, что олигометастатическая болезнь (ОМБ) представляет собой клиническое временное окно между локализованной первичной опухолью и распространенными метастазами, для которых еще возможно проведение радикального лечения [1]. В реальной клинической практике понятие ОМБ включает спектр заболеваний, который подразумевает весьма гетерогенную популяцию пациентов с различным прогнозом.

Направленная на метастазы противоопухолевая терапия с местным абляционным лечением оказалась действенной альтернативой хирургическому подходу в такой клинической ситуации. В этом контексте дистанционная стереотаксическая абляционная радиотерапия тела (ДСАРТТ) продемонстрировала высокий уровень местного контроля над опухолевым процессом и увеличение показателей выживаемости больных при низком уровне ее токсичности.

В публикации 2023 г. [2] весьма подробно рассмотрены общие вопросы, касающиеся различных аспектов ОМБ, в том числе приведены данные по использованию ДСАРТТ в лечении ОМБ. Поэтому в данной статье мы попытались в довольно краткой форме представить современное состоя-

ние вопроса о роли диагностической визуализации, предшествующей проведению конформной ДСАПТ у пациентов с ОМБ, которая способствует повышению эффективности специального противоопухолевого лечения данной категории онкологических больных.

Методы визуализации при предрадиотерапевтической подготовке пациентов с ОМБ / Visualization methods in pre-radiation preparation of patients with oligometastatic disease

В клинической практике наиболее частыми местами метастазирования различных типов злокачественных опухолей являются легкие, печень, головной мозг, лимфатические узлы и скелет. Первые два анатомических региона требуют применения специальной методики визуализации – компьютерной томографии (КТ) грудной клетки для легких и КТ брюшной полости или магнитно-резонансной томографии (МРТ) для головного мозга. Последние два лучше оцениваются при визуализации состояния всего тела для выявления возможного диссеминированного метастатического процесса.

Таким образом, для охвата всех потенциальных метастатических очагов часто используется комбинация диагностических методов, включающая прицельную визуализацию и визуализацию всего тела. Рекомендации по диагностической визуализации для каждого типа злокачественной опухоли важны для стандартизации и адекватного ведения пациентов с ОМБ.

Традиционные («устаревшие») методы Рентгенография

Использование рентгенограмм для выявления, в частности, костных поражений осевого скелета и таза является весьма недорогим и широкодоступным методом визуализации. Правда, в настоящее время он в значительной степени вышел из постоянного клинического применения из-за более низкой чувствительности по сравнению с другими способами. Это особенно важно при установлении состояния ОМБ, где необходим диагностический метод с весьма высокой чувствительностью. Однако, несмотря на ограничения, рентгенограммы пока еще используются для динамического наблюдения, например, за метастатическими поражениями костей конечностей из-за их широкой доступности и относительной низкой стоимости.

Ультразвуковое исследование

Ультразвук обеспечивает превосходное пространственное разрешение и визуализацию очага поражения в реальном времени для проведения биопсии, определения намечаемого облучаемого

объема тканей или целенаправленного анализа результатов проведенного специального лечения. Однако он не слишком подходит для оценки состояния всего тела в плане возможного наличия или динамического наблюдения за уже имеющимися метастазами. Некоторые ограничения метода включают также его зависимость от квалификации оператора и неспособность визуализировать, к примеру, глубокие кортикальные слои кости и газы в кишечнике. В целом в настоящее время ультразвук играет довольно незначительную роль в установлении реального состояния ОМБ.

В то же время следует отметить, что при отсутствии КТ и МРТ ультразвуковое исследование может в ряде случаев служить альтернативным диагностическим тестом (например, для оценки состояния печени). При этом в этом контексте именно ультразвук с контрастным усилением способен обеспечить довольно эффективное обнаружение и характеристику метастатических поражений [3].

