

Вестник рентгенологии и радиологии

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 105, № 3, 2024

Journal of Radiology and Nuclear Medicine

Peer-Reviewed Scientific and Practical Journal

Vol. 105, No. 3, 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	Valentin E. Sinitsyn , Dr. Med. Sc., Professor, Deputy editor, Moscow, Russia
Tatiana V. Balakhonova , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	Vladimir A. Solodkiy , Dr. Med. Sc., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Tairkhan B. Dautov , Dr. Med. Sc., Professor, Nur-Sultan, Kazakhstan	Galina A. Stashuk , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Lyudmila I. Dmitrieva , Cand. Med. Sc., Moscow, Russia	Sergey K. Ternovoy , Dr. Med. Sc., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, 1st Deputy editor, Moscow, Russia
Rodion N. Konovalov , Cand. Med. Sc., Associate Professor, Moscow, Russia	Olga V. Cherkavskaya , Dr. Med. Sc., Head of Editorial Board, Moscow, Russia
Maria V. Lisitskaya , Cand. Med. Sc., Executive secretary, Moscow, Russia	Merab A. Shariya , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia
Anatoly N. Mikhaylov , Dr. Med. Sc., Professor, Academician of National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus	Boris Brkljacic , Dr. Med. Sc., Professor, Zagreb, Croatia
Aleksandr K. Morozov , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	Michael H. Fuchsjäger , Dr. Med. Sc., Professor, Graz, Austria
Lyudmila A. Nizovtsova , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	Nicholas C. Gourtsoyiannis , Dr. Med. Sc., Professor, Crete, Greece
Nikolay V. Nudnov , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	Andrei I. Holodny , Dr. Med. Sc., Professor, New York, USA
Aleksandr G. Osiev , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	Ruzica Maksimovic , Dr. Med. Sc., Professor, Belgrade, Serbia
Vyacheslav A. Ratnikov , Dr. Med. Sc., Professor, St. Petersburg, Russia	Maximilian F. Reiser , Dr. Med. Sc., Professor, Munich, Germany
Tatiana V. Riden , Dr. Med. Sc., Professor, Ludwigshafen am Rhein, Germany	Jacob Sosna , Dr. Med. Sc., Professor, Jerusalem, Israel
Nadezhda I. Rozhkova , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	
Vladimir B. Sergienko , Dr. Med. Sc., Professor, Moscow, Russia	

Оригинальные статьи

- Баширов Р.А., Шелепова А.И., Самойленко Л.Е., Рыжкин С.А., Шарафутдинов Б.М., Юсупова А.Ф., Зиганшина Л.Ф., Магомедов Б.А., Кукушкин А.И., Матвеев В.Ю., Баширов Д.А.**
Опыт применения последовательной сцинтиграфии пищевода с ^{99m}Tc-технефитом для оценки эффекта эндоскопической баллонной кардиодилатации у больных с ахалазией кардии 120
- Гаранина А.Э., Холин А.В.**
Дополнение маммографического скрининга автоматизированным 3D-ультразвуковым исследованием у женщин с молочной железой высокой плотности..... 130
- Кабак С.Л., Мельниченко Ю.М., Юферева М.П., Пильчук А.В.**
Выявление добавочного подглазничного отверстия с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии 143
- Березников А.В., Шкитин С.О., Тюрин И.Е.**
Возможности рентгенографии грудной клетки в первичной диагностике рака легкого 149
- Бальбино М., Анкона А., Мазино Ф., Суриано С., Канторе С., Монтаторе М., Гульельми Дж.**
Точность маммографии с контрастным усилением при определении предоперационного размера опухоли молочной железы 156
- Клинические случаи
- Карпова А.А., Никитин П.А.**
Редкое клиническое наблюдение мигрирующей кисты перикарда, имитирующей осумкованный плеврит..... 163
- Хадисова А.Г., Захматова Т.В., Сергеева Т.В.**
Результаты применения различных методов реперфузии головного мозга у пациентов с острым ишемическим инсультом 170

Original research

Rustem A. Bashirov, Angelina I. Shelepova, Lyudmila E. Samoilenko, Sergey A. Ryzhkin, Bulat M. Sharafutdinov, Alsu F. Yusupova, Lilia F. Ziganshina, Bulyamin A. Magomedov, Andrey I. Kukushkin, Valeriy Yu. Matveev, Damir R. Bashirov Experience in Using ^{99m} Tc-Technephyt Esophageal Transit Scintigraphy for Assessing Pneumatic Dilatation Outcome in Patients with Achalasia Cardia	120
Anna E. Garanina, Alexander V. Kholin Complementing Mammography Screening with Automated 3D Ultrasound in Women with High-Density Breasts.....	130
Sergey L. Kabak, Yuliya M. Melnichenko, Melania P. Ioufereva, Anna V. Pilchuk Evaluation of Accessory Infraorbital Foramen with Cone Beam Computed Tomography.....	143
Aleksey V. Bereznikov, Sergey O. Shkitin, Igor E. Tyurin Potential of Chest Radiography in Primary Diagnosis of Lung Cancer	149
Marina Balbino, Antonietta Ancona, Federica Masino, Silvia Suriano, Sebastiano Cantore, Manuela Montatore, Giuseppe Guglielmi Contrast-Enhanced Mammography Accuracy in Assessing Preoperative Breast Tumor Size	156
<u>Case reports</u>	
Anastasia A. Karpova, Pavel A. Nikitin A Rare Clinical Case of Migrating Pericardial Cyst Mimicking Encysted Pleural Effusion.....	163
Amina G. Khadisova, Tatiana V. Zakhmatova, Tatyana V. Sergeeva Results of Using Different Brain Reperfusion Methods in Patients with Acute Ischemic Stroke.....	170



Опыт применения последовательной сцинтиграфии пищевода с ^{99m}Tc -технефитом для оценки эффекта эндоскопической баллонной кардиодилатации у больных с ахалазией кардии

**Баширов Р.А.^{1,2,3}, Шелепова А.И.², Самойленко Л.Е.¹, Рыжкин С.А.^{1,2,4},
Шарафутдинов Б.М.^{4,5}, Юсупова А.Ф.^{2,3}, Зиганшина Л.Ф.^{2,3}, Магомедов Б.А.³,
Кукушкин А.И.³, Матвеев В.Ю.³, Баширов Д.Р.⁶**

¹ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, 2-й Боткинский пр-д, 7, Москва, 125284, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, 49, Казань, 420012, Российская Федерация

³ ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан», Оренбургский тракт, 138, Казань, 420064, Российская Федерация

⁴ ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ул. Кремлевская, 18, корп. 1, Казань, 420008, Российская Федерация

⁵ Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Бутлерова, 36, Казань, 420012, Российская Федерация

⁶ ГАУЗ «Городская клиническая больница № 7 им. М.Н. Садыкова», ул. Маршала Чуйкова, 54, Казань, 420103, Российская Федерация

Баширов Рустем Алевкович, ассистент кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности им. академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, врач-радиолог радиологического отделения ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»; <http://orcid.org/0000-0003-4793-8197>

Шелепова Ангелина Ивановна, ординатор кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России

Самойленко Людмила Евгеньевна, д. м. н., профессор кафедры радиологии, радиотерапии, радиационной гигиены и радиационной безопасности им. академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

Рыжкин Сергей Александрович, д. м. н., доцент, член-корр. Академии наук Республики Татарстан, заведующий кафедрой радиологии, радиотерапии радиационной гигиены и радиационной безопасности им. академиков А.С. Павлова и Ф.Г. Кроткова ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, профессор кафедры общей гигиены ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, профессор кафедры медицинской физики Института физики ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»; <http://orcid.org/0000-0003-2595-353X>

Шарафутдинов Булат Марсович, к. м. н., заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения Медико-санитарной части ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ассистент кафедры кардиологии, рентгеноэндovasкулярной и сердечно-сосудистой хирургии Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-4149-118X>

Юсупова Алсу Фаридовна, к. м. н., доцент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0003-2852-3471>

Зиганшина Лилия Фаридовна, к. м. н., ассистент кафедры онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, заведующая отделением радиологии ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»; <http://orcid.org/0000-0002-6994-7396>

Магомедов Булямин Алипханович, врач-торакальный хирург ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»

Кукушкин Андрей Иосифович, заведующий хирургическим торакальным отделением № 2, мл. науч. сотр. научно-исследовательского отдела ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»

Матвеев Валерий Юрьевич, к. м. н., заведующий хирургическим торакальным отделением № 1, вед. науч. сотр. научно-исследовательского отдела ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан»; <http://orcid.org/0000-0001-6596-6672>

Баширов Дамир Рустемович, врач-рентгенолог ГАУЗ «Городская клиническая больница № 7 им. М.Н. Садыкова»

Резюме

Цель: показать возможность применения последовательной сцинтиграфии пищевода (ПСцП) с ^{99m}Tc -технефитом для оценки эффекта эндоскопической кардиодилатации (ЭКД) у пациентов с ахалазией кардии.

Материал и методы. Обследованы 7 пациентов (6 мужчин и 1 женщина) в возрасте от 44 до 73 лет (в среднем 57,8 года) с диагнозом «ахалазия кардии», находившихся на лечении в хирургическом торакальном отделении № 2 ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан» в период с июня 2022 г. по январь 2023 г. Длительность заболевания до поступления в стационар составляла от 2 до 17 лет (в среднем 9,2 года).

Результаты. Анализ результатов ПСцП показал снижение процента остаточной активности радиофарм-препарата в области кардии у всех больных после проведенного лечения в сравнении с исходными данными, что свидетельствовало о положительном эффекте ЭКД и совпадало с данными рентгенологического исследования. Полученные результаты демонстрируют возможность применения и практическую значимость ПСцП для оценки эффекта лечебных мероприятий, в частности ЭКД, у больных с ахалазией кардии.

Заключение. Выполненная по описанному протоколу ПСцП является физиологичным и безопасным методом как диагностики ахалазии, так и последующей оценки эффекта лечебных мероприятий, в т.ч. ЭКД, миотомии, консервативного лечения, длительного динамического наблюдения. Это физиологичная и безопасная процедура, которая может быть рекомендована в случаях затрудненной оценки функции пищевода рентгенологическим, эндоскопическим и манометрическим методами или невозможности их применения.

Ключевые слова: ахалазия кардии; сцинтиграфия пищевода; кардиодилатация; бужирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Баширов Р.А., Шелепова А.И., Самойленко Л.Е., Рыжкин С.А., Шарафутдинов Б.М., Юсупова А.Ф., Зиганшина Л.Ф., Магомедов Б.А., Кукушкин А.И., Матвеев В.Ю., Баширов Д.А. Опыт применения последовательной сцинтиграфии пищевода с ^{99m}Tc -технефитом для оценки эффекта эндоскопической баллонной кардиодилатации у больных с ахалазией кардии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 120–129. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-120-129>

Для корреспонденции: Баширов Рустем Алекович, E-mail: rkbrad@mail.ru

Статья поступила 11.05.2024

После доработки 22.05.2024

Принята к печати 09.07.2024

Experience in Using ^{99m}Tc -Technophyt Esophageal Transit Scintigraphy for Assessing Pneumatic Dilation Outcome in Patients with Achalasia Cardia

Rustem A. Bashirov^{1,2,3}, Angelina I. Shelepova², Lyudmila E. Samoilenko¹, Sergey A. Ryzhkin^{1,2,4}, Bulat M. Sharafutdinov^{4,5}, Alsu F. Yusupova², Lilia F. Ziganshina^{2,3}, Bulyamin A. Magomedov³, Andrey I. Kukushkin³, Valeriy Yu. Matveev³, Damir R. Bashirov⁶

¹ Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Vtoroy Botkinskiy proezd, 7, Moscow, 125284, Russian Federation

² Kazan State Medical University, ul. Butlerova, 49, Kazan, 420012, Russian Federation

³ Republican Clinical Hospital, Orenburgskiy trakt, 138, Kazan, 420064, Russian Federation

⁴ Kazan (Volga Region) Federal University, ul. Kremlevskaya, 18, korp. 1, Kazan, 420008, Russian Federation

⁵ Kazan State Medical Academy – branch of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, ul. Butlerova, 36, Kazan, 420012, Russian Federation

⁶ Sadykov City Clinical Hospital No. 7, ul. Marshala Chuykova, 54, Kazan, 420103, Russian Federation

Rustem A. Bashirov, Assistant Professor, Academicians Pavlov and Krotkov Chair of Radiotherapy and Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Assistant Professor, Chair of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University; Radiologist, Department of Radiology, Republican Clinical Hospital; <http://orcid.org/0000-0003-4793-8197>

Angelina I. Shelepova, Resident, Chair of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University

Lyudmila E. Samoilenko, Dr. Med. Sc., Professor, Academicians Pavlov and Krotkov Chair of Radiotherapy and Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education

Sergey A. Ryzhkin, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Corresponding Member of Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Chief of Academicians Pavlov and Krotkov Chair of Radiotherapy and Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Professor, Chair of General Hygiene, Kazan State Medical University; Professor, Chair of Medical Physics, Institute of Physics, Kazan (Volga Region) Federal University;
<http://orcid.org/0000-0003-2595-353X>

Bulat M. Sharafutdinov, Cand. Med. Sc., Head of Department of Endovascular Surgical Methods of Diagnosis and Treatment, Medical and Sanitary Unit, Kazan (Volga Region) Federal University; Assistant Professor, Department of Cardiology, Endovascular and Cardiovascular Surgery, Kazan State Medical Academy – branch of Russian Medical Academy of Continuous Professional Education;
<http://orcid.org/0000-0002-4149-118X>

Alsu F. Yusupova, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0003-2852-3471>

Lilia F. Ziganshina, Cand. Med. Sc., Assistant Professor, Chair of Oncology, Radiation Diagnostics and Radiation Therapy, Kazan State Medical University; Head of Department of Radiology, Republican Clinical Hospital;
<http://orcid.org/0000-0002-6994-7396>

Bulyamin A. Magomedov, Thoracic Surgeon, Republican Clinical Hospital

Andrey I. Kukushkin, Head of Department of Thoracic Surgery No. 2, Junior Researcher, Republican Clinical Hospital

Valeriy Yu. Matveev, Cand. Med. Sc., Head of Department of Thoracic Surgery No. 1, Leading Researcher, Republican Clinical Hospital;
<http://orcid.org/0000-0001-6596-6672>

Damir R. Bashirov, Radiologist, Sadykov City Clinical Hospital No. 7

Abstract

Objective: to show the possibility of using ^{99m}Tc -technephyt esophageal transit scintigraphy (ETS) to assess the effect of cardiodilation in patients with achalasia cardia.

Material and methods. We examined 7 patients (6 males and 1 female) aged 44–73 years (mean age 57.8 years) diagnosed with achalasia cardia, who were treated in Department of Thoracic Surgery No. 2 at Republican Clinical Hospital from June 2022 to January 2023. The disease duration before admission to the hospital ranged from 2 to 17 years (mean 9.2 years).

Results. The analysis of ETS results showed a decreased radiopharmaceutical residual activity percentage in cardia for all patients after treatment compared with the initial data. It indicated a positive effect of cardiodilation and coincided with X-ray examination data. The obtained results demonstrate the possibility of ETS using and its practical significance to assess the effect of therapeutic measures, in particular cardiodilation, in patients with achalasia cardia.

Conclusion. Performed according to the described protocol, ETS is a physiological and safe method for both the diagnosis of achalasia and the subsequent assessing therapeutic effect, including cardiodilation, myotomy, conservative treatment, and long-term dynamic monitoring. It is a physiological and safe procedure, which can be recommended in cases of difficulties in evaluating the esophageal function by X-ray, endoscopic and manometric methods or when their use is impossible.

Keywords: achalasia cardia; esophageal scintigraphy; pneumatic dilation; bougienage.

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

For citation: Bashirov RA, Shelepova AI, Samoilenko LE, Ryzhkin SA, Sharafutdinov BM, Yusupova AF, Ziganshina LF, Magomedov BA, Kukushkin AI, Matveev VYu, Bashirov DR. Experience in using ^{99m}Tc -technephyt esophageal transit scintigraphy for assessing pneumatic dilation outcome in patients with achalasia cardia. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 120–129 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-120-129>

For corresponding: Rustem A. Bashirov, E-mail: rkbrad@mail.ru

Received May 11, 2024

Revised May 22, 2024

Accepted July 7, 2024

Введение / Introduction

Ахалазия кардии (АК) относится к редким заболеваниям пищевода, поражающим с одинаковой частотой мужчин и женщин преимущественно в возрасте 20–40 лет. Это нейромышечная патология неясной этиологии, которая характеризуется нарушением рефлекторного расслабления и раскрытия кардиального отверстия при глотании, про-

грессирующим снижением тонуса тубулярного отдела пищевода, нарушением его перистальтики и дисфагией [1].

Распространенность АК составляет 10 случаев на 100 тыс. населения, заболеваемость – 1 случай на 100 тыс. [1, 2]. В клинической гастроэнтерологической практике на долю АК приходится от 3% до 20% всех заболеваний пищевода [2].

Несмотря на более чем 300-летний период изучения, истинная причина первичной АК до настоящего времени окончательно не установлена. Патогенетические аспекты заболевания неоднозначны. На сегодняшний день в литературе обсуждается несколько различных гипотез развития АК. Среди них фигурирует генетическая теория, которая предполагает связь АК с мутацией и полиморфизмом некоторых генов и ассоциирует ее с врожденным дефектом межмышечного нервного (ауэрбахова) сплетения на фоне генетической предрасположенности к патологическому иммунному ответу [3, 4]. Инфекционная теория объясняет развитие АК вторичным повреждением нервных волокон в результате персистенции в межмышечных нервных ганглиях нейротропных вирусов и/или иных инфекционных агентов, локализующихся непосредственно в стенке пищевода (при туберкулезе, инфекционных или вирусных заболеваниях) [5, 6]. Согласно аутоиммунной теории причиной гибели межмышечных нейронов может быть хроническое воспаление в ганглиях, обусловленное аутоиммунным процессом, который могут запускать помимо инфекционных агентов и нейротропные вирусы [7, 8]. Также обсуждается концепция нарушений центральной регуляции функций пищевода на фоне психоэмоционального стресса [1, 9, 10] и поражения отделов парасимпатической нервной системы, регулирующей моторику пищевода и желудка (в частности, ауэрбахова сплетения).

Каждая из этих гипотез раскрывает лишь один из неоднозначных механизмов развития и прогрессирования заболевания, но не объясняет его полностью. Результатом влияния любого из указанных патогенетических факторов становятся постепенная дегенерация нейронов межмышечного нервного сплетения, гибель межмышечных нервных ганглиев, отсутствие перистальтики пищевода, нарушение раскрытия нижнего пищеводного сужения и продвижения пищи из пищевода в желудок.