Современные методы

Визуализация играет ключевую роль в дифференциации ОМБ от полиметастатической болезни. Наиболее адекватные в каждом клиническом наблюдении методы визуализации для диагностики, определения стадии и последующего динамического наблюдения различаются в зависимости от типа опухоли, времени между началом исследования и возможным уже проведенным специальным противоопухолевым лечением, локализации метастазов, а также индивидуального риска развития процесса метастазирования у пациентов с определенным, характерным для данного вида опухолевого процесса развитием отдаленных метастазов.

При этом визуализация, обеспечивающая макроморфологическую характеристику патологического процесса при оценке ОМБ (диффузные поражения, размеры, форма и контуры метастатического очага), должна быть весьма чувствительной. Крайне важно избегать пропуска метастазов и игнорирования возможного наличия специфичной ОМБ, поскольку патоморфологическое подтверждение всех метастатических очагов нереально и практически неприемлемо. Таким образом, диагностическая визуализация ОМБ довольно часто требует сочетания целенаправленной визуализации для точного локорегионального стадирования опухолевого процесса и оценки реального состояния всего тела для определения возможного диффузного распространения отдаленных метастазов.

Компьютерная томография с контрастным усилением

Торако-абдомино-тазовая КТ с контрастным усилением является краеугольным камнем диагностической визуализации как быстрый, доступ-

ный и широко используемый на практике метод медицинской визуализации онкологических заболеваний. КТ остается лучшим инструментом визуализации метастазов, в частности в легких как наиболее часто поражаемом органе. Вместе с тем его эффективность для диагностики патологических лимфатических узлов и поражений костей довольно ограничена (чувствительность 57% при оценке лимфатических узлов и 72% при костных метастазах) [4, 5].

Кроме того, чувствительность данного визуализационного метода также недостаточна при диагностической оценке опухолей таза. Следовательно, КТ с контрастным усилением неэффективна при опухолях половых органов, для которых предпочтение отдается МРТ и позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Следует отметить, что в целом морфологическая визуализация обычно необходима на ранних стадиях опухолевого процесса, тогда как на более поздних стадиях, когда присутствуют возможные клинические изменения, вызванные ранее проведенным специальным противоопухолевым лечением, необходима функциональная визуализация, включая МРТ с диффузионно-взвешенными изображениями (ДВИ) или ПЭТ, интерес к практическому применению которых постоянно растет [6].

Магнитно-резонансная томография

МРТ обеспечивает высокую чувствительность при обнаружении, в частности, метастатических поражений благодаря высокому контрасту мягких тканей и широко используется для определения местной стадии опухолевого процесса, особенно для оценки возможной инвазии в соседние органы. Она рекомендуется при рутинном клиническом обследовании и подготовке к радиотерапии больных раком половых органов, прямой кишки, головы и шеи, молочной железы. При этом МРТ является предпочтительным методом визуализации для оценки метастазов в головной мозг [7] и показана в случае метастазов в костях, затрагивающих позвоночник, для оценки потенциально возможной компрессии позвоночника.

Весьма клинически интересной и востребованной разработкой, касающейся оптимального отбора пациентов для проведения адекватного высокотехнологичного радиотерапевтического лечения с применением стереотаксического облучения при наличии спинальных метастазов, является созданная сотрудниками Memorial Sloan-Kettering система принятия решений по интеграции доказательной медицины для лечения метастазов в позвоночник, включающая неврологические (N), онкологические (O) параметры, параметры механической нестабильности (M), наличие возможных системных и сопутствующих заболеваний (S), –

так называемая структура NOMS. Она представляет собой алгоритм последовательного и современного лечения спинальных метастазов, который обладает высокой воспроизводимостью и предусматривает применение менее инвазивных хирургических методов, таких как разделительная операция эпидуральной опухоли от спинного мозга и чрескожная стабилизация позвоночника с последующей реализацией высокотехнологичной стереотаксической радиохирургии [8]. МРТ также используется для оценки состояния в плане возможного метастатического поражения местнорасположенных лимфатических узлов.

В целом использование МРТ весьма эффективно для диагностической визуализации при ОМБ, но несколько лимитировано ее ограниченной доступностью и продолжительностью времени, необходимого для обследования, которое некоторые пациенты могут плохо переносить. Следует подчеркнуть, что помимо МРТ для локальной постановки диагноза расширяется применение МРТ всего тела, включая последовательности с ДВИ, T1-ВИ, T2-ВИ, уже продемонстрировавшие высокие чувствительность и специфичность для обнаружения отдаленных метастазов при раке простаты, молочной железы и меланомы, которые колеблются от 84% до 95% и от 87 до 95% соответственно [9–12]. Отметим, что использование МРТ всего тела в настоящее время все же ограничено ее доступностью, но постепенно она включается в клинические рекомендации как метод, который следует рассматривать, когда это возможно.

Метаболическая и рецептор-специфическая визуализация

Эти методы включают сцинтиграфию костей и ПЭТ/КТ. При ОМБ такие очень чувствительные инструменты часто необходимы для исключения наличия скрытых метастазов.

Сцинтиграфия костей является чувствительным методом выявления поражений костей, поскольку основана на поиске радиофармацевтических препаратов, которые накапливаются в ремоделируемой кости. В настоящее время она применяется для определения стадии, оценки ответа на лечение и уточнения локализации метастатического поражения при подготовке к проведению облучения пораженных участков у пациентов с раком предстательной железы среднего и высокого риска прогрессирования, поскольку известно, что сцинтиграфия костей чувствительна к обнаружению именно остеобластических поражений [13].

Следует подчеркнуть, что ПЭТ/КТ можно проводить с помощью различных радиофармпрепаратов, из которых наиболее широко используемым является фторированный аналог глюкозы ^{18}F -фтордезоксиглюкоза (^{18}F -ФДГ), которая на-

капливается в очагах поражения с высокой метаболической активностью. В то же время ПЭТ/КТ позволяет проводить функциональную визуализацию всего тела, что очень полезно для оценки, например, состояния лимфатических узлов и наличия возможных отдаленных метастазов. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в значительной степени заменила сцинтиграфию костей для определения реальной стадии опухолевого процесса, в частности рака молочной железы и легких, поскольку она более чувствительна к литическим поражениям и дает дополнительную информацию о поражении других органов [14].

Вместе с тем использование ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ ограничено из-за ее высокой стоимости, пока еще недостаточной доступности, определенного радиационного воздействия и неполного пространственного разрешения для поражений размером менее 1 см. Чувствительность этого метода зависит от типа опухоли и локализации метастазов. Например, ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ является рекомендуемым методом визуализации для обследования и подготовки к облучению пациентов с меланомой и раком головы и шеи, но недостаточно эффективна при обследовании больных со светлоклеточным раком почки, например, из-за его низкой метаболической активности. В целом применение ПЭТ/КТ может помочь четко идентифицировать ОМБ и потенциально способствовать улучшению результатов специального противоопухолевого лечения пациентов с использованием, в частности, ДСАРТТ. Однако необходимы дальнейшие исследования для разработки стандарта по выбору применения ДСАРТТ при различных видах ОМБ.

Стереотаксическая аблационная радиотерапия

На сегодняшний день ДСАРТТ уже завоевала довольно значительную популярность среди клиницистов благодаря весьма хорошей переносимости и высоким показателям локорегионарного контроля, приближающимся к 90%. Весьма важным обстоятельством является тот факт, что постоянное применение ДСАРТТ требует тщательного учета движения органов, а адаптивные технологии постоянно развиваются, чтобы сделать эти методы радиотерапевтического лечения более точными и прецизионными, приводящими в конечном итоге к все меньшему и меньшему количеству возможных побочных эффектов.