Основными симптомами АК являются постепенно усугубляющиеся нарушения глотания (дисфагия), регургитация, которые со временем приводят к осложнениям (в т.ч. эзофагиту и др. [1, 2, 9]), болям за грудиной, потере веса.

По выраженности нарушений функций пищевода выделяют различные стадии АК. В литературе известно около 25 классификаций, в основе большинства из них лежат оценка клинических симптомов по шкале Eckardt [11], данные инструментальных методов обследования, длительность заболевания, осложнения. Одна из наиболее часто используемых классификаций, разработанная Б.В. Петровским и О.Д. Федоровой [12], базируется на данных рентгенологического и эндоскопического обследований. Согласно этой классификации выделяют четыре стадии АК: I и II расцениваются

как стадии компенсации, III – декомпенсации, IV – резкой декомпенсации.

Диагностика АК основана прежде всего на результатах опроса, анализе клинической картины заболевания, проявления которой достаточно характерны, данных физикального осмотра и современных инструментальных методов обследования.

Анализ клинической картины включает изучение характера жалоб, периодичности их возникновения и проводится с помощью специально разработанной балльной шкалы Eckardt, которая применяется для оценки выраженности АК и эффекта консервативного и хирургического лечения. Простота использования шкалы позволяет пациенту самостоятельно определять частоту основных симптомов и рассчитать в баллах степень их выраженности [1, 11].

Алгоритм инструментального обследования больных с АК содержит обзорный снимок грудной клетки, рентгеноскопию с контрастированием бариевой взвесью, эндоскопию и манометрию пищевода высокого разрешения. Последняя считается «золотым стандартом» диагностики и оценки эффекта лечения АК [1, 13, 14], однако наиболее распространенным и доступным методом является рентгеноскопия с контрастированием бариевой взвесью. Она дает возможность визуально определить структурные и функциональные изменения пищевода, но не позволяет получить количественные показатели транспортной функции пищевода и более точно оценить в динамике результаты проводимого лечения [1, 2, 9, 12].

Манометрия высокого разрешения с топографическим отображением давления, к сожалению, недостаточно распространена и может быть выполнена не у всех пациентов [1, 2, 12]. Этот инвазивный метод рекомендуется применять у больных с начальными стадиями АК, он также используется для дифференциального диагностирования с другими функциональными нарушениями функции пищевода [1, 13, 14]. Эндоскопию, как правило, выполняют всем пациентам с симптомами, подозрительными в отношении АК, для исключения других заболеваний пищевода и желудка [1, 13, 14].

В отличие от представленных методов, сцинтиграфию пищевода (СцП) можно провести на любой стадии заболевания. Безусловными преимуществами СцП являются простота выполнения, физиологичность (акт глотания жидкости является естественным для человека процессом), хорошая переносимость процедуры, низкая лучевая нагрузка в сравнении с рентгенологическими методами и невысокая стоимость исследования [15, 16]. Возможность оценивать транспортную функцию пищевода не только качественно, но и количественно позволяет более точно устанавливать степень тяжести выявленных нарушений, вести динамическое

наблюдение за пациентами на протяжении длительного времени и определять эффективность лечения.

Лечение АК включает консервативные и хирургические методы. Одним из общепринятых малоинвазивных способов, направленных на расширение суженного участка пищевода, является эндоскопическая кардиодилатация (ЭКД) [1, 9, 10]. Положительный эффект от процедуры наблюдается в 93–97% случаев, однако нередко он оказывается непродолжительным и нестойким, требует проведения повторных вмешательств. ЭКД рекомендуется преимущественно больным старшей возрастной группы, пациентам с рецидивом АК после хирургического лечения, а также в случаях, когда хирургическое лечение не показано и риск превышает пользу [1, 2, 13, 14]. Эффективность ЭКД оценивают по снижению/исчезновению клинической симптоматики, улучшению рентгенологической и эндоскопической картины и положительной динамике по данным манометрии [1, 2, 13, 14].

Сведения о возможности применения СцП для оценки эффекта ЭКД у пациентов с АК в отечественных публикациях отсутствуют. В зарубежной литературе представлены немногочисленные исследования, посвященные использованию динамической и статической СцП до и после ЭКД и/или миотомии [15, 16].

Цель – показать возможность применения последовательной сцинтиграфии пищевода (ПСцП) с ^{99m}Tc -технефитом для оценки эффекта ЭКД у пациентов с АК.

Материал и методы / Material and methods

Обследованы 7 пациентов (6 мужчин и 1 женщина) в возрасте от 44 до 73 лет (средний возраст 57,8 года) с диагнозом АК, которые находились на лечении в хирургическом торакальном отделении № 2 ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан» в период с июня 2022 г. по январь 2023 г. Длительность заболевания до поступления в стационар составляла от 2 до 17 лет (в среднем 9,2 года).

Основными жалобами при поступлении были прогрессирующая дисфагия при приеме твердой и жидкой пищи, потеря веса у всех больных, у 5 – регургитация, у 6 – загрудинные боли, связанные с неполным опорожнением пищевода.

Всем больным проведено обследование, включавшее сбор анамнеза, осмотр, общий и биохимический анализы крови с определением уровня сывороточного креатинина и альбумина, оценку коагулограммы (для определения риска развития кровотечения перед выполнением кардиодилатации). Среди обследованных не было больных с ранее проведенной неэффективной ЭКД, подвергавшихся хирургическому лечению и получавших лечение ботулиническим токсином.

Инструментальное обследование включало обзорную рентгенографию грудной клетки, рентгенографию пищевода с бариевой взвесью, эзофагогастроуденоскопию (ЭГДС), которые выполнялись в соответствии с клиническими рекомендациями и протоколами по диагностике и лечению ахалазии [1], ультразвуковое исследование (УЗИ) органов брюшной полости (ОБП), электрокардиографию (ЭКГ), эхокардиографию (ЭхоКГ).

На основании проведенного клинико-инструментального обследования пациентов до процедуры ЭКД в соответствии со стандартизированной шкалой Eckardt средний балл выраженности АК составил 7,3, в 4 случаях подтверждена II стадия, в 3 – III стадия заболевания по классификации Б.В. Петровского и О.Д. Федоровой, при которых показано проведение ЭКД.

Всем больным до и после процедуры бужирования помимо рентгенологического исследования выполняли статическую ПСцП с ^{99m}Tc -технефитом, позволяющую определить процент остаточной активности (ОА) радиофармпрепарата (РФП) в просвете пищевода, на основании динамики которого оценивали выраженность АК и эффект ЭКД.

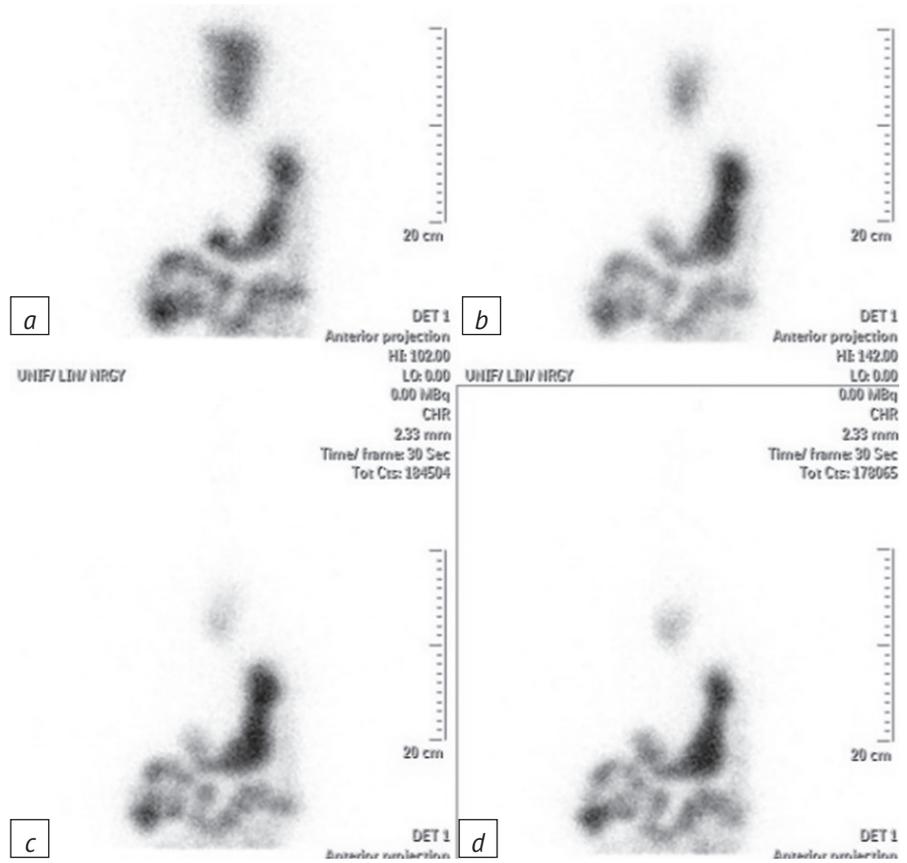
Процедуру проводили на двухдетекторной гамма-камере BrightView (Philips, Нидерланды), оснащенной низкоэнергетическим коллиматором с большим полем видения, захватывающим область проекции пищевода, желудка, верхнюю и среднюю части брюшной полости. Запись изображений для оценки транспортной функции пищевода с эвакуаторной пробой и расчетом ОА в пищеводе осуществляли в статическом режиме в передней проекции в положении больного стоя лицом к детектору. Пациент, стоя перед детектором гамма-камеры, принимал натошак 20 МБк (0,7 мКи) РФП ^{99m}Tc -технефит, разведенного в 30 мл воды, а затем дополнительно еще 120 мл обычной чистой воды с одновременной записью последовательных статических изображений пищевода сразу после приема жидкости и далее на 1-й, 5-й и 10-й минутах, с продолжительностью записи каждого изображения в течение 15 с (рис. 1).

Выполнять ПСцП в положении сидя не было необходимости, поскольку все больные успешно прошли исследование в положении стоя. Лучевая нагрузка при проведении ПСцП с ^{99m}Tc -технефитом составляла 0,09 мЗв.

Полученные изображения оценивали визуально и с помощью количественного анализа, который заключался в расчете ОА РФП в пищеводе в указанные промежутки времени. С этой целью вручную выбирали две зоны интереса, первую из которых очерчивали над областью проекции пищевода, вторую – над общей областью проекции органов желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) в верхней и средней частях брюшной полости, находящихся в поле зрения детектора (рис. 2).

Рис. 1. Статические изображения пищевода сразу (а), на 1-й минуте (b), на 5-й минуте (c) и на 10-й минуте (d) после приема радиофармпрепарата и жидкости до проведения эндоскопической кардиодилатации

Fig. 1. Static esophageal images: immediately (a), at the 1st minute (b), at the 5th minute (c) and at the 10th minute (d) after radiopharmaceutical and fluid intake before endoscopic cardiodilation



ОА РФП в пищеводе рассчитывали как отношение счета импульсов в зоне интереса над областью пищевода к счету импульсов во второй зоне интереса в обозначенные промежутки времени по формуле:

$$OA = A_n / (A_n + A_{об}) \times 100,$$

где A_n – активность в области проекции пищевода; $A_{об}$ – активность над общей областью проекции органов ЖКТ, находящихся в поле зрения детектора (если таковая имеется).

Для оценки эффекта ЭКД сцинтиграфию выполняли не ранее чем через 1 сут после процедуры бужирования: 1 пациенту – через 1 сут, 1 – через 1 нед, 2 – через 2 мес, 3 – через 3 мес.

Степень выраженности АК по данным ПСЦП определяли на основании отсутствия поступления РФП в желудок и динамики ОА в пищеводе к 1-й минуте после проглатывания раствора РФП в воде. В случае отсутствия динамики ОА РФП степень АК считали выраженной.

ЭКД оценивали как успешную, если значение ОА РФП после процедуры уменьшалось более чем на 50% по сравнению с показателем до ЭКД. В случае отсутствия динамики ОА РФП после ЭКД в сравнении с исходными значениями процедуру ЭКД считали неуспешной.

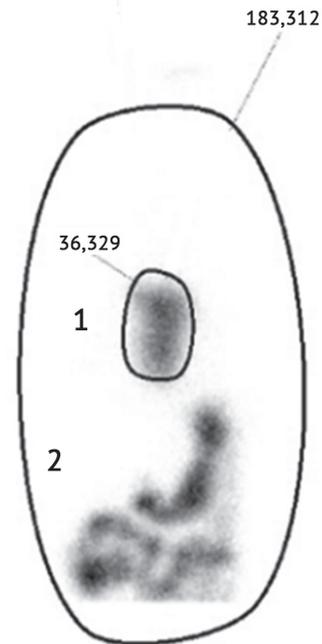


Рис. 2. Выделение зон интереса: 1 – область проекции пищевода; 2 – область проекции органов желудочно-кишечного тракта (желудок, кишечник) в верхней и средней частях брюшной полости, находящихся в поле зрения детектора
Fig. 2. Highlighting regions of interest: 1 – esophageal projection area; 2 – gastrointestinal tract projection area (stomach, intestines) in abdominal upper and middle parts, located in the detector field of view

Учитывая малое количество обследованных больных, статистическую обработку данных ПСЦП не проводили.

Результаты / Results

Процедуру ЭКД выполняли под эндоскопическим контролем. У 4 больных со II стадией заболевания ЭКД была проведена впервые, у 3 пациентов с III стадией – повторно. Ни в одном случае осложнений не возникло.

После ЭКД у всех больных отмечалось улучшение состояния, проявляющееся снижением/исчезновением выраженности клинических симптомов, что подтверждалось положительной динамикой по шкале Eckardt: средний балл после ЭКД составил 3,7 против 7,3 исходно. При контрольном рентгенологическом обследовании у всех пациентов наблюдалось увеличение просвета пищевода.

По данным ПСЦП, выполненной до ЭКД, у всех больных выявлены скинтиграфические признаки АК: пищевод пассивно наполнялся без признаков перистальтики, и через 1 мин активность РФП не уменьшалась, отмечалось расширение нижней трети пищевода с выраженной задержкой РФП.

При пробе эвакуаторной функции пищевода в вертикальном положении с подсчетом ОА в просвете пищевода сразу, через 1, 5 и 10 мин была зарегистрирована активность в желудке с сохраняющейся задержкой РФП в пищеводе разной степени выраженности.

В среднем ОА РФП составила 21% (10–25%), 12% (3–15%), 5% (0–10%) и 3% (0–7%) сразу, через 1, 5 и 10 мин соответственно (см. табл.). У 1 пациента сразу и через 1 мин ОА была ниже 50%, у 6 из 7 больных – выше 50%, в т.ч. у 1 пациента – 60%, у 1 – 85%. К 10-й минуте у 5 из 7 пациентов ОА РФП была ниже 50%, у 1 больного определялось пограничное значение – 50%, у 1 – выше 50%.

После ЭКД у всех больных на снимках, сделанных при пробе эвакуаторной функции пищевода в положении стоя, отмечено снижение ОА РФП в сравнении с исходными значениями независимо от стадии заболевания. У 5 из 7 пациентов оно составило более 50% на изображениях, записанных сразу после приема РФП и на 1-й минуте. У 2 больных снижение ОА составило менее 50%. К 10-й минуте во всех случаях, кроме одного, ОА была на уровне фоновых значений или чуть выше.

Показатели ПСЦП, полученные после процедуры бужирования пищевода, свидетельствуют о положительном эффекте ЭКД у всех 7 пациентов (рис. 3), хотя выраженность этого эффекта различна (см. табл.).

Полученные результаты ПСЦП соответствуют данным клинического, рентгенологического и эндоскопического исследований.

В качестве примера положительного эффекта ЭКД приводим клиническое наблюдение.

Клинический случай

Пациентка Г., 73 года. Находилась на стационарном лечении в хирургическом торакальном отделении № 2 ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Министерства здравоохранения Республики Татарстан».

Диагноз: K22.0 Ахалазия кардиальной части пищевода.

Жалобы при поступлении на непроходимость твердой и полужидкой пищи, снижение веса, слабость. Жидкая пища проходит с трудом.

Анамнез заболевания. Со слов больной, первые симптомы появились около 15 лет назад, проявления болезни нарастали постепенно. Ухудшение состояния отмечает в течение последнего месяца.

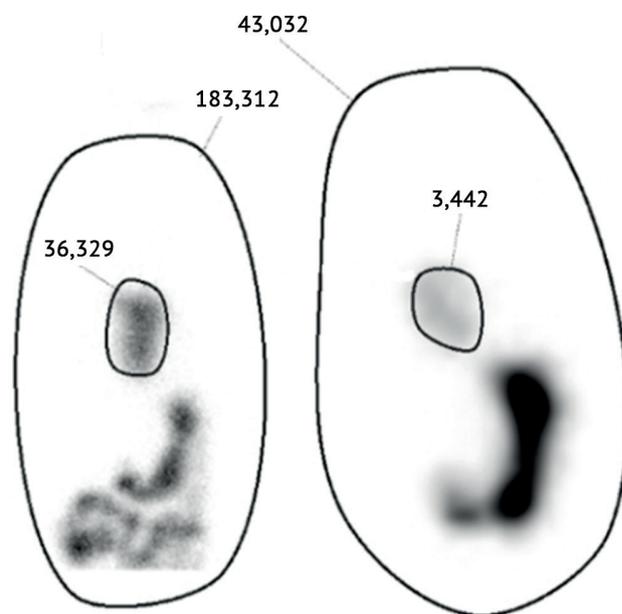


Рис. 3. Скintиграмы пищевода и желудочно-кишечного тракта до и после успешной процедуры эндоскопической кардиодилатации (ЭКД):

a – до ЭКД регистрируется значимая остаточная активность в пищеводе через 1 мин после приема радиофармпрепарата, свидетельствующая о снижении перистальтики и транспортной функции пищевода; *b* – после ЭКД в области проекции пищевода к 1-й минуте после приема радиофармпрепарата регистрируется следовая остаточная активность, свидетельствующая о положительном эффекте ЭКД и улучшении транспортной функции пищевода

Fig. 3. Scintigrams of the esophagus and gastrointestinal tract before and after a successful endoscopic cardiodilation (ECD) procedure:

a – before ECD, a significant residual activity in the esophagus was recorded 1 minute after radiopharmaceutical intake, indicating decreased peristalsis and esophageal transport function; *b* – after ECD, a trace residual activity was recorded in the esophageal projection area by the 1st minute after radiopharmaceutical intake, indicating a positive ECD effect and an improved esophageal transport function

**Остаточная активность радиофармпрепарата в пищеводе у пациентов с диагнозом «ахалазия кардии»
до и после эндоскопической кардиодилатации, %**

**Residual activity of the radiopharmaceutical in esophagus of patients diagnosed with achalasia cardia
before and after endoscopic cardiodilation, %**

Пациент / Patient	До/После // Before/After	Сразу после приема / Immediately after intake	1-я минута / 1 st minute	5-я минута / 5 th minute	10-я минута / 10 th minute
1	До / Before	25	15	10	7
	После / After	12	8	5	3
2	До / Before	21	12	5	3
	После / After	9	6	3	1
3	До / Before	23	9	4	3
	После / After	7	2	0	0
4	До / Before	20	17	15	15
	После / After	15	10	9	8
5	До / Before	10	3	0	0
	После / After	3	0	0	0
6	До / Before	17	9	5	4
	После / After	7	4	2	0
7	До / Before	19	11	10	10
	После / After	12	7	7	1
В целом по группе / Total in group	До / Before	21 (10–25)	12 (3–15)	5 (0–10)	3 (0–7)
	После / After	9 (3–12)	6 (0–8)	3 (0–5)	1 (0–3)

В настоящее время может принимать только жидкость и жидкую пищу.