В настоящее время доказательства эффективности лечения олигометастазов основаны на результатах проверки концепции рандомизированного исследования SABR-COMET, которое продемонстрировало значительное увеличение общей выживаемости при использовании ДСАРТТ по сравнению со стандартной поддерживающей терапией (наилучшей на период проведения ис-

следований) [15–18]. С нашей точки зрения, будущие исследования должны быть сосредоточены на рандомизации пациентов на основе типа ОМБ и их стратификации с учетом количества метастазов, а также локализации заболевания (костная или висцеральная), поскольку это отдельные прогностические факторы, которые следует принимать во внимание.

На сегодняшний день новые рекомендации установили использование конкретной номенклатуры ОМБ в виде олигорецидива, олигопрогрессии и олигоперсистенции, учитывая, диагностируется ли олигометастатическое заболевание во время перерыва в специальном лечении или во время активной противоопухолевой системной терапии, а также прогрессируют ли олигометастатические очаги при текущей диагностической визуализации [19]. Эту классификацию и номенклатуру олигометастатических заболеваний следует дополнительно оценить в будущих клинических исследованиях, поскольку каждый подтип заболевания и олигометастатическое состояние могут иметь разные исходы. В данном контексте впоследствии ДСАРТТ можно было бы использовать в динамической концепции ОМБ. Если будет доказана ее безопасность, то многопольная ДСАРТТ может стать идеальным дополнением к современному системному противоопухолевому лечению. Следует также приложить усилия для получения парных биопсий опухолей до и после проведения специального лечения с целью определения, какие пациенты получают наибольшую пользу от применения ДСАРТТ.

В то же время важно помнить, что концепцию ОМБ, а также реализацию ДСАРТТ не следует рассматривать изолированно от текущего стандартного системного лечения, которое требуется для данного типа заболевания, а ее включение в типовое ведение онкологических больных потребует не только проспективных рандомизированных исследований, но и синергической работы междисциплинарной команды, способной оценивать пациентов в каждом отдельном случае и решать, когда и как включать ДСАРТТ в конкретный клинический сценарий.

Перспективные направления исследований

Методы диагностической визуализации становятся все более чувствительными, что особенно важно при планировании проведения ДСАРТТ. В перспективе может появиться возможность обнаруживать и локально воздействовать на те метастатические очаги, которые в настоящее время являются пока еще скрытым заболеванием, как было показано на примере использования ПЭТ-КТ с простатспецифическим мембранным антигеном при раке предстательной железы [20, 21].

По данным ряда исследований, для большинства пациентов с ОМБ характерно либо одиночное метастазирование, либо высокая опухолевая нагрузка с наличием более 10 метастазов, причем последняя часто бывает связана с поражением ограниченного числа органов. Эти результаты не только подтверждают спектральную теорию метастазирования, но и определяют разработку следующего поколения клинических исследований в области олигометастатических заболеваний [22–24].

В настоящее время появляются новые биомаркеры, например циркулирующие в крови опухолевые клетки (circulating tumor cells), способные идентифицировать пациентов, которым с большей вероятностью будет полезна местная абляционная терапия с применением ДСАРТТ [25–27]. Отбор больных, соответствующих олигометастатическому фенотипу, наряду с интеграцией достижений в технологиях абляционной радиотерапии с современными системными методами противоопухолевого лечения будет по-прежнему оставаться важной парадигмой в улучшении выживаемости пациентов при ОМБ.

Заключение / Conclusion

Диагностическая визуализация играет ключевую роль в дифференциации ОМБ от полиметастатической болезни, а следовательно, в выборе пациентов, которым потенциально может помочь именно радикальное абляционное лечение. Радиотерапевты должны знать об этом промежуточном состоянии между локальным и распространенным видом опухолевого процесса, что будет способствовать надлежащему индивидуальному определению, в первую очередь, реальной стадии ОМБ. Адекватные методы медицинской визуализации для диагностики, определения стадии и последующего динамического наблюдения за пациентами будут различаться в зависимости от типа опухоли, времени между выполнением диагностики и, возможно, уже проведенным специальным лечением, а также анатомического местоположения метастатических очагов и индивидуального вероятного риска метастазирования у каждого пациента с присущим ему фенотипом злокачественной опухоли.

В этом плане диагностическая визуализация ОМБ требует сочетания целенаправленной визуализации для точной локорегионарной постанов-

ки диагноза, касающегося первичной опухоли, а также оценки возможного процесса метастазирования во всем теле для обнаружения наличия предполагаемых отдаленных метастазов. С этой целью мультимодальная диагностическая визуализация часто имеет решающее значение для оценки степени и локализации олигометастатического заболевания у пациентов с риском развития ОМБ. Хотя в ряде случаев установление ОМБ остается пока еще достаточно сложной диагностической медицинской процедурой для некоторых видов злокачественных опухолей, интерес к этой теме постоянно растет, поскольку новые радиотерапевтические стратегии открывают оригинальные потенциальные варианты радикального лечения пациентов с ОМБ.

Подводя итог приведенным выше данным, можно заключить:

- местное абляционное лечение, направленное на метастазы, у онкологических пациентов с ОМБ может улучшить клинические исходы основного онкологического заболевания (при этом достижения в технологической реализации ДСАРТТ (иммобилизация и отслеживание движения органов, наведение по изображениям и адаптивное планирование) позволяют проводить абляционное лечение метастатических участков, которое ранее было не совсем адекватным);

- прогностические факторы для больных, у которых предусматривается эффективное применение ДСАРТТ, включают размер, локализацию и количество метастатических очагов, продолжительность интервала между окончанием специального лечения основного заболевания и началом прогрессирования, морфологическую характеристику первичной опухоли, количество этапов предыдущего системного лечения и статус его эффективности;

- олигометастатический фенотип будет развиваться по мере дальнейшего ретроспективного анализа данных, проведения проспективных рандомизированных клинических исследований, достижения прогресса в диагностической визуализации, разработки новых биомаркеров и дальнейших исследований по оптимизации реализации ДСАРТТ с применением современного системного и иммуноонкологического подхода к лечению пациентов с ОМБ.

Литература [References]

1. Hellman S, Weichselbaum RR. Oligometastases. *J Clin Oncol*. 1995; 13(1): 8–10. <https://doi.org/10.1200/JCO.1995.13.1.8>.
2. Паньшин Г.А. Олигометастатическая болезнь и дистанционная стереотаксическая абляционная радиотерапия тела (общие вопросы). *Вестник Российского научного центра рентгенодиагностики*. 2023; 23(3): 32–43.

[Panshin GA. Oligometastatic disease and remote stereotactic ablative radiotherapy of the body (general issues). *Vestnik of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology*. 2023; 23(3): 32–43 (in Russ).]

3. D'Onofrio M, Crosara S, De Robertis R. Contrast-enhanced ultrasound of focal liver lesions. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;