Лабораторные исследования: общий анализ крови развернутый, биохимический анализ крови, коагулограмма, определение группы крови и резус фактора, поверхностного антигена вирусного гепатита В, специфических иммуноглобулинов классов IgM и IgG к белкам вируса гепатита С, антиэритроцитарных антител в непрямой пробе Кумбса, общий анализ мочи.

Инструментальные исследования до лечения: УЗИ ОБП, ЭКГ, ЭхоКГ, рентгеноскопия пищевода.

Заключение по данным рентгеноскопии. Акт глотания не нарушен. Пищевод проходим для жидкой контрастной массы. Отмечается участок циркулярного сужения просвета пищевода в области физиологической кардии с выраженным супрастенотическим расширением вышележащего отдела. Контуры расширенного отдела четкие, ровные, стенки ригидные, складки слизистой не прослеживаются.

ПСЦП с ^{99m}Tc-технефитом. На серии скинтиграмм после приема 30 мл жидкости (вода) с РФП, а затем еще 120 мл обычной воды, в положении стоя определяется расширение нижней трети пищевода с выраженной задержкой РФП на указанном уровне. Поступление препарата в желудок

через 1 мин не отмечается. Проведена оценка эвакуаторной функции пищевода в вертикальном положении с подсчетом ОА в просвете пищевода сразу, через 1, 5 и 10 мин (23%, 9%, 4%, 3% соответственно). Заключение: скинтиграфические признаки АК пищевода с выраженным замедлением его транспортной функции.

Лечение: ЭКД пищевода баллонным кардиодилататором.

Инструментальные исследования после проведенного лечения:

– рентгеноскопия пищевода (акт глотания не нарушен, пищевод свободно проходим для контрастной массы, отмечается восстановление просвета пищевода в ранее определяемом участке циркулярного сужения в области физиологической кардии, сохраняется выраженное супрастенотическое расширение вышележащего отдела, контуры расширенного отдела четкие, ровные);

– ПСЦП с ^{99m}Tc-технефитом (сохраняется расширение нижней трети пищевода с задержкой РФП на указанном уровне).

Проведена оценка эвакуаторной функции пищевода в вертикальном положении с подсчетом ОА в просвете пищевода сразу, через 1, 5 и 10 мин после приема 30 мл жидкости (вода) с РФП, а затем еще 120 мл обычной воды. ОА составила 7%, 2%,

0%, 0% соответственно. Заключение: скintiграфические признаки улучшения транспортной функции пищевода после проведенного лечения в виде выраженного снижения ОА в его просвете.

Обсуждение / Discussion

Процедура ПСЦП, выполненная по описанному протоколу, является физиологичным и безопасным методом как диагностики ахалазии, так и последующей оценки эффекта лечебных мероприятий, в т.ч. ЭКД, миотомии, консервативного лечения, длительного динамического наблюдения [16].

По данным литературы, ОА РФП в просвете пищевода является важным параметром прогнозирования и оценки лечебных мероприятий. Снижение ОА после ЭКД более чем на 50% в сравнении с исходными значениями представляет собой надежный критерий более длительной ремиссии течения заболевания [15, 16].

Задачей настоящего исследования было показать возможность применения ПСЦП для оценки эффективности ЭКД. Показатели ПСЦП, полученные

после бужирования пищевода, свидетельствуют о положительном эффекте ЭКД у всех 7 пациентов, хотя его выраженность была различна. Небольшое количество включенных в исследование больных и отсутствие данных динамического наблюдения не позволяют сделать вывод о роли определения ОА как критерия длительности ремиссии.

Заключение / Conclusion

Метод ПСЦП может применяться для мониторинга эффекта ЭКД дополнительно к традиционным способам оценки структурных и функциональных изменений с помощью рентгеноконтрастного исследования с барием и эндоскопии пищевода, особенно в случае затрудненной интерпретации рентгенологической картины или сложности проведения ЭГДС, которые нередко встречаются у пациентов с АК. Простота выполнения и безопасность метода позволяют применять его у особенно тяжелых категорий больных, у которых затруднено проведение иных инструментальных методов, в т.ч. манометрии, а также у детей.

Литература

1. Национальные клинические рекомендации. Ахалазия кардии. 2021. 66 с.
2. Ивашкин В.Т., Трухманов А.С., Годжелло Э.А. и др. Рекомендации Российской гастроэнтерологической ассоциации по диагностике и лечению ахалазии кардии и кардиоспазма. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2016; 26(4): 36–54. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2016-4-36-54>.
3. De León AR, de la Serna JP, Santiago JL, et al. Association between idiopathic achalasia and IL23R gene. *Neurogastroenterol Motil.* 2010; 22(7): 734–8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2010.01497.x>.
4. Tullio-Pelet A, Salomon R, Hadj-Rabia S, et al. Mutant WD-repeat protein in triple-A syndrome. *Nat Genet.* 2000; 26(3): 332–5. <https://doi.org/10.1038/81642>.
5. Batista AM, Aguiar C, Almeida EA, et al. Evidence of Chagas disease in seronegative Brazilian patients with megaesophagus. *Int J Infect Dis.* 2010; 14(11): e974–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2010.05.017>.
6. Niwamoto H, Okamoto E, Fujimoto J, et al. Are human herpes viruses or measles virus associated with esophageal achalasia? *Dig Dis Sci.* 1995; 40(4): 859–64. <https://doi.org/10.1007/BF02064992>.
7. Booy JD, Takata J, Tomlinson G, Urbach DR. The prevalence of autoimmune disease in patients with esophageal achalasia. *Dis Esophagus.* 2012; 25(3): 209–13. <https://doi.org/10.1111/j.1442-2050.2011.01249.x>.
8. Kraichely RE, Farrugia G, Pittock SJ, et al. Neural autoantibody profile of primary achalasia. *Dig Dis Sci.* 2010; 55(2): 307–11. <https://doi.org/10.1007/s10620-009-0838-9>.
9. Евсютина Ю.В., Сторонова О.А., Трухманов А.С., Ивашкин В.Т. Ахалазия кардии: современные представления об этиологии, патогенезе, клинической картине и диагностике. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2014; 24(5): 2–14.
10. Черноусов А.Ф., Хоробрых Т.В., Ветшев Ф.П. и др. Комплексное лечение больных с ахалазией кардии и кардиоспазмом с учетом психосоматических расстройств. *Клиническая медицина.* 2018; 96(5): 419–26. <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2018-96-5-419-426>.
11. Eckardt VF, Aignherr C, Bernhard G. Predictors of outcome in patients with achalasia treated by pneumatic dilation. *Gastroenterology.* 1992; 103(6): 1732–8. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(92\)91428-7](https://doi.org/10.1016/0016-5085(92)91428-7).
12. Карпов О.Э., Ветшев П.С., Васильев И.В. и др. Эндоскопические технологии в диагностике и лечении ахалазии кардии. Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2016; 11(1): 30–6.
13. Oude Nijhuis RAB, Zaninotto G, Roman S, et al. European guideline on achalasia – UEG and ESNM recommendations. *United European Gastroenterol J.* 2020; 8(1): 13–34. <https://doi.org/10.1177/2050640620903213>.
14. Vaezi MF, Pandolfino JE, Yadlapati RH, et al. ACG clinical guidelines: diagnosis and management of achalasia. *Am J Gastroenterol.* 2020; 115(9): 1393–411. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000000731>.
15. Boys J, Oh DS, Seto J, et al. Quantitative assessment of esophageal emptying in achalasia patients using esophageal transit scintigraphy. The Society for Surgery of the Alimentary Tract, 56th Annual Meeting. May 16–19, 2015. Washington, DC. URL: <https://meetings.ssat.com/abstracts/2015/Mo1639.cgi> (дата обращения 14.04.2024).
16. Janković Z, Pucar D, Doder R, Perišić N. Esophageal two-phase supine/standing scintigraphy and balloon dilatation in achalasia: 20 years of experience. *Vojnosanit Pregl.* 2021; 78(4): 429–34. <https://doi.org/10.2298/VSP190226087J>.

References

1. National clinical guidelines. Achalasia cardia. 2021. 66 pp (in Russ).
2. Ivashkin VT, Trukhmanov AS, Godzhello EA, et al. Diagnostics and treatment of cardiac achalasia and cardiospasm: guidelines of the Russian gastroenterological association. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*. 2016; 26(4): 36–54 (in Russ). <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2016-4-36-54>.
3. De León AR, de la Serna JP, Santiago JL, et al. Association between idiopathic achalasia and IL23R gene. *Neurogastroenterol Motil*. 2010; 22(7): 734–8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2010.01497.x>.
4. Tullio-Pelet A, Salomon R, Hadj-Rabia S, et al. Mutant WD-repeat protein in triple-A syndrome. *Nat Genet*. 2000; 26(3): 332–5. <https://doi.org/10.1038/81642>.
5. Batista AM, Aguiar C, Almeida EA, et al. Evidence of Chagas disease in seronegative Brazilian patients with megaesophagus. *Int J Infect Dis*. 2010; 14(11): e974–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2010.05.017>.
6. Niwamoto H, Okamoto E, Fujimoto J, et al. Are human herpes viruses or measles virus associated with esophageal achalasia? *Dig Dis Sci*. 1995; 40(4): 859–64. <https://doi.org/10.1007/BF02064992>.
7. Booy JD, Takata J, Tomlinson G, Urbach DR. The prevalence of autoimmune disease in patients with esophageal achalasia. *Dis Esophagus*. 2012; 25(3): 209–13. <https://doi.org/10.1111/j.1442-2050.2011.01249.x>.
8. Kraichely RE, Farrugia G, Pittock SJ, et al. Neural autoantibody profile of primary achalasia. *Dig Dis Sci*. 2010; 55(2): 307–11. <https://doi.org/10.1007/s10620-009-0838-9>.
9. Yevsyutina YuV, Storonova OA, Trukhmanov AS, Ivashkin VT. Cardiac achalasia: modern concepts on etiology, pathogenesis, clinical presentation and diagnostics. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*. 2014; 24(5): 2–14 (in Russ).
10. Chernousov AF, Khorobrykh TV, Vetshev FP, et al. Complex treatment of patients with achalasia of cardia and cardiospasm subject to psychosomatic disorders. *Clinical Medicine (Russian Journal)*. 2018; 96(5): 419–26 (in Russ). <https://doi.org/10.18821/0023-2149-2018-96-5-419-426>.
11. Eckardt VF, Aignherr C, Bernhard G. Predictors of outcome in patients with achalasia treated by pneumatic dilation. *Gastroenterology*. 1992; 103(6): 1732–8. [https://doi.org/10.1016/0016-5085\(92\)91428-7](https://doi.org/10.1016/0016-5085(92)91428-7).
12. Karpov OJe, Vetshev PS, Vasilyev IV, et al. Endoscopic techniques in the diagnosis and treatment of achalasia cardii. *Bulletin of Pirogov National Medical and Surgical Center*. 2016; 11(1): 30–6 (in Russ).
13. Oude Nijhuis RAB, Zaninotto G, Roman S, et al. European guideline on achalasia – UEG and ESNM recommendations. *United European Gastroenterol J*. 2020; 8(1): 13–34. <https://doi.org/10.1177/2050640620903213>.
14. Vaezi MF, Pandolfino JE, Yadlapati RH, et al. ACG clinical guidelines: diagnosis and management of achalasia. *Am J Gastroenterol*. 2020; 115(9): 1393–411. <https://doi.org/10.14309/ajg.0000000000000731>.
15. Boys J, Oh DS, Seto J, et al. Quantitative assessment of esophageal emptying in achalasia patients using esophageal transit scintigraphy. *The Society for Surgery of the Alimentary Tract, 56th Annual Meeting*. May 16–19, 2015. Washington, DC. Available at: <https://meetings.ssat.com/abstracts/2015/Mo1639.cgi> (accessed 14.04.2024).
16. Janković Z, Pucar D, Doder R, Perišić N. Esophageal two-phase supine/standing scintigraphy and balloon dilatation in achalasia: 20 years of experience. *Vojnosanit Pregl*. 2021; 78(4): 429–34. <https://doi.org/10.2298/VSP190226087J>.



Дополнение маммографического скрининга автоматизированным 3D-ультразвуковым исследованием у женщин с молочной железой высокой плотности

Гаранина А.Э.^{1,2}, Холин А.В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, 41, Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

² Клиника «Современные медицинские технологии» АО «Поликлинический комплекс», Московский пр-т, 22, лит. А, Санкт-Петербург, 190013, Российская Федерация

Гаранина Анна Эдуардовна, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, врач ультразвуковой диагностики Клиники СМТ АО «Поликлинический комплекс»; <http://orcid.org/0009-0001-8193-6657>

Холин Александр Васильевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0001-8227-1530>

Резюме

Актуальность. В структуре раннего скрининга молочной железы (МЖ) большое значение имеет проблематика ее плотности. У женщин с плотностью МЖ типов С и D по классификации Американской коллегии радиологов (American College of Radiology, ACR) риск развития рака повышается в 4–6 раз по сравнению с женщинами с плотностью МЖ типа А. При таком типе плотности эффективность диагностической маммографии (МГ) значительно снижается. На сегодняшний день можно рассмотреть технологию автоматизированного трехмерного ультразвукового исследования (3D-УЗИ) МЖ в качестве дополнительного метода скрининга у женщин с типами С и D строения МЖ по ACR.

Цель: провести сравнительный анализ диагностической эффективности 2D- и 3D-УЗИ у женщин в возрастной группе 40 лет и старше с высокой плотностью тканей МЖ.

Материал и методы. Проведено ретро-проспективное наблюдательное одноцентровое исследование. С февраля 2019 г. по май 2023 г. исследованы 1283 пациентки в возрасте 40 лет и старше, которые были разделены на две группы. В группе А женщины проходили 2D-УЗИ и МГ, в группе В дополнительно к этим методам выполнялось 3D-УЗИ. В обеих группах результаты оценивали по системе отчетности о риске развития рака МЖ (Breast Imaging-Reporting and Data System, BI-RADS). По итогам исследования определяли положительную (ППЦ) и отрицательную (ОПЦ) прогностическую ценность, чувствительность, специфичность и точность методов, а также вычисляли площадь под кривой (area under curve, AUC) рабочей характеристики приемника (receiver operating characteristic, ROC) предсказательной модели для 2D- и 3D-УЗИ.

Результаты. Метод МГ продемонстрировал ППЦ 0,89, ОПЦ 0,93, чувствительность 0,53, специфичность 0,99, отбалансированную точность 0,76. Показатели для 2D-УЗИ составили: ППЦ 0,8, ОПЦ 0,98, чувствительность 0,9, специфичность 0,97, отбалансированная точность 0,93, AUC ROC предсказательной модели 0,968. Результаты для 3D-УЗИ следующие: ППЦ 0,97, ОПЦ 0,97, чувствительность 0,9, специфичность 0,99, отбалансированная точность 0,94, AUC ROC предсказательной модели 0,98.

Заключение. Диагностическая эффективность автоматизированного 3D-УЗИ МЖ у пациенток 40 лет и старше сопоставима с 2D-УЗИ по показателю чувствительности и лучше по показателям точности и специфичности. Прогностическая модель метода 3D-УЗИ также лучше по сравнению с 2D-УЗИ.

Ключевые слова: рак молочной железы; РМЖ; ультразвуковое исследование; УЗИ; автоматизированное объемное сканирование молочных желез; 3D-УЗИ; молодые женщины.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гаранина А.Э., Холин А.В. Дополнение маммографического скрининга автоматизированным 3D-ультразвуковым исследованием у женщин с молочной железой высокой плотности. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 130–142. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-130-142>

Для корреспонденции: Гаранина Анна Эдуардовна, E-mail: anna.garanina.90@mail.ru

Статья поступила 22.03.2024

После доработки 11.07.2024

Принята к печати 15.07.2024

Complementing Mammography Screening with Automated 3D Ultrasound in Women with High-Density Breasts

Anna E. Garanina^{1,2}, Alexander V. Kholin¹

¹ Mechnikov North-Western State Medical University,
ul. Kirochnaya, 41, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

² Modern Medical Technologies Clinic, Polyclinic Complex JSC,
Moscovskiy prospekt, 22, lit. A, Saint Petersburg, 190013, Russian Federation

Anna E. Garanina, Postgraduate, Chair of Radiation Diagnostics, Mechnikov North-Western State Medical University; Ultrasound Diagnostician, Modern Medical Technologies Clinic, Polyclinic Complex JSC;
<http://orcid.org/0009-0001-8193-6657>

Alexander V. Kholin, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Radiation Diagnostics, Mechnikov North-Western State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0001-8227-1530>

Abstract

Background. In early breast screening structure, an important factor is breast density. Women with types C and D breast density according to American College of Radiology (ACR) classification have 4–6-fold increased risk of cancer compared to women with type A breast density. With this type of density, the effectiveness of diagnostic mammography (MG) is significantly decreased. Today, automated breast 3D ultrasound can be considered as an additional screening method in women with breast structure types C and D according to ACR.

Objective: to perform a comparative analysis of the diagnostic efficacy of 2D and 3D ultrasound in women aged 40 years and older with high breast tissue density.

Material and methods. Retro-prospective, observational, single-center study was conducted. From February 2019 to May 2023, 1283 patients aged 40 years and older were examined. The patients were divided into two groups. In group A, women underwent 2D ultrasound and MG. In group B, additionally to these methods, 3D ultrasound was performed. In both groups, the results were evaluated according to Breast Imaging-Reporting and Data System (BI-RADS). Based on the obtained data, the following indicators were determined: positive (PPV) and negative (NPV) predictive values, sensitivity, specificity and accuracy of all methods. For 2D and 3D ultrasound, the predictive model areas under curve (AUC) of receiver operating characteristic (ROC) were calculated.

Results. MG method showed PPV 0.89, NPV 0.93, sensitivity 0.53, specificity 0.99, and balanced accuracy 0.76. Indicators for 2D ultrasound demonstrated PPV 0.8, NPV 0.98, sensitivity 0.9, specificity 0.97, balanced accuracy 0.93, AUC ROC 0.968. The results for 3D ultrasound were as follows: PPV 0.97, NPV 0.97, sensitivity 0.9, specificity 0.99, balanced accuracy 0.94, AUC ROC 0.98.