- 205(1): W56–66. <https://doi.org/10.2214/AJR.14.14203>.
4. O'Sullivan GJ, Carty FL, Cronin CG. Imaging of bone metastasis: an update. *World J Radiol.* 2015; 7(8): 202–11. <https://doi.org/10.4329/wjrv.7.8.202>.
5. Liu B, Gao S, Li S. A comprehensive comparison of CT, MRI, positron emission tomography or positron emission tomography/CT, and diffusion weighted imaging-MRI for detecting the lymph nodes metastases in patients with cervical cancer: a meta-analysis based on 67 studies. *Gynecol Obstet Invest.* 2017; 82(3): 209–22. <https://doi.org/10.1159/000456006>.
6. deSouza NM, Tempany CM. A risk-based approach to identifying oligometastatic disease on imaging. *Int J Cancer.* 2019; 144(3): 422–30. <https://doi.org/10.1002/ijc.31793>.
7. Lo SS, Gore EM, Bradley JD, et al. ACR Appropriateness Criteria® pre-irradiation evaluation and management of brain metastases. *J Palliat Med.* 2014; 17(8): 880–6. <https://doi.org/10.1089/jpm.2014.9417>.
8. Barzilai O, Laufer I, Yamada Y, et al. Integrating evidence-based medicine for treatment of spinal metastases into a decision framework: neurologic, oncologic, mechanical stability, and systemic disease. *J Clin Oncol.* 2017; 35(21): 2419–27. <https://doi.org/10.1200/JCO.2017.72.7362>.
9. Mizukami Y, Ueda S, Mizumoto A, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for detecting lymph node metastasis of rectal cancer. *World J Surg.* 2011; 35(4): 895–9. <https://doi.org/10.1007/s00268-011-0986-x>.
10. Lecouvet FE. Whole-body MR imaging: musculoskeletal applications. *Radiology.* 2016; 279(2): 345–65. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016142084>.
11. Jouve JC, Thomas L, Thomson V, et al. Whole-body MRI with diffusion-weighted sequences compared with 18 FDG PET-CT, CT and superficial lymph node ultrasonography in the staging of advanced cutaneous melanoma: a prospective study. *J Eur Acad Dermatol Venerol.* 2014; 28(2): 176–85. <https://doi.org/10.1111/jdv.12078>.
12. Perez-Lopez R, Lorente D, Blackledge MD, et al. Volume of bone metastasis assessed with whole-body diffusion-weighted imaging is associated with overall survival in metastatic castration-resistant prostate cancer. *Radiology.* 2016; 280(1): 151–60. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015150799>.
13. Chong A, Hwang I, Ha JM, et al. Application of bone scans for prostate cancer staging: which guideline shows better result? *Can Urol Assoc J.* 2014; 8(7–8): E515–9. <https://doi.org/10.5489/cuaj.2054>.
14. Van den Wyngaert T, Strobel K, Kampen WU, et al. The EANM practice guidelines for bone scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2016; 43(9): 1723–38. <https://doi.org/10.1007/s00259-016-3415-4>.
15. Palma DA, Haasbeek CJ, Rodrigues GB, et al. Stereotactic ablative radiotherapy for comprehensive treatment of oligometastatic tumors (SABR-COMET): study protocol for a randomized phase II trial. *BMC Cancer.* 2012; 12: 305. <https://doi.org/10.1186/1471-2407-12-305>.
16. Olson R, Liu M, Bergman A, et al. Population-based phase II trial of stereotactic ablative radiotherapy (SABR) for up to 5 oligometastases: SABR-5. *BMC Cancer.* 2018; 18(1): 954. <https://doi.org/10.1186/s12885-018-4859-7>.
17. Palma DA, Olson R, Harrow S, et al. Stereotactic ablative radiotherapy for the comprehensive treatment of 4–10 oligometastatic tumors (SABRCOMET-10): study protocol for a randomized phase III trial. *BMC Cancer.* 2019; 19(1): 816. <https://doi.org/10.1186/s12885-019-5977-6>.
18. Olson R, Jiang W, Liu M, et al. Treatment with stereotactic ablative radiotherapy for up to 5 oligometastases in patients with cancer: primary toxic effect results of the nonrandomized phase 2 SABR-5 clinical trial. *JAMA Oncol.* 2022; 8(11): 1644–50. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2022.4394>.
19. Lievens Y, Guckenberger M, Gomez D, et al. Defining oligometastatic disease from a radiation oncology perspective: an ESTRO-ASTRO consensus document. *Radiother Oncol.* 2020; 148: 157–66. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.04.003>.
20. Galgano SJ, McDonald AM, West JT, Rais-Bahrami S. Defining oligometastatic disease in the new era of PSMA-PET imaging for primary staging of prostate cancer. *Cancers (Basel).* 2022; 14(14): 3302. <https://doi.org/10.3390/cancers14143302>.
21. Artigas C, Diamand R, Shagera QA, et al. Oligometastatic disease detection with 68Ga-PSMA-11 PET/CT in hormone-sensitive prostate cancer patients (HSPC) with biochemical recurrence after radical prostatectomy: predictive factors and clinical impact. *Cancers (Basel).* 2021; 13(19): 4982. <https://doi.org/10.3390/cancers13194982>.
22. Christ SM, Pohl K, Willmann J, et al. Patterns of metastatic spread and tumor burden in unselected cancer patients using PET imaging: implications for the oligometastatic spectrum theory. *Clin Transl Radiat Oncol.* 2024; 45: 100724. <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2024.100724>.
23. Christ SM, Pohl K, Muehlmatter UJ, et al. Imaging-based prevalence of oligometastatic disease: a single-center cross-sectional study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2022; 114(4): 596–602. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2022.06.100>.
24. McCarthy M, Francis R, Tang C, et al. A multicenter prospective clinical trial of 68Gallium PSMA HBED-CC PET-CT restaging in biochemically relapsed prostate carcinoma: oligometastatic rate and distribution compared with standard imaging. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2019; 104(4): 801–8. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2019.03.014>.
25. Romero A, Serna-Blasco R, Calvo V, Provencio M. Use of liquid biopsy in the care of patients with non-small cell lung cancer. *Curr Treat Options Oncol.* 2021; 22(10): 86. <https://doi.org/10.1007/s11864-021-00882-9>.
26. Zhang L, Riethdorf S, Wu G, et al. Meta-analysis of the prognostic value of circulating tumor cells in breast cancer. *Clin Cancer Res.* 2012; 18(20): 5701–10. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-12-1587>.
27. Cescon DW, Bratman SV, Chan SM, Siu LL. Circulating tumor DNA and liquid biopsy in oncology. *Nat Cancer.* 2020; 1(3): 276–90. <https://doi.org/10.1038/s43018-020-0043-5>.



GE HealthCare

Макроциклический
Кларискан
Гадотеровая кислота



Гадотеровая
кислота



Опыт
GE HealthCare



Макроциклический
Кларискан*

Диагностическая эффективность^{1,2}

Безопасность^{2,3}

Широкий спектр показаний

МРТ головного и спинного мозга,
окружающих тканей (с 0 лет);

МРТ всего тела (с 6 месяцев);

МР-ангиография при поражениях
и стенозах некоронарных артерий (с 18 лет)*



Материал предназначен исключительно для медицинских и фармацевтических работников. Имеются противопоказания. Перед назначением препарата ознакомьтесь, пожалуйста, с полной версией инструкции по медицинскому применению. Отсканируйте QR-код для просмотра инструкции на сайте Государственного реестра лекарственных средств Российской Федерации.

* Регистрационное удостоверение в РФ ЛП-006111 от 21.02.2020.

Ссылки. 1. Maravilla K.R. et al. AJNR Am J Neuroradiology 2017. 2. Guerbet LLC, Advisory Committee Briefing Document, 14th February 2013. 3. Tweedle M.F. et al. Applied Radiology (Suppl.): 1-11 2014. 4. Инструкция по медицинскому применению препарата Кларискан, Февраль 2020 г.

ООО «ДжиИ Хэлскеа Фарма»

123112, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Пресненский,
наб. Пресненская, д. 10

gehealthcare.ru

© 2024 GE HealthCare. На правах рекламы
GE является товарным знаком компании General Electric,
используемым на основании лицензионного соглашения
JB02339RU