Conclusion. The diagnostic efficiency of breast automated 3D ultrasound in patients aged 40 years and older is comparable to 2D ultrasound in terms of sensitivity, and it's better in terms of accuracy, specificity. The prognostic model of 3D ultrasound is also better compared to 2D ultrasound.

Keywords: breast cancer; ultrasound; breast automated volumetric scanning; 3D ultrasound; young women.

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

For citation: Garanina AE, Kholin AV. Complementing mammography screening with automated 3D ultrasound in women with high-density breasts. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 130–142 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-130-142>

For corresponding: Anna E. Garanina, E-mail: anna.garanina.90@mail.ru

Received March 22, 2024

Revised July 11, 2024

Accepted July 15, 2024

Введение / Introduction

Рак молочной железы (PMЖ) относится к серьезной глобальной проблеме здравоохранения: это наиболее часто диагностируемый вид рака в мире. Количество случаев PMЖ, зарегистрированных в 2020 г., составило 2,26 млн [1]. В структуре раннего скрининга молочной железы (МЖ) большое значение имеет проблематика ее плотности. У женщин с плотностью МЖ типов С и D по классифика-

ции Американской коллегии радиологов (American College of Radiology, ACR) риск развития рака повышается в 4–6 раз по сравнению с женщинами с плотностью МЖ типа А [2].

В настоящее время повышенная плотность МЖ по диагностической маммографии (МГ) является независимым фактором риска, определяющим PMЖ и, возможно, прогноз [3]. Плотная МЖ встречается довольно часто: примерно у 2/3 женщин

в пременопаузе плотность МЖ составляет 50% или выше [4]. У женщин с плотностью паренхимы МЖ более 75% чувствительность МГ составляет всего 48% [4]. Более того, некоторые исследования показали, что количество пропущенных злокачественных новообразований при МГ выше при плотной паренхиме МЖ, чем при МЖ с жировой паренхимой. Также существуют исследования, указывающие на увеличение частоты ложноотрицательных результатов МГ-скрининга, которая увеличивается в 10 раз при переходе от самой низкой к самой высокой категории плотности МЖ [3].

В дополнение к диагностической МГ проводится двухмерное (2D) ультразвуковое исследование (УЗИ) МЖ, которое хорошо визуализирует железистую ткань. Однако 2D-УЗИ является операторозависимым методом, процесс исследования занимает много времени и трудно воспроизводим [5].

На сегодняшний день можно рассмотреть технологию автоматизированного трехмерного (3D) УЗИ МЖ в качестве дополнительного метода скрининга у женщин с типами C и D строения МЖ по ACR [6]. В отличие от 2D-УЗИ, он имеет стандартизированный протокол сбора данных, который может выполняться медицинским персоналом со средним образованием после короткого обучения, без необходимости участия в обследовании высококвалифицированных специалистов. 3D-УЗИ позволяет получать большие трехмерные объемы данных, которые могут быть оценены в нескольких плоскостях: коронарной, поперечной и сагитальной. Очаговые изменения можно увидеть на нескольких срезах, что облегчает восприятие [7]. Исследование технологии 3D-УЗИ является перспективным направлением улучшения алгоритмов и подходов при скрининге РМЖ.

Цель – провести сравнительный анализ диагностической эффективности 2D-УЗИ и 3D-УЗИ у женщин в возрастной группе 40 лет и старше с высокой плотностью тканей МЖ.

Материал и методы / Material and methods

С февраля 2019 г. по май 2023 г. проведено ретро-проспективное наблюдательное исследование, в котором изучались диагностические аспекты ранней диагностики РМЖ среди женщин в возрасте 40 лет и старше. Рассматривались диагностические методы МГ, 2D-УЗИ и 3D-УЗИ. Протокол исследования от 12 октября 2022 г. № 9 был одобрен на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России.

Последовательность проведения диагностики

Врач-исследователь объяснял пациенткам цели и структуру исследования, после чего прово-

дилось подписание согласия на участие в исследовании. Все женщины перед осмотром проходили диагностическую МГ. Далее пациентки распределялись в группы в произвольном порядке. В группе А женщины проходили 2D-УЗИ и МГ, в группе В дополнительно к этим методам выполнялось 3D-УЗИ. В обеих группах результаты оценивались по системе отчетности о риске развития рака МЖ (Breast Imaging-Reporting and Data System, BI-RADS). Схема проведения диагностики представлена на рисунке 1.

Пациенткам, которым по результатам 2D-УЗИ были выставлены категории BI-RADS 1–2, рекомендовано дальнейшее наблюдение. При категории BI-RADS 3 рекомендовано наблюдение в течение 3–6 мес или магнитно-резонансная томография (МРТ) с контрастным усилением (КУ). При категориях BI-RADS 4–5 проводилась трепанбиопсия под УЗИ- или стереотаксическим наведением и/или пункционная биопсия в случае наличия жидкостного компонента в образовании (см. рис. 1). Полученные образцы отправляли на гистологическое и иммуногистохимическое исследование. Все данные регистрировались для дальнейшего анализа.

Описание выборки и групп

Всего в исследование вошли 1283 пациентки 40 лет и старше (медиана возраста – 49 лет [Q1–Q3: 45–56], минимальный возраст – 40 лет, максимальный – 79 лет. Медиана роста составила 166 см [Q1–Q3: 164–168], медиана массы тела – 65 кг [Q1–Q3: 60–73]. В группу А включены 628 женщин, в группу В – 655. Основные показатели по группам приведены в таблице 1.

Группы были распределены равномерно по показателям «репродуктивный статус» ($p=0,09$), «примем гормональных препаратов» ($p=0,08$), «симптом втягивания соска» ($p=0,48$), «симптом выделения из соска» ($p=0,12$) и «тип структуры ACR» ($p=0,71$).

Описание диагностических методов

3D-УЗИ. Для 3D-УЗИ использовали трехмерную автоматизированную ультразвуковую систему Invenia (GE Healthcare, США) 2018 г. выпуска. Основное назначение компьютерной системы – оценка плотной МЖ. Визуализацию МЖ проводили в трех проекциях (боковой, передне-задней и медиальной) с автоматическим датчиком с линейной матрицей от 6 до 14 МГц, прикрепленным к жесткой компрессионной пластине (площадь 15,4×17,0×5,0 см). Оценку изображений 3D-УЗИ выполнял один врач ультразвуковой диагностики со стажем работы более 7 лет. Фиксировалось общее время, необходимое для подготовки пациентки и получения данных.

МГ. Пациентки прошли двухпроекционную цифровую МГ обеих МЖ в медиолатеральной косяк и краниокаудальной проекциях. Использовали оборудование Planmed Clarity 3D с функцией томо-

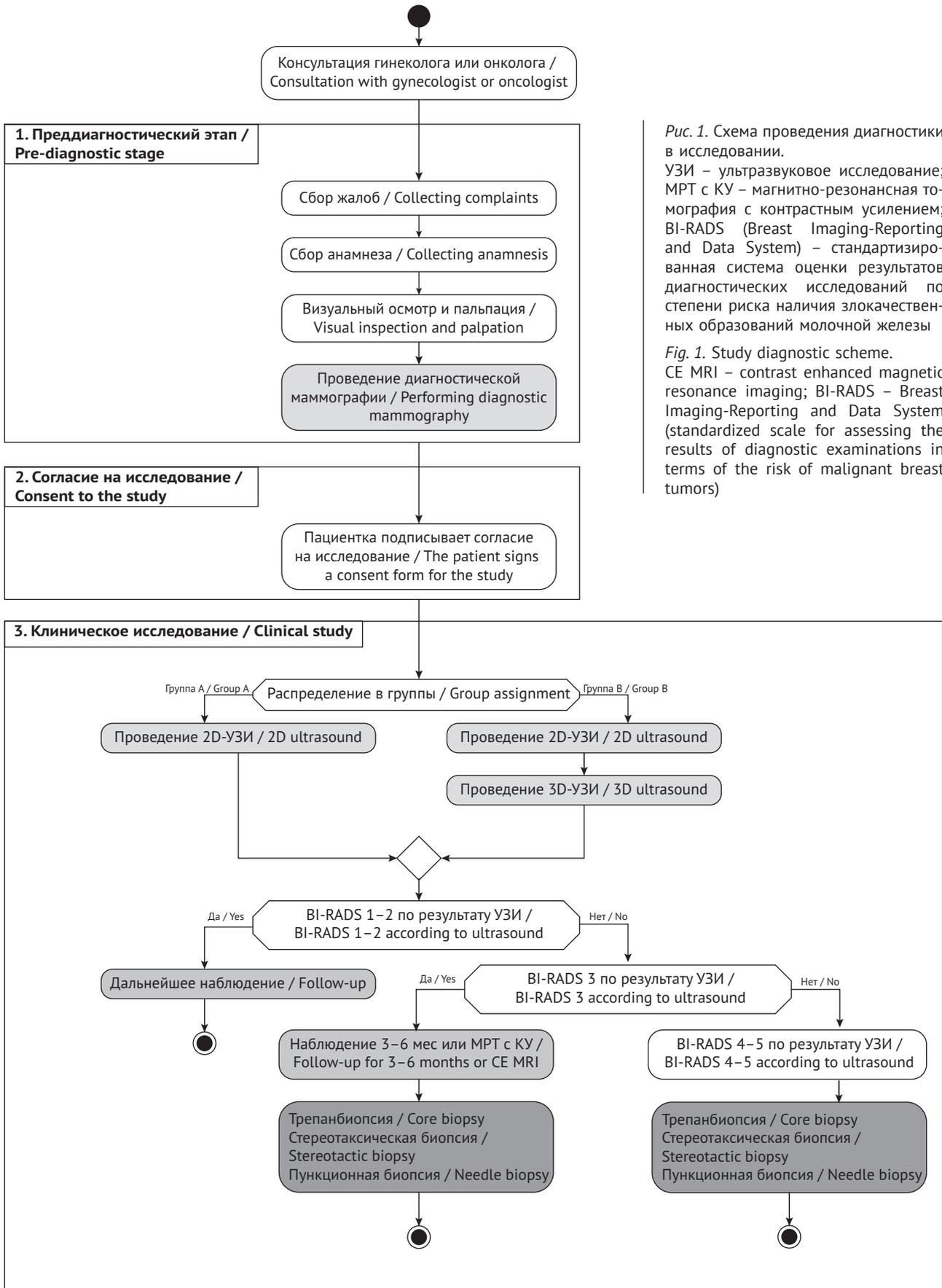


Рис. 1. Схема проведения диагностики в исследовании.

УЗИ – ультразвуковое исследование; МРТ с КУ – магнитно-резонансная томография с контрастным усилением; BI-RADS (Breast Imaging-Reporting and Data System) – стандартизованная система оценки результатов диагностических исследований по степени риска наличия злокачественных образований молочной железы

Fig. 1. Study diagnostic scheme.

CE MRI – contrast enhanced magnetic resonance imaging; BI-RADS – Breast Imaging-Reporting and Data System (standardized scale for assessing the results of diagnostic examinations in terms of the risk of malignant breast tumors)

Основные характеристики пациенток, включенных в исследование

Table 1

Main characteristics of patients included in the study

Параметр / Parameter	Группа А / Group A		Группа В / Group B	
	n (%)	Q1–Q3	n (%)	Q1–Q3
<i>Жалобы / Complaints</i>				
Нет жалоб / No complaints	555/628 (88,376)	0,86–0,91	485/655 (74,046)	0,7–0,77
Боль / Pain	31/628 (4,936)	0,03–0,07	22/655 (3,359)	0,02–0,05
Выделения из соска / Nipple discharge	6/628 (0,955)	0–0,02	0/655 (0)	0–0,01
Уплотнение / Thickening	36/628 (5,732)	0,04–0,08	148/655 (22,595)	0,19–0,26
<i>Репродуктивный статус / Reproductive status</i>				
Репродуктивный возраст / Reproductive age	135/628 (21,497)	0,18–0,25	152/655 (23,206)	0,2–0,27
Пременопауза / Premenopause	201/628 (32,006)	0,28–0,36	234/655 (35,725)	0,32–0,4
Менопауза до 5 лет / Menopause <5 years	138/628 (21,975)	0,19–0,25	99/655 (15,115)	0,13–0,18
Менопауза более 5 лет / Menopause >5 years	150/628 (23,885)	0,21–0,27	170/655 (25,954)	0,23–0,3
Оперативная менопауза / Operative menopause	4/628 (0,637)	0–0,02	0/655 (0)	0–0,01
<i>Операции на молочной железе / Breast surgery</i>				
Да / Yes	11/628 (1,752)	0,01–0,03	0/655 (0)	0–0,01
Нет / No	617/628 (98,248)	0,97–0,99	655/655 (100)	0,99–1
<i>Прием гормональных препаратов / Hormonal medications</i>				
Да / Yes	142/628 (22,611)	0,19–0,26	123/655 (18,779)	0,16–0,22
Нет / No	486/628 (77,389)	0,74–0,81	532/655 (81,221)	0,78–0,84
<i>Наследственная предрасположенность / Hereditary predisposition</i>				
Да / Yes	249/628 (39,65)	0,36–0,44	218/655 (33,282)	0,3–0,37
Нет / No	379/628 (60,35)	0,56–0,64	437/655 (66,718)	0,63–0,7
<i>Мутация BRCA / BRCA mutation</i>				
BRCA1 / BRCA1	0/8 (0)	0–0,4	0/34 (0)	0–0,13
BRCA2 / BRCA2	0/8 (0)	0–0,4	4/34 (11,765)	0,04–0,28
Ложноположительный результат / False positive	0/8 (0)	0–0,4	4/34 (11,765)	0,04–0,28
Мутаций не выявлено / No mutations	100% (8/8)	0,6–1	15/34 (44,118)	0,28–0,62
Образование не визуализируется на МГ / Not visualized on MG	0% (0/8)	0–0,4	11/34 (32,353)	0,18–0,51
<i>Симптом втягивания соска / Symptom of nipple retraction</i>				
Да / Yes	28/628 (4,459)	0,03–0,06	23/655 (3,511)	0,02–0,05
Нет / No	600/628 (95,541)	0,94–0,97	632/655 (96,489)	0,95–0,98
<i>Симптом выделения из соска / Symptom of nipple discharge</i>				
Нет / No	625/628 (99,522)	0,98–1	644/655 (98,321)	0,97–0,99
Светлые / Clear	0/628 (0)	0–0,01	8/655 (1,221)	0,01–0,02
Кровянистые / Bloody	3/628 (0,478)	0–0,02	3/655 (0,458)	0–0,01
<i>Тип структуры АСР / ACR structure type</i>				
Тип С / Type C	549/628 (87,42)	0,85–0,9	580/655 (88,55)	0,86–0,91
Тип D / Type D	79/628 (12,58)	0,1–0,15	75/655 (11,45)	0,09–0,14

Примечание. BRCA (breast cancer gene) – ген рака молочной железы; МГ – маммография; АСР (American College of Radiology) – классификация Американской коллегии радиологов.

Note. BRCA – breast cancer gene; MG – mammography; ACR – American College of Radiology classification.

синтеза (Planmed, Финляндия). Оценку изображений выполнял один рентгенолог со стажем работы более 10 лет.

2D-УЗИ. Для проведения 2D-УЗИ применяли устройства Logiq S8 (GE Medical Systems, США), Toshiba Aplio 300 (Canon, Япония) – ультразвуковые системы экспертного класса.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistics 12 (StatSoft Inc., США). Для определения числа наблюдений при каждом типе воздействия в каждой группе выполняли расчет мощности пропорций при уровне значимости 95% и мощности 0,8. Данные, необходимые для расчета величины эффекта, были взяты из исследования Y. Xin et al. (2021 г.) [8].

Для описания количественных показателей осуществляли оценку на нормальность распределения, в качестве метода использовали критерий Шапиро–Уилка. Для определения статистически значимой разницы непрерывных величин применяли критерий Манна–Уитни для независимых непараметрических выборок при ненормальном распределении и t-критерий Стюдента для независимых параметрических выборок при нормальном распределении. Статистически значимую разницу независимых качественных величин определяли с помощью χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера. Для расчета чувствительности, специфичности и точности использовали функцию confusionMatrix из библиотеки Caret (версия 3.45, язык программирования R (среда разработки RStudio)).

Построение предсказательной модели выполняли на основании данных логистической регрессии с помощью функций glm, predict из пакета Stats (версия 3.6.2, язык программирования R). Для оценки полученной предсказательной модели и построения кривой рабочей характеристики приемника (receiver operating characteristic, ROC) с расчетом площади под кривой (area under curve, AUC) применяли пакет rROC (версия 1.18.4) с функцией roc.

Результаты / Results

Гистологическое и иммуногистохимическое исследования

По данным гистологического исследования был поставлен диагноз злокачественного образования в группе А в 31 случае (4,93%), в группе В в 142 случаях (21,68%). Основные результаты гистологического и иммуногистохимического исследований, а также определения степени злокачественности по результатам проведенной биопсии представлены в таблице 2.

2D-УЗИ

По результатам выполнения 2D-УЗИ был поставлен диагноз злокачественного образования в группе А в 48 случаях (7,64%), в группе В в 146 случаях (22,29%). Распределение по категориям BI-RADS представлено на рисунке 2.

Определение чувствительности, специфичности и точности методов

Подробные данные сравнения по методам приведены в таблице 3. Для корректности сравнения представлены результаты только из группы В. МГ выявила меньше злокачественных образований по сравнению с 3D-УЗИ и 2D-УЗИ, определена статистически значимая разница ($p < 0,01$). При сравнении между методами 3D-УЗИ и 2D-УЗИ по показателю «размер» не обнаружено статистически достоверной разницы ($p = 0,92$), в то время как МГ по способности нахождения образований меньшего размера оказалась значительно хуже ($p < 0,01$).

Общие результаты сравнения методов в группах А и В отражены в таблице 4.

Прогностическая оценка методов

На основании полученных данных построены предсказательные модели для 2D- и 3D-УЗИ. Рассчитаны значения AUC ROC, что позволило оценить предсказательную способность методов в перспективе (рис. 3, табл. 5).

Клинический случай

Пациентка Д., 62 года. Уплотнение в левой МЖ. Анамнез не отягощен. В верхненаружном квадранте (ВНК) левой МЖ пальпируется зона уплотнения без четких контуров, по структуре схожего с железистой тканью, размерами 2,5×2,0 см. Результаты *рентгеновской маммографии* представлены на рисунке 4.

Отмечены рентгенологические признаки диффузного фиброаденоматоза МЖ, в левой МЖ – образования (кисты? локализованный аденоз?). Тип С по ACР. MD BI-RADS 2, MS BI-RADS 3.

Проведено автоматизированное 3D-УЗИ МЖ (рис. 5). При сканировании в трех проекциях в наружных квадрантах выявлено три очаговых образования с симптомом ретракции. MD BI-RADS 2, MS BI-RADS 4с.

Эхограммы левой МЖ приведены на рисунке 6.

Таким образом, обнаружены УЗИ-признаки образований в ВНК левой МЖ. УЗИ-оценка BI-RADS: справа 2, слева 4b. Для определения распространенности процесса рекомендована МРТ МЖ с КУ (рис. 7), которая показала мультиочаговое поражение в ВНК левой МЖ (MD BI-RADS 2, MS BI-RADS 5).

По результатам гистологического исследования выявлен инвазивный дольковый рак МЖ (G2). Назначено оперативное лечение.

Основные результаты гистологического, иммуногистохимического исследований и определения степени злокачественности опухоли по данным биопсии

Table 2

Main results of histological and immunohistochemical studies and determining the malignancy degree based on biopsy data

Показатель / Metric	Группа А / Group A		Группа В / Group B	
	n (%)	95% ДИ / 95% CI	n (%)	95% ДИ / 95% CI
<i>Гистологическое исследование / Histological examination</i>				
Инвазивный дольковый рак / Invasive lobular cancer	0/31 (0)	0–0,14	8/142 (5,634)	0,03–0,11
Инвазивный рак неспециального типа / Invasive cancer of non-special type	28/31 (90,323)	0,73–0,97	109/142 (76,761)	0,69–0,83
Протоковый рак <i>in situ</i> / Ductal carcinoma <i>in situ</i>	3/31 (9,677)	0,03–0,27	25/142 (17,606)	0,12–0,25
<i>Иммуногистохимическое исследование / Immunohistochemical examination</i>				
Негатив / Negative	3/31 (9,677)	0,03–0,27	10/142 (7,042)	0,04–0,13
Her2/neu	0/31 (0)	0–0,14	7/142 (4,93)	0,02–0,1
РЭ + РП + Her2/neu // ER + PR + Her2/neu	6/31 (19,355)	0,08–0,38	21/142 (14,789)	0,1–0,22
РЭ + РП + Her2/neu негатив // ER + PR + Her2/neu negative	22/31 (70,968)	0,52–0,85	104/142 (73,239)	0,65–0,8
<i>Степень злокачественности / Grade of malignancy</i>				
I (низкая, 3–5 баллов) / I (low, 3–5 points)	4/31 (12,903)	0,04–0,31	15/142 (10,563)	0,06–0,17
II (умеренная, 6–7 баллов) / II (moderate, 6–7 points)	20/31 (64,516)	0,45–0,8	99/142 (69,718)	0,61–0,77
III (высокая, 8–9 баллов) / III (high, 8–9 points)	7/31 (22,581)	0,1–0,42	28/142 (19,718)	0,14–0,27

Примечание. ДИ – доверительный интервал; Her2/neu (human epidermal growth factor receptor 2) – рецептор эпидермального фактора роста человека 2; РЭ – рецептор к эстрогену; РП – рецептор к прогестерону.

Note. CI – confidence interval; Her2/neu – human epidermal growth factor receptor 2; ER – estrogen receptor; PR – progesterone receptor.

Обсуждение / Discussion

Плотная ткань МЖ означает большое количество радиологически определяемой фиброзно-железистой ткани [9]. Это связано со значительным снижением чувствительности МГ и высоким уровнем определения интервального рака [10, 11].

Анализ различных исследований показал более высокие или равные результаты обнаружения поражений МЖ с помощью 3D-УЗИ по сравнению с 2D-УЗИ. Показатели выявления с применением 3D-УЗИ варьируются от 84,8% до 100%, тогда как соответствующие значения для 2D-УЗИ – от 60,6% до 100% [12, 13]. В литературе также встречается достаточное количество работ, посвященных дифференциации злокачественных и доброкачественных образований МЖ с помощью 3D-УЗИ [14, 15].

Благодаря хорошей визуализации МЖ 3D-УЗИ является новым методом оперативного планирования [16] – размер поражения, определенный с его помощью, хорошо коррелирует с результатами МРТ [17] и гистопатологическими измене-

ниями [18]. Коронарная плоскость имеет особое значение для хирургического планирования из-за лучшей визуализации сегментарного доступа и схожей ориентации при позиционировании пациентки во время операции [19]. 3D-УЗИ позволяет визуализировать сателлитные очаги размером менее 1 см, что очень ценно в оценке многоочагового рака. Метод может применяться при оценке результатов МРТ в качестве уточняющего [20, 21]. Так, 3D-УЗИ превзошло 2D-УЗИ при вторичном исследовании после проведения МРТ МЖ, выявив дополнительные очаги [22].

В работах отечественных исследователей изучались возможности автоматического объемного сканирования в определении типа строения МЖ среди женщин разных возрастных групп, имеющих различную патологию. Полученные данные свидетельствовали о значительном увеличении специфичности данного метода (до 96%) у пациенток с типами С и D строения МЖ по АСР, что может иметь большое значение при скрининге женщин данной категории [23].

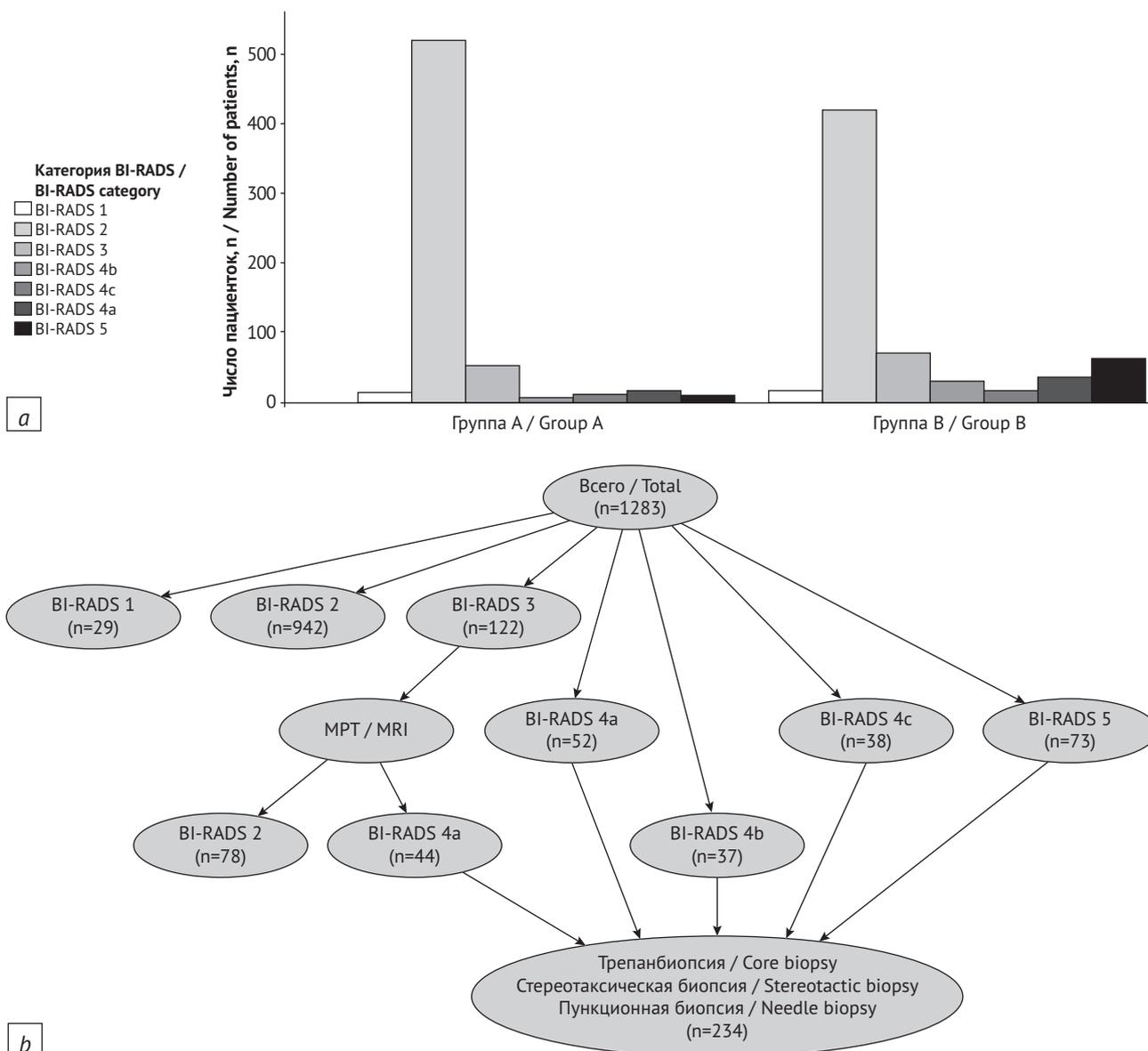


Рис. 2. Распределение поставленных категорий BI-RADS после выполнения 2D-УЗИ (а) и количество пациенток, которым была выполнена биопсия (б)

Fig. 2. Distribution of BI-RADS categories after 2D ultrasound (a) and number of patients who underwent biopsy (b)

Важным аспектом изучения технологии 3D-УЗИ является время, необходимое для выполнения и изучения изображений. В различных исследованиях оно колеблется от 12 до 25 мин [24]. Это обуславливает актуальность изучения кривой обучения специалистов, а уже в данном контексте требуется уточнение информации об эффективности метода в структуре скрининга. А. Arslan et al. [25] в 2019 г. выявили сокращение времени оценки по мере накопления опыта. N. Brunetti et al. [26] в 2020 г. отметили проблему более длительной интерпретации, а N. Gldođan et al. [27], изучавшие этот отчет в 2023 г., пришли к мнению, что проблема связана с различием в опыте работы рентгенологов с системой. Однако в других исследова-

ниях [28, 29] время интерпретации 3D-УЗИ было намного меньше времени, необходимого для 2D-УЗИ.

Наше исследование имеет некоторые ограничения. В нем не учитывается проблема кривых обучения специалистов, включенных в процесс скрининга. Данный фактор может снизить показатели эффективности. Исследование является моноцентровым. Центр, в котором оно проводилось, имеет специфику работы с пациентками представленного профиля, и оценить возможности метода 3D-УЗИ в других многопрофильных центрах еще предстоит. Также одним из важных показателей эффективности предлагаемой методики является оценка смертности, а именно

Данные сравнения по диагностическим методам в группе В

Table 3

Comparison data on diagnostic methods in Group B

Показатель / Metric	Всего / Total	2D-УЗИ / 2D US	3D-УЗИ / 3D US	МГ / MG
Найдено злокачественных новообразований / Malignant neoplasms found	142	128	125	76
<i>Иммуногистохимическое исследование / Immunohistochemical examination</i>				
Инвазивный дольковый рак / Invasive lobular cancer	8	4	8	0
Инвазивный рак неспециального типа / Invasive cancer of non-special type	109	102	95	62
Протоковый рак <i>in situ</i> / Ductal carcinoma <i>in situ</i>	25	22	22	14
<i>Степень злокачественности / Grade of malignancy</i>				
I (низкая, 3–5 баллов) / I (low, 3–5 points)	15	15	15	11
II (умеренная, 6–7 баллов) / II (moderate, 6–7 points)	99	87	86	51
III (высокая, 8–9 баллов) / III (high, 8–9 points)	28	26	24	14
<i>Размер / Size</i>				
0,5–1,0 см / 0.5–1.0 cm	–	28	28	16
1,1–1,5 см / 1.1–1.5 cm	–	34	37	24
1,5–2,0 см / 1.5–2.0 cm	–	37	38	19
2,1–2,5 см / 2.1–2.5 cm	–	17	13	8
2,5–3,0 см / 2.5–3.0 cm	–	9	6	3
>3 см / >3 cm	–	3	3	6

Примечание. УЗИ – ультразвуковое исследование; МГ – маммография.

Note. US – ultrasound; MG – mammography.

Таблица 4

Общие результаты сравнения методов в группах А и В

Table 4

General results of comparing methods in Groups A and B

Метод / Method	Т / A	р	КК / KC	ТМ / MT	ППЦ / PPV	ОПЦ / NPV	Ч / Sen	С / Sp	ОТ / BT
МГ в группе А / MG in Group A	0,96	0,05	0,57	0,14	0,70	0,98	0,52	0,99	0,75
МГ во всей выборке / MG in the whole sample	0,93	0,00	0,63	0,00	0,89	0,93	0,53	0,99	0,76
МГ в группе В / MG in Group B	0,89	0,00	0,63	0,00	0,95	0,89	0,54	0,99	0,76
2D-УЗИ в группе А / 2D ultrasound in Group A	0,96	0,08	0,69	0,00	0,58	0,99	0,90	0,97	0,93
2D-УЗИ в группе В / 2D ultrasound in Group B	0,95	0,00	0,86	0,60	0,88	0,97	0,90	0,96	0,93
2D-УЗИ во всей выборке / 2D ultrasound in the whole sample	0,96	0,00	0,83	0,01	0,80	0,98	0,90	0,97	0,93
3D-УЗИ в группе В / 3D ultrasound in Group B	0,97	0,00	0,90	0,01	0,97	0,97	0,90	0,99	0,94

Примечание. МГ – маммография; УЗИ – ультразвуковое исследование; Т – точность, КК – коэффициент каппа; ТМ – тест Макнемара;

ППЦ – положительная прогностическая ценность; ОПЦ – отрицательная прогностическая ценность; Ч – чувствительность; С – специфичность; ОТ – отбалансированная точность.

Note. MG – mammography; A – accuracy; KC – kappa coefficient; MT – McNemar test; PPV – positive predictive value; NPV – negative predictive value; Sen – sensitivity; Sp – specificity; BT – balanced accuracy.

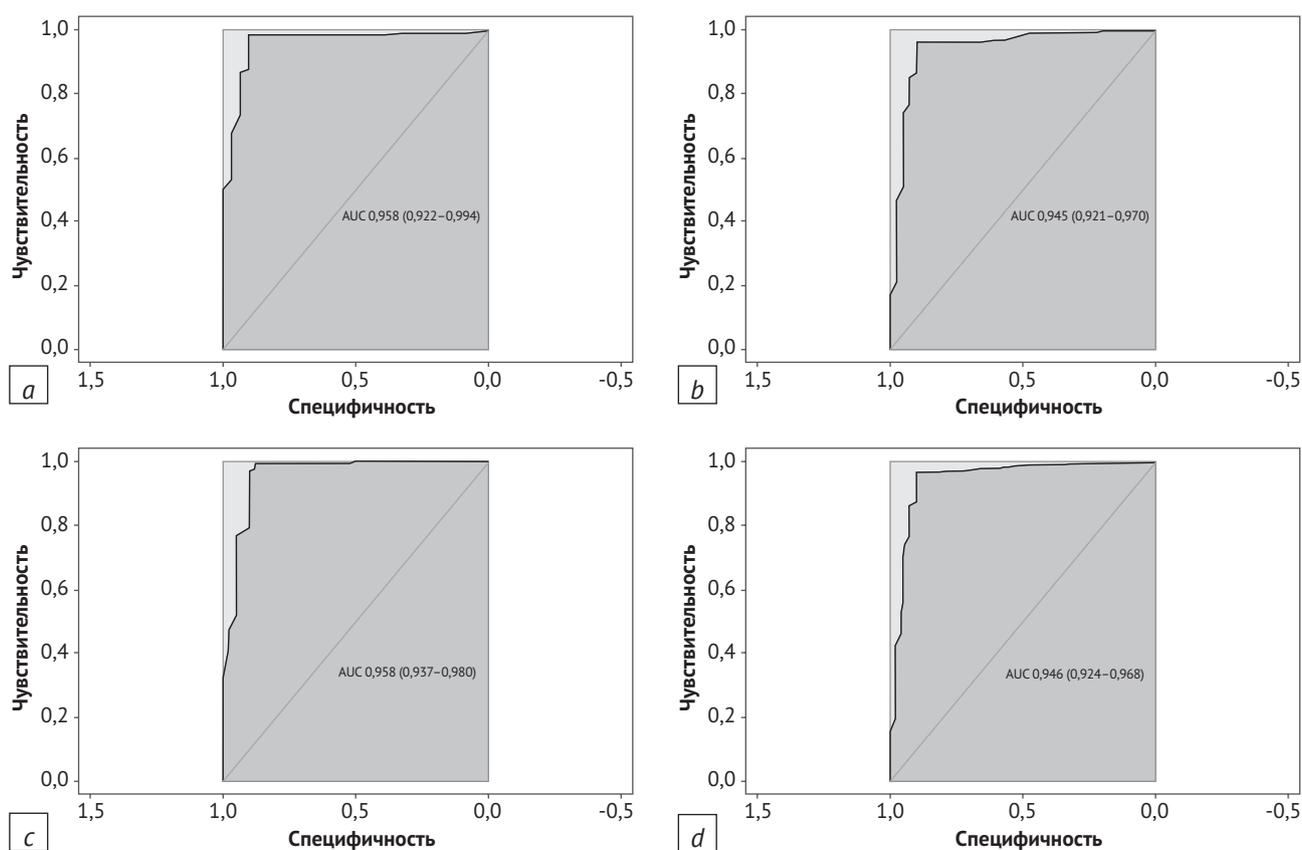


Рис. 3. ROC-кривые предсказательных моделей:

a – для метода 2D-УЗИ по данным, полученным в группе А; *b* – для метода 2D-УЗИ по данным, полученным в группе В; *c* – для метода 3D-УЗИ по данным, полученным в группе В; *d* – для метода 2D-УЗИ по данным, полученным в выборке пациенток 40 лет и старше

Fig. 3. ROC curves of the predictive models:

a – for 2D ultrasound based on data obtained in Group A; *b* – for 2D ultrasound based on data obtained in Group B; *c* – for 3D ultrasound based on data obtained in Group B; *d* – for 2D ultrasound based on data obtained in a sample of patients aged 40 years and older

Таблица 5

Показатели площади под кривой представленных предсказательных моделей в группах А и В

Table 5

Area under curve of presented predictive models in Groups A and B

Метод / Method	Площадь под кривой (95% ДИ) / Area under curve (95% CI)
2D-УЗИ в группе А / 2D ultrasound in Group A	0,958 (0,922–0,994)
2D-УЗИ в группе В / 2D ultrasound in Group B	0,945 (0,921–0,970)
2D-УЗИ во всей выборке / 2D ultrasound in the whole sample	0,946 (0,924–0,968)
3D-УЗИ в группе В / 3D ultrasound in Group B	0,958 (0,937–0,98)

Примечание. УЗИ – ультразвуковое исследование; ДИ – доверительный интервал.

Note. CI – confidence interval.

ожидаемое ее снижение из-за раннего обнаружения новообразования. Все это говорит о том, что требуются дальнейшие исследования технологии 3D-УЗИ для определения наиболее эффективных алгоритмов скрининга с ее использованием.