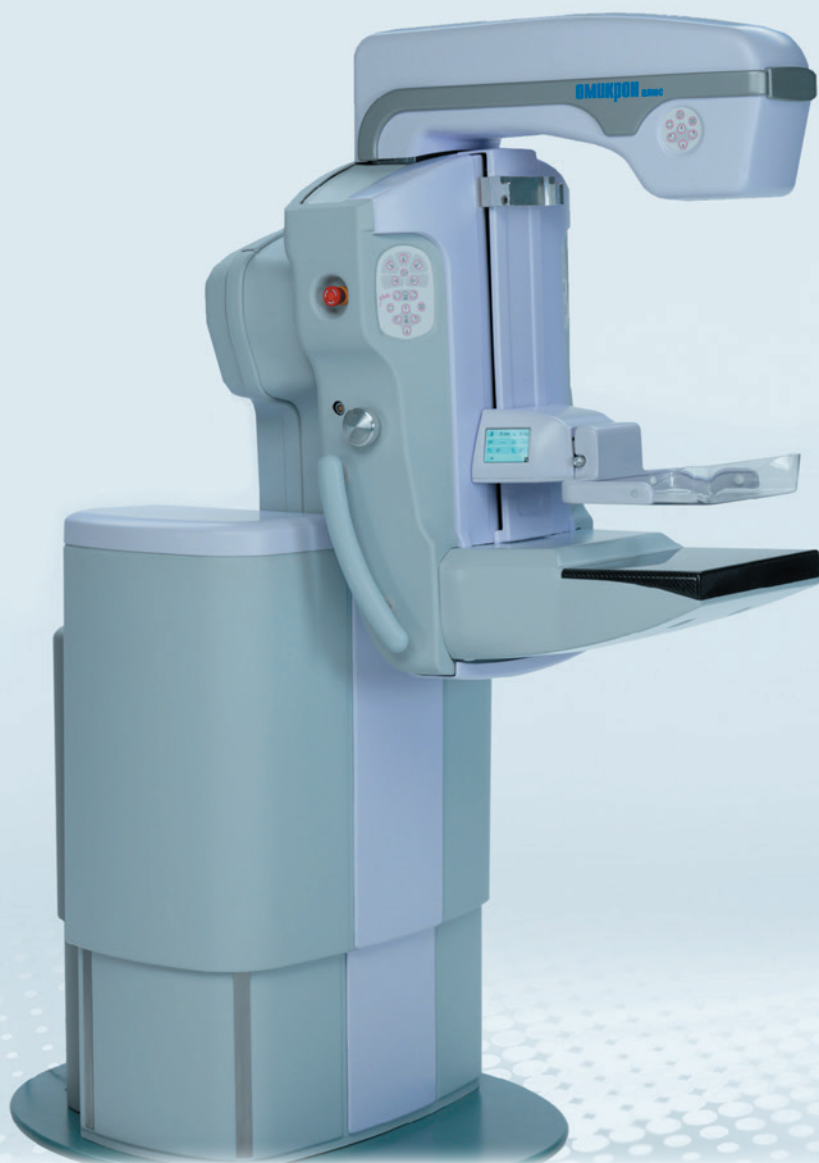
ООО «Ренмедпром — Цифровые Технологии»

Адрес: Россия, 127322, г. Москва,
ул. Яблочкова, д. 21, корп. 3, помещ. 2/3

Тел.: +7 (495) 797-75-22

E-mail: main@renmedprom.ru

Сайт: www.renmedprom.ru



Маммограф экспертного уровня:

- цифровая маммография
- томосинтез
- двойная энергия
- биопсия
- стол для биопсии

ОМИКРОН плюс



Российское научно-производственное предприятие по разработке и производству высокотехнологичного рентгенодиагностического оборудования

РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ **СЕРИИ P-600**



Телеуправляемый
рентгенодиагностический аппарат
P-600 «ПОЛИДИАГНОСТ»



Мобильный
рентгенохирургический аппарат
P-600 «ОПЕРВИЗ»



Рентгенодиагностический
аппарат на два
рабочих места
P-600 «ДУОГРАФ»



Универсальный
рентгенодиагностический
аппарат
P-600 «УНИАРМ»



Флюорографический
рентгенодиагностический
аппарат
P-600 «ФЛЮОРО»

ДИАГНОСТИКА ЭКСПЕРТНОГО УРОВНЯ



Россия, город Москва,
улица Мирововская, дом 33



+7 495 069 47 36
телефон сервисной службы (24/7)