Закключение / Conclusion

Согласно полученным данным диагностическая эффективность автоматизированного 3D-УЗИ МЖ у пациенток 40 лет и старше сопоставима с 2D-УЗИ по показателю чувствительности

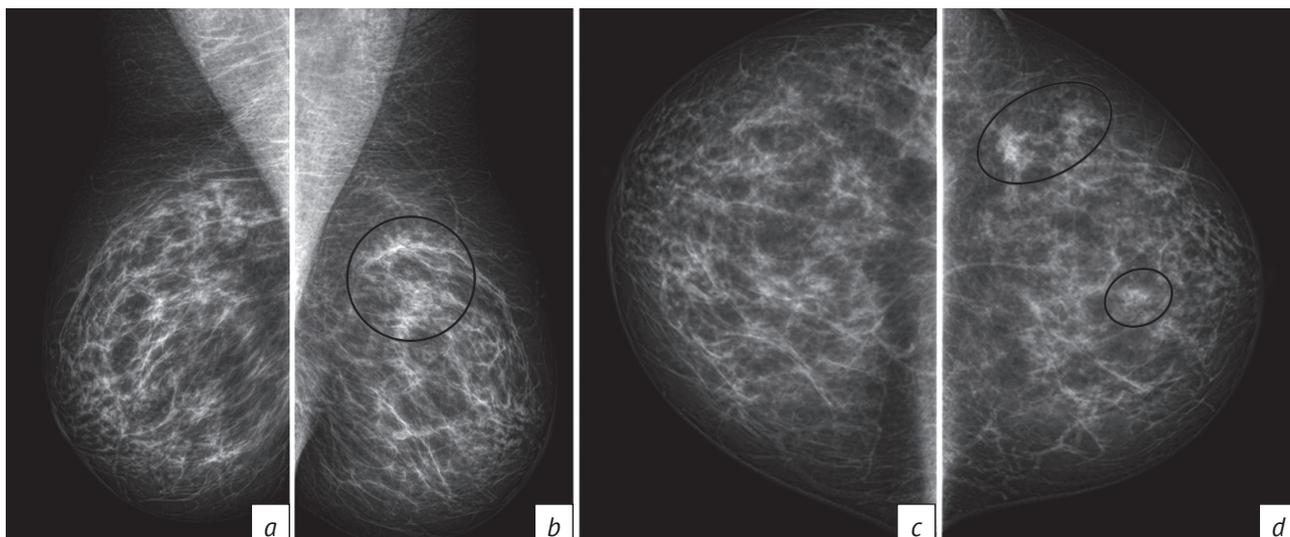


Рис. 4. Цифровая маммография обеих молочных желез:
 a – косая проекция; b – медиолатеральная проекция; c, d – краниокаудальная проекция

Fig. 4. Digital mammography of both breasts:
 a – oblique projection; b – mediolateral projection; c, d – craniocaudal projection

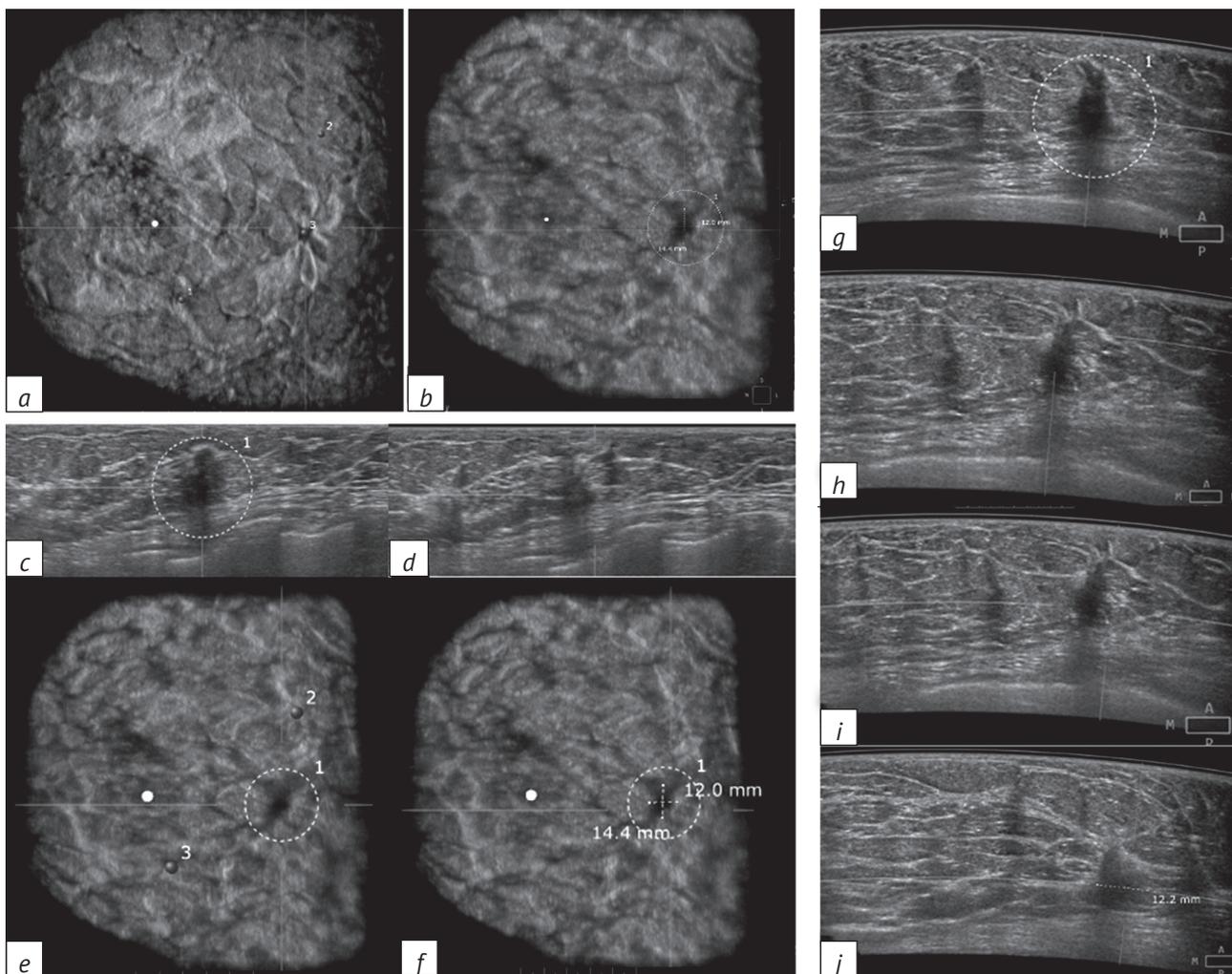


Рис. 5. Система 3D-УЗИ. Анализ 3D-данных на ультразвуковом аппарате (a–f)

Fig. 5. 3D ultrasound system. Analysis of 3D data on an ultrasound machine (a–f)

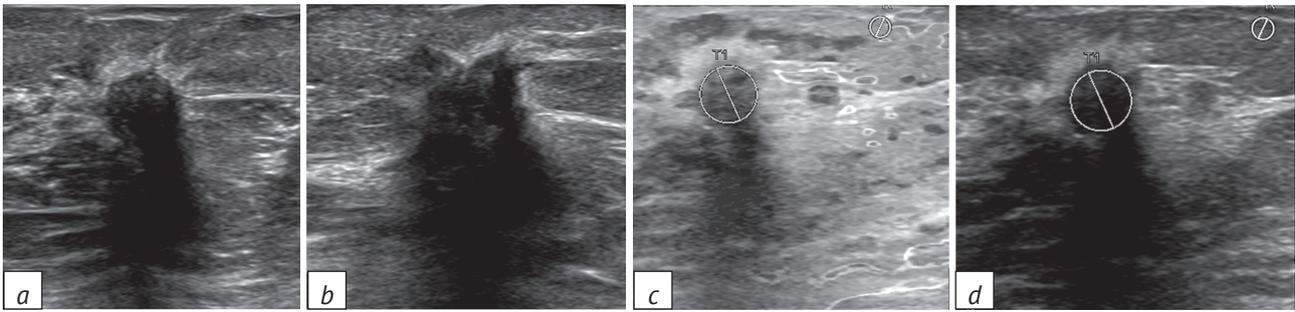


Рис. 6. Эхограммы левой молочной железы:

a – в верхненаружном квадранте определяется образование неправильной формы; *b* – в верхненаружном квадранте определяется гипоехогенный участок нарушения архитектоники; *c, d* – в режиме эластографии картируется эластотип N4 однотонный синий, коэффициент деформации 4,1

Fig. 6. Left breast echograms:

a – in upper-outer quadrant, an irregular mass is determined; *b* – in upper-outer quadrant, there is a hypoechoic area of architectural disturbance; *c, d* – in elastography mode, the N4 monochromatic blue elastotype is mapped, strain coefficient is 4.1

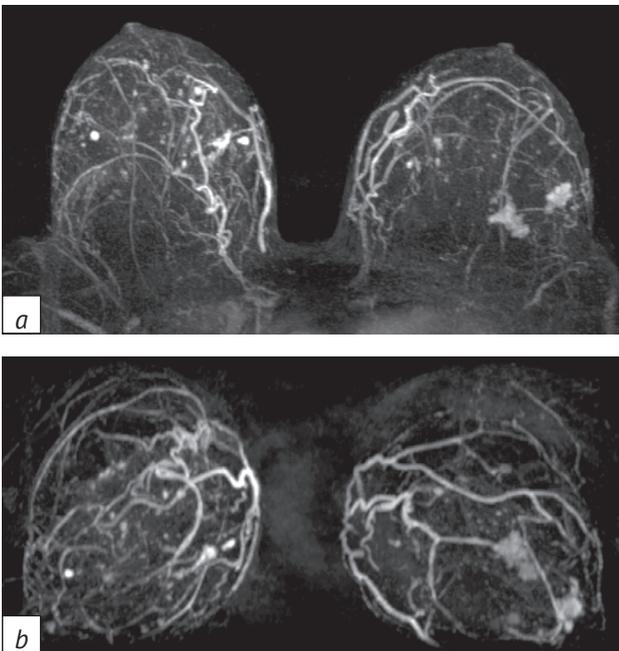


Рис. 7. Результаты магнитно-резонансной томографии молочных желез с контрастным усилением (*a, b*)

Fig. 7. Contrast-enhanced breast magnetic resonance imaging (*a, b*)

и лучше по показателям точности, специфичности. Также нами выявлено, что методы сравнимы по определяемым размерам образований.

Преимущества 3D-УЗИ перед МГ заключается в выявлении большего количества образований менее 1 см, а также в более четком обнаружении мультиочаговых поражений.

3D-УЗИ предоставило дополнительную информацию о распространенности мультифокального и мультицентричного поражения МЖ, включая визуализацию анатомии всего органа.

Ограничения МГ у пациенток с типами С и D строения МЖ по АСР могут быть компенсированы применением 3D-УЗИ, что повысит выявление злокачественных образований. Дополняя МГ, 3D-УЗИ способствует выявлению некальцинированных карцином, скрытых плотной тканью МЖ. Тем не менее МГ остается основным методом визуализации протоковой карциномы *in situ* из-за ее превосходства в обнаружении кальцинатов.

Учитывая возрастающую сложность выявления новообразований при плотной МЖ, метод 3D-УЗИ представляет большой интерес и является перспективным направлением развития систем скрининга РМЖ.

Литература [References]

1. 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>.
2. Boyd NF. Mammographic density and risk of breast cancer. *Am Soc Clin Oncol Educ Book.* 2013; 33(1): e57–62. https://doi.org/10.14694/EdBook_AM.2013.33.e57.
3. Wilczek B, Wilczek HE, Rasouliyan L, et al. Adding 3D automated breast ultrasound to mammography screening in women with heterogeneously and extremely dense breasts: report from a hospital-based, high-volume, single-center breast cancer screening program. *Eur J Radiol.* 2016; 85(9): 1554–63. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2016.06.004>.
4. Guo R, Lu G, Qin B, et al. Ultrasound imaging technologies for breast cancer detection and management: a review. *Ultrasound Med Biol.* 2018; 44(1): 37–70. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.09.012>.
5. Berg WA. Tailored supplemental screening for breast cancer: what now and what next? *Am J Roentgenol.* 2009; 192(2): 390–9. <https://doi.org/10.2214/AJR.08.1706>.
6. Jia M, Lin X, Zhou X, et al. Diagnostic performance of automated breast ultrasound and handheld ultrasound in women with dense breasts. *Breast Cancer Res Treat.* 2020; 181(3): 589–97. <https://doi.org/10.1007/s10549-020-05625-2>.
7. Zanolte M, Bednarova I, Londero V, et al. Automated breast

- ultrasound: basic principles and emerging clinical applications. *Radiol Medica*. 2018; 123(1): 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11547-017-0805-z>.
8. Xin Y, Zhang X, Yang Y, et al. A multicenter, hospital-based and non-inferiority study for diagnostic efficacy of automated whole breast ultrasound for breast cancer in China. *Sci Rep*. 2021; 11(1): 13902. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93350-1>.
 9. Бусько Е.А., Семиглазов В.В., Рожкова Н.И. и др. Трехмерное автоматизированное ультразвуковое исследование – дополнительный инструмент онкомаммомаммографии. *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2024; 20(1): 24–30. <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-1-24-30>. [Busko EA, Semiglazov VV, Rozhkova NI, et al. Three-dimensional automated breast ultrasound – a supplemental screening tool. *Tumors of Female Reproductive System*. 2024; 20(1): 24–30 (in Russ). <https://doi.org/10.17650/1994-4098-2024-20-1-24-30>]
 10. Рожкова Н.И., Бурдина И.И., Запирова С.Б. и др. Многоликость непальпируемого рака молочной железы. Своевременная диагностика, адекватное лечение и профилактика. *Медицинский алфавит*. 2021; 38: 34–40. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-38-34-40>. [Rozhkova NI, Burdina II, Zapirova SB, et al. Diversity of non-palpable breast cancer. Timely diagnosis, adequate treatment and prevention. *Medical Alphabet*. 2021; 38: 34–40 (in Russ). <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-38-34-40>]
 11. Гаранина А.Э., Холин А.В. Современные методы визуализации образований молочных желез (обзорная статья). *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2023; 6(3): 41–8. <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2023-6-3-41-48>. [Garanina AE, Kholin AV. Modern methods of imaging of breast neoplasms (literature review). *Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy*. 2023; 6(3): 41–8 (in Russ). <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2023-6-3-41-48>]
 12. Xiao YM, Chen ZH, Zhou QC, et al. The efficacy of automated breast volume scanning over conventional ultrasonography among patients with breast lesions. *Int J Gynaecol Obstet*. 2015; 131(3): 293–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2015.05.036>.
 13. Vourtsis A. Three-dimensional automated breast ultrasound: technical aspects and first results. *Diagn Interv Imaging*. 2019; 100(10): 579–92. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2019.03.012>.
 14. Golatta M, Franz D, Harcos A, et al. Interobserver reliability of automated breast volume scanner (ABVS) interpretation and agreement of ABVS findings with hand held breast ultrasound (HHUS), mammography and pathology results. *Eur J Radiol*. 2013; 82(8): e332–6. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2013.03.005>.
 15. Golatta M, Baggs C, Schweitzer-Martin M, et al. Evaluation of an automated breast 3D-ultrasound system by comparing it with hand-held ultrasound (HHUS) and mammography. *Arch Gynecol Obstet*. 2015; 291(4): 889–95. <https://doi.org/10.1007/s00404-014-3509-9>.
 16. Гаранина А.Э., Холин А.В. Предикторная модель определения показаний к автоматизированному 3D УЗИ для скрининга женщин с низким риском развития опухолей молочной железы. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2024; 11(2): 57–68. <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2024-11-2-5>. [Garanina AE, Kholin AV. Predictive model for determining the indications for automated 3D ultrasound for screening patients at low risk of developing breast tumors. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2024; 11(2): 57–68 (in Russ). <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2024-11-2-5>]
 17. Schmachtenberg C, Fischer T, Hamm B, et al. Diagnostic performance of automated breast volume scanning (ABVS) compared to handheld ultrasonography with breast MRI as the gold standard. *Acad Radiol*. 2017; 24(8): 954–61. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2017.01.021>.
 18. Chang JM, Cha JH, Park JS, et al. Automated breast ultrasound system (ABUS): reproducibility of mass localization, size measurement, and characterization on serial examinations. *Acta Radiol*. 2015; 56(10): 1163–70. <https://doi.org/10.1177/0284185114551565>.
 19. Amy D (Ed). *Lobar approach to breast ultrasound*. 1st ed. Springer; 2018: 360 pp.
 20. Halshok-Neiman O, Shalmon A, Rundstein A, et al. Use of automated breast volumetric sonography as a second-look tool for findings in breast magnetic resonance imaging. *Isr Med Assoc J*. 2015; 17(7): 410–3.
 21. Girometti R, Zanotel M, Londero V, et al. Comparison between automated breast volume scanner (ABVS) versus handheld ultrasound as a second look procedure after magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*. 2017; 27(9): 3767–75. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-4749-4>.
 22. Kim Y, Kang BJ, Kim SH, et al. Prospective study comparing two second-look ultrasound techniques: handheld ultrasound and an automated breast volume scanner. *J Ultrasound Med*. 2016; 35(10): 2103–12. <https://doi.org/10.7863/ultra.15.11076>.
 23. Гажонова В.Е., Ефремова М.П., Бачурина Е.М. и др. Возможности сонотомографии (автоматического объемного сканирования молочных желез) в оценке железистого типа строения молочных желез как фактора риска возникновения рака молочной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2015; 5: 5–10. [Gazhonova VE, Efremova MP, Bachurina EM, et al. Capabilities of breast sonotomography (automated breast volume sonography) in the evaluation of the glandular structure of the breast in the context of its cancer risk. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2015; 5: 5–10 (in Russ).]
 24. Skaane P, Gullien R, Eben EB, et al. Interpretation of automated breast ultrasound (ABUS) with and without knowledge of mammography: a reader performance study. *Acta Radiol*. 2015; 56(4): 404–12. <https://doi.org/10.1177/0284185114528835>.
 25. Arslan A, Ertaş G, Arıbal E. 3D automated breast ultrasound system: comparison of interpretation time of senior versus junior radiologist. *Eur J Breast Health*. 2019; 15(3): 153–7. <https://doi.org/10.5152/ejbh.2019.4468>.
 26. Brunetti N, De Giorgis S, Zawaideh J, et al. Comparison between execution and reading time of 3D ABUS versus HHUS. *Radiol Med*. 2020; 125(12): 1243–8. <https://doi.org/10.1007/s11547-020-01209-8>.
 27. GÜldoğan N, Ulus S, Kovan Ö, et al. Evaluating efficiency of time use and operational costs in a breast clinic workflow: a comparative analysis between automated breast ultrasound and handheld ultrasound. *Eur J Breast Health*. 2023; 19(4): 311–7. <https://doi.org/10.4274/ejbh.galenos.2023.2023-8-4>.
 28. Vourtsis A, Kachulis A. The performance of 3D ABUS versus HHUS in the visualisation and BI-RADS characterisation of breast lesions in a large cohort of 1,886 women. *Eur Radiol*. 2018; 28(2): 592–601. <https://doi.org/10.1007/s00330-017-5011-9>.
 29. Huppe AI, Inciardi MF, Redick M, et al. Automated breast ultrasound interpretation times: a reader performance study. *Acad Radiol*. 2018; 25(12): 1577–81. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.03.010>.



Выявление добавочного подглазничного отверстия с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии

Кабак С.Л.¹, Мельниченко Ю.М.¹, Юферева М.П.¹, Пильчук А.В.²

¹ УО «Белорусский государственный медицинский университет» Минздрава Республики Беларусь, пр-т Дзержинского, 83, Минск, 220116, Республика Беларусь

² ООО «Новый Лекарь»

ул. Энгельса, 34А/2, Минск, 220030, Республика Беларусь

Кабак Сергей Львович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой морфологии человека УО «Белорусский государственный медицинский университет» Минздрава Республики Беларусь;

<http://orcid.org/0000-0002-7173-1818>

Мельниченко Юлия Михайловна, к. м. н., доцент кафедры морфологии человека УО «Белорусский государственный медицинский университет» Минздрава Республики Беларусь;

<http://orcid.org/0000-0002-8742-6973>

Юферева Мелания Павловна, студентка 1-го курса стоматологического факультета УО «Белорусский государственный медицинский университет» Минздрава Республики Беларусь

<http://orcid.org/0009-0000-2884-1133>

Пильчук Анна Владимировна, врач-рентгенолог ООО «Новый Лекарь» (г. Минск, Республика Беларусь);

<http://orcid.org/0009-0005-1875-5203>

Резюме

Цель: оценить частоту встречаемости, количество и положение добавочных подглазничных отверстий по данным конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ).

Материал и методы. Проанализировано 156 КЛКТ-исследований пациентов, обратившихся за стоматологической помощью в частный медицинский центр г. Минска (Республика Беларусь) за период 2018–2023 гг.

Результаты. У 29 (18,6%) обследованных было обнаружено в общей сложности 38 добавочных подглазничных отверстий. У 8 пациентов удвоение выявлялось с двух сторон, у 21 – с одной стороны. В 1 случае отмечено наличие одновременно двух добавочных подглазничных отверстий с одной стороны. Они располагались сверху и с медиальной стороны относительно основного подглазничного отверстия на расстоянии от 3,73 до 14,5 мм от него. У 2 из 13 пациентов, у которых в поле зрения визуализировались одновременно верхняя и нижняя челюсти, на стороне добавочного подглазничного отверстия выявлено добавочное подбородочное отверстие. Добавочные подглазничные отверстия чаще обнаруживались с левой стороны ($p < 0,05$), гендерных различий в их встречаемости не отмечено.

Заключение. Полученные результаты демонстрируют высокую частоту удвоения подглазничного отверстия. Для повышения эффективности хирургических манипуляций в средней трети лица и предотвращения ятрогенных неврологических осложнений рекомендуется проведение КЛКТ-исследования на этапе планирования операции для уточнения локализации основного и добавочного подглазничных отверстий.

Ключевые слова: добавочное подглазничное отверстие; верхняя челюсть; конусно-лучевая компьютерная томография; КЛКТ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кабак С.Л., Мельниченко Ю.М., Юферева М.П., Пильчук А.В. Выявление добавочного подглазничного отверстия с помощью конусно-лучевой компьютерной томографии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 143–148. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-143-148>

Для корреспонденции: Мельниченко Юлия Михайловна, E-mail: mjm1980@yandex.ru

Статья поступила 04.06.2024

После доработки 11.07.2024

Принята к печати 26.07.2024

Evaluation of Accessory Infraorbital Foramen with Cone Beam Computed Tomography

Sergey L. Kabak¹, Yuliya M. Melnichenko¹, Melania P. Ioufereva¹, Anna V. Pilchuk²

¹ *Belarusian State Medical University,
prospekt Dzerzhinskogo, 83, Minsk, 220116, Republic of Belarus*

² *LLC "Novy Lekar"
ul. Engelsa, 34A/2, Minsk, 220030, Republic of Belarus*

Sergey L. Kabak, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Human Morphology, Belarusian State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0002-7173-1818>

Yuliya M. Melnichenko, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Human Morphology, Belarusian State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0002-8742-6973>

Melania P. Ioufereva, 2nd Year Student, Faculty of Dentistry, Belarusian State Medical University
<http://orcid.org/0009-0000-2884-1133>

Anna V. Pilchuk, Radiologist, LLC "Novy Lekar" (Minsk, Republic of Belarus);
<http://orcid.org/0009-0005-1875-5203>

Abstract

Objective: to assess the incidence, number and position of accessory infraorbital foramina (AIOF) according to cone beam computed tomography (CBCT).

Material and methods. CBCT data from 156 patients who received dental care at a private medical center in Minsk (The Republic of Belarus) in 2018–2023 were analyzed.

Results. In 29 (18.6%) patients, 38 AIOF were found. Unilateral doubling of the infraorbital foramen was more common than bilateral (21 patients compared to 8). In 1 case, the presence of two AIOF simultaneously on one side was noted. They were located medial and superior relative to the main infraorbital foramen at a distance 3.73–14.5 mm from it. In 2 of 13 patients with simultaneously visualized upper and lower jaws, an accessory mental foramen was found on the AIOF side. AIOF were more often identified on the left side ($p < 0.05$); no gender differences in their occurrence were detected.

Conclusion. The obtained results demonstrate a high frequency of infraorbital foramen doubling. To increase the effectiveness of surgical manipulations in the middle third of the face and prevent iatrogenic neurological complications, it is recommended to conduct a preoperative CBCT to clarify the localization of the main and accessory infraorbital foramina.

Keywords: accessory infraorbital foramen; AIOF; maxilla; cone beam computed tomography; CBCT.

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

For citation: Kabak SL, Melnichenko YuM, Ioufereva MP, Pilchuk AV. Evaluation of accessory infraorbital foramen with cone beam computed tomography. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 143–148 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-143-148>

For corresponding: Yuliya M. Melnichenko, E-mail: mjm1980@yandex.ru

Received June 4, 2024

Revised July 11, 2024

Accepted July 26, 2024

Введение / Introduction

В средней зоне лица на передней поверхности тела верхней челюсти примерно на 5–10 мм ниже подглазничного края расположено подглазничное отверстие [1]. Через него проходит сосудисто-нервный пучок в составе подглазничных артерии, вены и нерва. Подглазничный нерв является одной из конечных ветвей верхнечелюстного нерва (V2), от которого за пределами подглазничного отверстия берут начало нижние ветви век, наружные и внутренние носовые ветви, а также верхние губные ветви [2, 3].

Проявлением индивидуальной анатомической изменчивости является наличие добавочных (дополнительных) подглазничных отверстий [4]. В 1876 г. Gruber описал наличие одновременно пяти таких отверстий на одной половине лица [5]. В большинстве современных научных публикаций их количество варьируется от одного до трех, причем чаще всего обнаруживается только одно отверстие [6].

Частота встречаемости добавочного подглазничного отверстия в коллекциях черепов взрослых людей или влажных анатомических препаратах лежит в диапазоне 0,8–27,3% [7]. При этом в 92,2% случаев отверстие определялось сверху и с медиальной стороны от основного подглазничного отверстия. По данным конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) добавочное подглазничное отверстие выявляется с частотой 7,1–29% [8–10].

Цель – проанализировать частоту встречаемости, количество и положение добавочных подглазничных отверстий по данным КЛКТ.

Материал и методы / Material and methods

Проанализировано 156 КЛКТ-исследований пациентов в возрасте от 18 до 76 лет (61 мужчина и 95 женщин), обратившихся за стоматологической помощью в поликлиники г. Минска (Республика Беларусь) за период 2018–2023 гг. Установлены варианты топографии добавочного подглазничного

отверстия. Рентгенологическое исследование было выполнено на аппарате ProMax 3D Max (Planmeca Oy, Финляндия) в программе Planmeca Romexis.

Результаты исследования представлены в виде абсолютных величин и процентного распределения. При сравнении качественных признаков использовали критерий соответствия Пирсона (χ^2) и критерий Фишера. Статистически значимым считали результат, если вероятность ошибки в отрицании нулевой гипотезы об отсутствии различий не превышала 5% ($p < 0,05$).

Результаты / Results

У 29 (18,6%) обследованных было обнаружено в общей сложности 38 добавочных подглазничных отверстий. У 8 человек удвоение выявлялось с двух сторон, а у 21 пациента – с одной стороны. В 1 случае отмечено наличие одновременно двух добавочных подглазничных отверстий с одной стороны (рис. 1). Они располагались сверху и с медиальной стороны относительно основного подглазничного отверстия на расстоянии от 3,73 до 14,5 мм от него.

У 2 из 13 пациентов, у которых в поле зрения визуализировались одновременно верхняя и нижняя челюсти, на стороне добавочного подглазничного отверстия обнаруживалось добавочное подбородочное отверстие (рис. 2).

Распределение добавочных подглазничных отверстий по полу и по стороне расположения пред-

ставлено в таблицах 1 и 2 соответственно. Отверстия чаще выявлялись с левой стороны ($p < 0,05$), гендерных различий в их встречаемости не отмечено.

Обсуждение / Discussion

При травмах и во время хирургических операций на лице существует потенциальный риск поражения нервов, проходящих через добавочное подглазничное отверстие [5, 11]. Поэтому точное знание топографии основного и добавочного подглазничных отверстий у конкретного пациента имеет большое значение во время таких операций, как ринопластика, хирургия опухолей, лазерный кератомилез *in situ*, резекция верхней челюсти, реконструкция

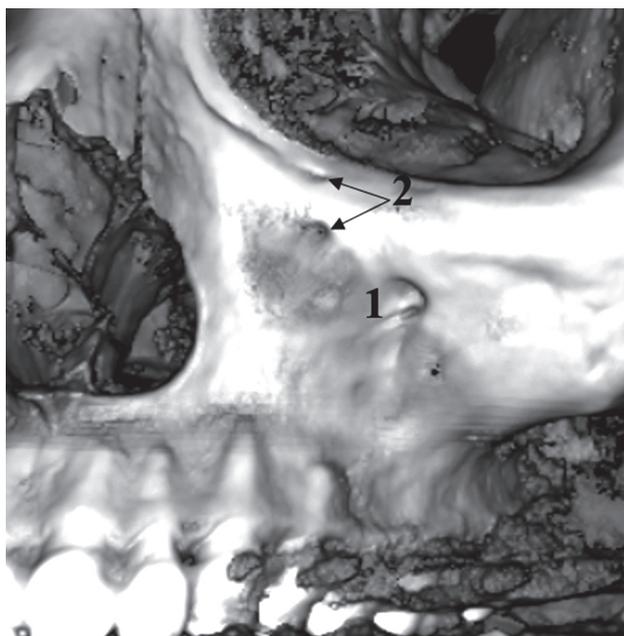


Рис. 1. Пациент М., 29 лет. Основное (1) и добавочные (2) подглазничные отверстия. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), объемный рендеринг

Fig. 1. Patient M., 29 years old, male. Main (1) and accessory (2) infraorbital foramina. Cone beam computed tomography (CBCT), volume rendering

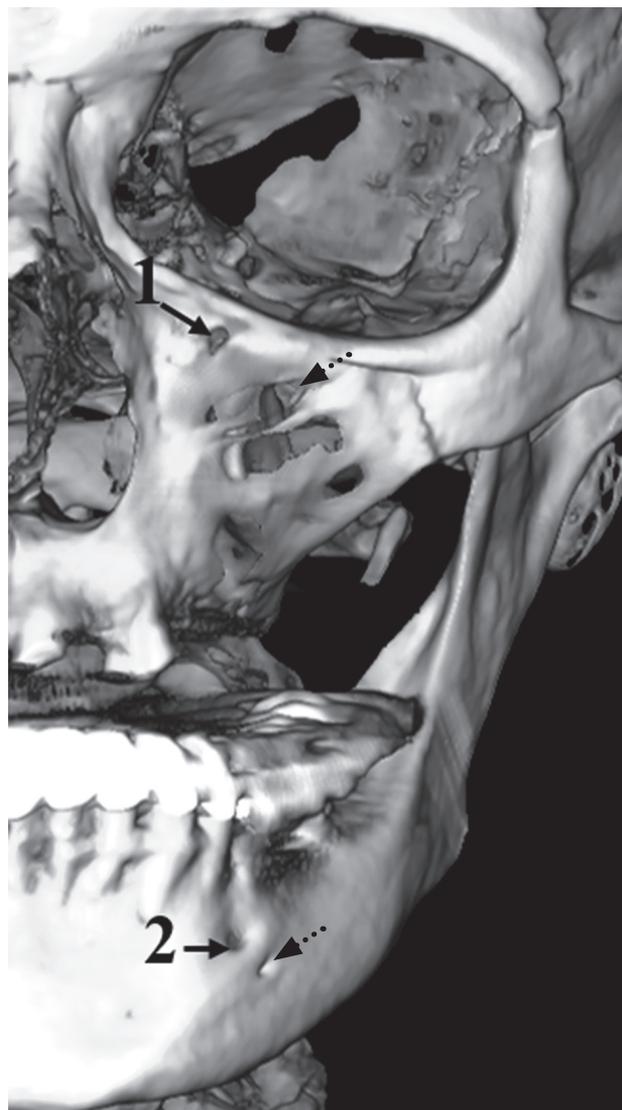


Рис. 2. Пациентка С., 62 года. Добавочное подглазничное (1) и добавочное подбородочное (2) отверстия. Основные отверстия обозначены пунктирными стрелками. КЛКТ, объемный рендеринг

Fig. 2. Patient S., 62 years old, female. Accessory infraorbital (1) and accessory mental (2) foramina. The main foramina are indicated by dotted arrows. CBCT, volume rendering

Частота встречаемости добавочного подглазничного отверстия в зависимости от пола, n

Table 1

The frequency rate of accessory suborbital foramina depending on gender, n

Добавочное подглазничное отверстие / Accessory infraorbital foramen	Пол пациентов / Patient gender		Общее число пациентов / Total number of patients	p
	Мужской / Male	Женский / Female		
Имеется / Yes	12	17	29	>0,05
Отсутствует / No	49	78	127	
Всего / Total	61	95	156	

Таблица 2

Частота встречаемости добавочного подглазничного отверстия в зависимости от стороны расположения, n

Table 2

The frequency rate of accessory suborbital foramina depending on location side, n

Добавочное подглазничное отверстие / Accessory infraorbital foramen	Расположение / Location		Общее число отверстий / Total number of foramina	p
	Слева / Left	Справа / Right		
Имеется / Yes	25	12	37	>0,05
Отсутствует / No	131	144	275	
Всего / Total	156	156	312	

переломов нижней стенки глазницы и скуловой кости, а также остеотомии верхней челюсти I степени по Le Fort [10]. Наличие добавочного подглазничного отверстия может быть причиной снижения эффективности хирургического лечения невралгии тройничного нерва и предопределяет необходимость достижения полного обезболивания дополнительно к инфраорбитальной блокаде при выполнении фильтрационной анестезии [12].

Выявленные нами частота встречаемости, количество и локализация добавочных подглазничных отверстий, включая гендерные различия, сопоставимы с результатами исследований, выполненных в последние 5 лет с использованием рентгенологических методов, но несколько отличаются от данных, полученных при анализе анатомических препаратов (табл. 3). Во-первых, расхождения могут быть объяснены разными объемами выборок. Во-вторых, размер отверстия часто бывает меньше 1 мм в диаметре, в связи с чем его прижизненное обнаружение порой затруднительно и зависит от разрешающей способности метода визуализации. Например, КЛКТ обладает большей разрешающей способностью по сравнению с мультисрезовой компьютерной томографией [10]. Кроме того, из литературного обзора К. Hwang et al. [7] следует, что имеются статистически достоверные различия

в частоте встречаемости добавочного подглазничного отверстия на костных препаратах у населения разных континентов. У жителей Африки этот показатель равен 13,4%, у европейцев – 17,8%, у американцев – 25,9%, а среди населения Крайнего Севера – 30,2%. В метаанализе J. Muinelo-Lorenzo et al. [13] этническая вариабельность частоты встречаемости добавочного подглазничного отверстия подтверждена: оно выявляется чаще у коренных народов Америки и афроамериканцев по сравнению американцами белой расы, европейцами и жителями Индии.

У 2 человек нами обнаружено наличие на одной стороне одновременно добавочных подглазничного и подбородочного отверстий. В литературе имеется только одна публикация с описанием такого сочетания отверстий на верхней и нижней челюстях: А. Çelebi и В. Gülsün [8] выявили одновременно два добавочных отверстия в 0,68% случаев (у 7 пациентов из 1020).

Через добавочное подглазничное отверстие проходит одна или несколько ветвей подглазничного нерва, иннервирующих среднюю треть лица. По данным К. S. Hu et al. [19], это одна из наружных носовых или нижних ветвей век. Суммарно в состав подглазничного нерва в одноименном отверстии входят в среднем 15 пучков нервных волокон, а при

Сравнительная характеристика частоты встречаемости добавочных подглазничных отверстий по данным разных исследований

Table 3

Comparative characteristics of frequency rate of accessory suborbital foramina according to different studies

Авторы (год) / Authors (year)	Страна / Country	Анатомические препараты / Anatomical preparations	КЛКТ/КТ, n // CBCT/CT, n	Частота встречаемости отверстий, % / Frequency rate of foramina, %	Множественные/одиночные отверстия, n // Multiple/single foramen, n
I.K. Ali et al. (2018) [10]	Индия / India	-	200	29	6/52
C.L. Polo et al. (2019) [14]	США / USA	42 черепа / 42 skulls	30	47,6; 65,6 (КЛКТ / CBCT)	3/24; 1/19 (КЛКТ / CBCT)
J. Sokhn et al. (2019) [15]	Ливан / Lebanon	-	105	8,6	
J. Iwanaga et al. (2020) [16]	Япония, Польша / Japan, Poland	30 (замороженные половины головы) / 30 (frozen head halves)	-	36,7	1/10
M.C. Rusu et al. (2020) [17]	Румыния / Romania	-	200	15,5	1/30
J. Suntirumajirucks, V. Chentanez (2022) [18]	Таиланд / Thailand	216 черепов / 216 skulls	-	19,91	4/82
J.H. Hong et al. (2022) [11]	Южная Корея / South Korea	-	191 (КТ/CT)	7,3 (справа / right), 8,9 (слева / left)	Нет данных / No data
D. An et al. (2023) [9]	Таиланд / Thailand	-	507	7,1	2/34
A. Çelebi, B. Gülsün (2023) [8]	Турция / Turkey	-	1020	14	12/131
Собственные данные (2024) / Own data (2024)	Республика Беларусь / Republic of Belarus	-	156	18,6	1/37

наличии добавочного подглазничного отверстия их количество снижается до 12 [14].

V.B. Shadlinskii et al. [20] описали деление подглазничного нерва на латеральную и медиальную ветви на расстоянии 8 мм до выхода из одноименного отверстия. В свою очередь, от медиальной ветви начинался верхнемедиальный пучок нервных волокон, который выходил из канала через добавочное подглазничное отверстие. На другом препарате через это отверстие выходили одновременно верхнемедиальный и часть нижнемедиального пучка медиальной ветви. Еще в одном случае авторы наблюдали деление подглазничного нерва на три ветви в подглазничной борозде. Медиальная ветвь вместе с артерией выходила из кости через подглазничное отверстие как самостоятельный ствол. Срединная и латеральные ветви лежали в двух добавочных отверстиях.

J.M. Nderitu et al. [12] описали особенности топографии конечных ветвей нерва за пределами одноименного отверстия у взрослых людей. В ряде случаев внутренняя и наружная носовые ветви начинаются общим стволом и имеют связи между собой на всем протяжении. В 34,53% случаев наружная носовая ветвь отсутствовала, а еще на 9,52% препаратов выявлялись добавочные верхние губные ветви. По всей видимости, индивидуальные варианты уровня ветвления (высокий уровень отхождения конечных ветвей подглазничного нерва) в эмбриогенезе предопределяет образование добавочных костных каналов.

По данным J.A. Smit et al. [21], формирование ветвей черепных нервов начинается на 26–32-й день гестации, а органов-мишеней они достигают уже на 41–46-й день эмбриогенеза, задолго до начала окостенения черепа.

Заключение / Conclusion

Полученные результаты демонстрируют высокую частоту встречаемости удвоения подглазничного отверстия. Для повышения эффективности хирургических манипуляций в средней трети лица

и предотвращения ятрогенных неврологических осложнений рекомендуется проведение КЛКТ-исследования на этапе планирования операции с целью уточнения локализации основного и добавочного подглазничных отверстий.

Литература [References]

1. von Arx T, Lozanoff S. Clinical oral anatomy: a comprehensive review for dental practitioners and researchers. Springer; 2016: 587 pp.
2. Iwanaga J, Watanabe K, Henry B, et al. Anatomical study of the internal nasal branch of the infraorbital nerve: application to minimizing nerve damage with surgery in and around the nose. *Clin Anat*. 2017; 30(6): 817–20. <https://doi.org/10.1002/ca.22927>.
3. Ohshima S, Takami H, Katsumi Y, et al. Distribution patterns of infraorbital nerve branches and risk for injury. *Ann Anat*. 2023; 250: 152118. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2023.152118>.
4. Бекаева У.Б., Мустафаев А.Р., Кутя С.А., Кривенцов М.А. Подглазничное отверстие: систематический обзор и мета-анализ. *Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины*. 2023; 13(2): 57–70. [Beкаева UB, Mustafaev AR, Kutya SA, Kriventsov MA. Infraorbital hole: a systematic review and meta-analysis. *Crimean Journal of Experimental and Clinical Medicine*. 2023; 13(2): 57–70 (in Russ).]
5. Kuchynskiy AV, Fesenko II. Surgery in the area of accessory infraorbital foramen and nerve: cone-beam computed tomography versus intraoperative appearance. *J Diagn Treat Oral Maxillofac Pathol*. 2022; 6(5): 71–6.
6. Moodley S, Ishwarkumar S, Pillay P. Localisation of the supraorbital, infraorbital and mental foramina: a review. *Translat Res Anatom*. 2023; 32: 100257. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2023.100257>.
7. Hwang K, Lee SJ, Kim SY, Hwang SW. Frequency of existence, numbers, and location of the accessory infraorbital foramen. *J Craniofac Surg*. 2015; 26(1): 274–6. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000001375>.
8. Çelebi A, Gülsün B. Evaluation of accessory mental foramen and accessory infraorbital foramen with cone-beam computed tomography in Turkish population. *Aust Endod J*. 2023; 49(1): 13–9. <https://doi.org/10.1111/aej.12693>.
9. An D, Kumar KC, Vorakulpipat C, et al. Accessory infraorbital foramen location using cone-beam computed tomography. *J Dent Anesth Pain Med*. 2023; 23(5): 257–64. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2023.23.5.257>.
10. Ali IK, Sansare K, Karjodkar FR, Salve P. Cone beam computed tomography assessment of accessory infraorbital foramen and determination of infraorbital foramen position. *J Craniofac Surg*. 2018; 29(2): e124–6. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000004120>.
11. Hong JH, Kim HJ, Hong JH, Park KB. Study of infraorbital foramen using 3-dimensional facial bone computed tomography scans. *Pain Physician*. 2022; 25(1): E127–32.
12. Nderitu JM, Butt F, Saidi H. Variant anatomy of the nasal and labial branches of the infraorbital nerve. *Craniofac Trauma Reconstr*. 2016; 9(4): 294–6. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584404>.
13. Muinelo-Lorenzo J, Rodríguez-Pato R, Martínez-Reglero C, et al. Detection of the accessory mental foramina on human mandibles using cone-beam computed tomography: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2021; 47(8): 1215–28. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.04.023>.
14. Polo CL, Abdelkarim AZ, von Arx T, Lozanoff S. The morphology of the infraorbital nerve and foramen in the presence of an accessory infraorbital foramen. *J Craniofac Surg*. 2019; 30(1): 244–53. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000004889>.
15. Sokhn S, Challita R, Challita A, Challita R. The infraorbital foramen in a sample of the Lebanese population: a radiographic study. *Cureus*. 2019; 11(12): e6381. <https://doi.org/10.7759/cureus.6381>.
16. Iwanaga J, Kikuta S, Kusukawa J, et al. Anatomic study of accessory infraorbital nerves and foramina: application for a better understanding of complications of Le Fort fractures and osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg*. 2020; 78(5): 717–23. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2020.01.004>.
17. Rusu MC, Săndulescu M, Cârstocea L. False and true accessory infraorbital foramina, and the infraorbital lamina cribriformis. *Morphologie*. 2020; 104(344): 51–8. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2019.12.003>.
18. Suntirumjairucksak J, Chentanez V. Localization of infraorbital foramen and accessory infraorbital foramen with reference to facial bony landmarks: predictive method and its accuracy. *Anat Cell Biol*. 2022; 55(1): 55–62. <https://doi.org/10.5115/acb.21.208>.
19. Hu KS, Kwak J, Koh KS, et al. Topographic distribution area of the infraorbital nerve. *Surg Radiol Anat*. 2007; 29: 383–8. <https://doi.org/10.1007/s00276-007-0227-z>.
20. Shadlinskii VB, Guseinov BM, Mustafaeva NA. Branching variants of the infraorbital nerve. *Neurosci Behav Physiol*. 2017; 47(6): 651–4. <https://doi.org/10.1007/s11055-017-0450-y>.
21. Smit JA, Jacobs K, Bais B, et al. A three-dimensional analysis of the development of cranial nerves in human embryos. *Clin Anat*. 2022; 35(5): 666–72. <https://doi.org/10.1002/ca.23889>.



Возможности рентгенографии грудной клетки в первичной диагностике рака легкого

Березников А.В.^{1,2}, Шкитин С.О.^{1,2}, Тюрин И.Е.^{3,4}

¹ ООО «АльфаСтрахование – ОМС»,

ул. Шаболовка, 31, стр. 11, Москва, 115162, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»,

Волоколамское ш., 11, Москва, 125080, Российская Федерация

³ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,

ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Российская Федерация

⁴ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России,

Каширское ш., 23, Москва, 115522, Российская Федерация

Березников Алексей Васильевич, д. м. н., доцент, медицинский директор ООО «АльфаСтрахование – ОМС», заведующий кафедрой диетологии Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»; <https://orcid.org/0000-0003-1432-9467>

Шкитин Сергей Олегович, к. м. н., заместитель медицинского директора ООО «АльфаСтрахование – ОМС», доцент кафедры диетологии Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет»; <http://orcid.org/0000-0001-8291-521X>

Тюрин Игорь Евгеньевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, заместитель директора по научной и образовательной работе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России, главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0003-3931-1431>

Резюме

Цель: провести оценку эффективности диагностики немелкоклеточного рака легкого (РЛ) по данным рентгенографии/флюорографии органов грудной клетки (ОГК) для скрининговой диагностики РЛ при профилактическом медицинском осмотре и диспансеризации.

Материал и методы. Работа организована как ретроспективное когортное исследование. Начальная точка исследования представляла собой проведение рентгенографии органов грудной клетки, конечная точка – установление диагноза РЛ по результатам низкодозной компьютерной томографии (НДКТ) и морфологического исследования опухоли. Выборка пациентов проводилась с использованием критериев включения и исключения, первоначально она составила 800 человек, затем сократилась до 788. Пациенты разделены на группы по стадиям установления диагноза РЛ, а также в зависимости от того, позволила ли рентгенография при проведении профилактических мероприятий заподозрить РЛ, верифицированный в течение 3 мес по результатам НДКТ по любым причинам, не связанным с подозрением на опухолевый процесс. Проведен расчет диагностического коэффициента и информативности рентгенографии для каждой из стадий установленного диагноза РЛ.

Результаты. Исследование продемонстрировало, что рентгенография ОГК не позволяет установить диагноз РЛ на I стадии ($J=0,00$; $p<0,05$), имеет низкую информативность для II стадии ($J=0,25$; $p<0,05$) и среднюю для III стадии ($J=0,80$; $p<0,05$). С помощью рентгенографии ОГК не удалось достоверно определить признаки РЛ на ранних стадиях в 84,3% случаев.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной информативности рентгенографии как метода скринингового исследования – в первую очередь для ранней диагностики РЛ. Внедрение в утвержденный Минздравом России Порядок проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации взрослого населения НДКТ ОГК вместо рентгенографии позволит увеличить выявляемость РЛ на ранних стадиях в 5,37 раза (95% доверительный интервал 3,77–7,64).

Ключевые слова: рак легкого; флюорография; компьютерная томография; низкодозная компьютерная томография; НДКТ; рентгенография органов грудной клетки; диспансеризация; раннее выявление рака легкого.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Березников А.В., Шкитин С.О., Тюрин И.Е. Возможности рентгенографии грудной клетки в первичной диагностике рака легкого. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 149–155. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-149-155>

Для корреспонденции: Шкитин Сергей Олегович, E-mail: ishkitin@gmail.com

Статья поступила 24.07.2024

После доработки 09.09.2024

Принята к печати 10.09.2024

Potential of Chest Radiography in Primary Diagnosis of Lung Cancer

Aleksey V. Bereznikov^{1,2}, Sergey O. Shkitin^{1,2}, Igor E. Tyurin^{3,4}

¹ "AlfaStrakhovanie – OMS" LLC,
ul. Shabolovka, 31, str. 11, Moscow, 115162, Russian Federation

² Russian Biotechnological University,
Volokolamskoe shosse, 11, Moscow, 125080, Russian Federation

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,
ul. Barrikadnaya, 2/1, str. 1, Moscow, 125993, Russian Federation

⁴ Blokhin National Medical Research Center of Oncology,
Kashirskoe shosse, 23, Moscow, 115522, Moscow, Russian Federation

Aleksey V. Bereznikov, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Medical Director, "AlfaStrakhovanie – OMS" LLC; Chief of Chair of Dietetics, Medical Institute of Continuing Education, Russian Biotechnological University;
<https://orcid.org/0000-0003-1432-9467>

Sergey O. Shkitin, Cand. Med. Sc., Deputy Medical Director, "AlfaStrakhovanie – OMS" LLC; Associate Professor, Chair of Dietetics, Medical Institute of Continuing Education, Russian Biotechnological University;
<http://orcid.org/0000-0001-8291-521X>

Igor E. Tyurin, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Roentgenology and Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education; Deputy Director for Scientific and Educational Work, Blokhin National Medical Research Center of Oncology; Chief Specialist in Radiation and Instrumental Diagnostics of the Ministry of Health of the Russian Federation;
<http://orcid.org/0000-0003-3931-1431>

Abstract

Objective: to evaluate the effectiveness of diagnostics for non-small cell lung cancer (LC) based on chest radiography/fluorography data for LC screening diagnostics during preventive medical examination and check-ups.

Material and methods. The work was organized as a retrospective cohort study. The starting point of the study was chest radiography, the final point was the diagnosis of LC based on the results of low-dose computed tomography (LDCT) and tumor morphological examination. The patient sample was composed using inclusion and exclusion criteria and initially included 800 patients, then narrowed down to 788. Patients were divided into groups according to LC stage and depending on whether radiography during preventive measures made it possible to suspect LC verified within 3 months via LDCT for any reasons not related to the suspicion of a tumor process. The diagnostic coefficient and informative value of radiography were calculated for each stage of the established LC diagnosis.

Results. The study showed that chest radiography does not allow establishing stage I LC diagnosis ($J=0.00$; $p<0.05$), it is low informative for stage II LC ($J=0.25$; $p<0.05$), and medium informative for stage III LC ($J=0.80$; $p<0.05$). Chest radiography does not reliably detect LC signs at early stages in 84.3% of cases.

Conclusion. The obtained results indicate an insufficient sensitivity of radiography as a screening method, primarily for early LC diagnosis. The introduction of chest LDCT instead of radiography into the procedure for preventive medical examination and check-ups of the adult population approved by the Ministry of Health of the Russian Federation will increase LC detection at early stages by 5.37 times (95% confidence interval 3,77–7,64).

Keywords: lung cancer; fluorography; computed tomography; low-dose computed tomography; LDCT; chest radiography, medical check-up, early detection of lung cancer.

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

For citation: Bereznikov AV, Shkitin SO, Tyurin IE. Potential of chest radiography in primary diagnosis of lung cancer. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 149–155 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-149-155>

For corresponding: Sergey O. Shkitin, E-mail: ishkitin@gmail.com

Received July 24, 2024

Revised September 9, 2024

Accepted September 10, 2024

Введение / Introduction

Актуальными для сохранения и преумножения человеческого капитала, охраны здоровья граждан, достижения целевых показателей национального проекта «Здравоохранение»¹ остаются вопросы ранней диагностики злокачественных новообразований (ЗНО) у населения Российской Федерации.

Рак легкого (РЛ) относится к группе ЗНО с неблагоприятным течением и относительно плохим прогнозом, одна из важных причин которого заключается в том, что в большинстве случаев клиническая картина заболевания долгое время не имеет каких-либо отличительных признаков. Это не позволяет заподозрить онкологический процесс на ранней стадии и определяет необходимость применения инструментальных методов диагностики, прежде всего рентгенологических. Основными инструментами ранней диагностики РЛ служат рентгенография и компьютерная томография органов грудной клетки (ОГК).

Система профилактических медицинских осмотров и диспансеризации взрослого населения страны предусматривает проведение регулярных рентгенографических или флюорографических исследований ОГК² [1]. Однако хорошо известно, что такой вид скрининга не всегда позволяет выявлять РЛ на ранних стадиях. Анализ причин позднего выявления РЛ при скрининговой рентгенографии/флюорографии, оценка клинического значения пропуска патологии или неправильной интерпретации изменений при анализе рентгенологических изображений имеют большое значение для выбора правильной тактики проведения скринингового теста в рамках диспансеризации взрослого населения.

В структуре смертности населения от онкологических заболеваний рак трахеи, бронхов и легкого занимает первое место (в России от него умирает около 46,8 тыс. человек в год). Пятилетняя выживаемость пациентов с РЛ не превышает 15–20% [2]. Несмотря на появление новых групп лекарственных препаратов, инновационных технологий хирургического и лучевого лечения, эти ключевые показатели относительно стабильны на протяжении многих лет. Одногодичная летальность с момента установления диагноза РЛ в 2,3 раза превышает данный показатель у онкологических пациентов в целом (44,8% против 19,1% в 2022 г.), что может быть связано с поздней диагностикой ЗНО вследствие недостаточной эффективности скрининговых методов исследования в популяции.

В случае действительно ранней диагностики РЛ становится возможным более раннее начало противоопухолевого лечения и прогноз для жизни наиболее благоприятен. Низкая эффективность первичного диагностического поиска РЛ позволяет нам выдвинуть гипотезу о необходимости совершенствования методов скрининга РЛ [3].

В настоящее время распространенным и общедоступным методом для выявления РЛ у взрослых является рентгенография/флюорография ОГК. В рамках профилактического медицинского осмотра и диспансеризации взрослого населения это исследование проводится 1 раз в 2 года. Однако такие методики имеют сравнительно низкую тканевую разрешающую способность, что может привести к пропуску очагов РЛ, в первую очередь очагов небольшого размера, что характерно для ранних (I–II) стадий [4, 5].

Проведенные в последние десятилетия многочисленные исследования в области ранней диагностики немелкоклеточного рака легкого (НМРЛ) показали, что наиболее эффективным методом диагностики этого заболевания является низкодозная компьютерная томография (НДКТ) ОГК. Согласно результатам ряда крупных международных клинических исследований применение НДКТ ОГК показало достоверное преимущество перед рентгенографией в выявлении очагов НМРЛ, определении их количества и размеров [6–8].

Цель – провести оценку эффективности диагностики НМРЛ по данным рентгенографии/флюорографии ОГК для скрининговой диагностики РЛ при профилактическом медицинском осмотре и диспансеризации.

Материал и методы / Material and methods

Работа организована как ретроспективное когортное исследование, в котором использованы материалы страховой медицинской организации «АльфаСтрахование – ОМС», осуществляющей деятельность по обязательному медицинскому страхованию. Объектом исследования являлась первичная медицинская документация по случаям оказания медицинской помощи с проведением рентгенографии ОГК, в т.ч. снимки. Предмет исследования – результативность (чувствительность) диагностики РЛ с применением рентгенографии ОГК на различных стадиях заболевания. Единицей исследования являлся 1 случай проведения лучевого метода исследования – рентгенографии ОГК. Период исследования – с января 2022 г. по март 2023 г.

¹ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72085920/>.

² Приказ Минздрава России от 27 апреля 2021 г. № 404н (ред. от 19 июля 2024 г.) «Об утверждении Порядка проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации определенных групп взрослого населения».

Группы пациентов сформированы с использованием критериев включения и исключения. К критериям включения отнесли:

- возраст пациентов не менее 18 лет;
- проведение рентгенографии или флюорографии ОГК в период с января 2022 г. по декабрь 2022 г. в рамках профилактического медицинского осмотра, диспансеризации или оказания медицинской помощи по поводу неонкологического заболевания (т.е. во всех случаях не было изначального подозрения на онкологическое заболевание) вне зависимости от результатов;
- наличие признаков РЛ по результатам НДКТ ОГК в течение 3 мес со дня проведения рентгенографии ОГК, но до момента проведения биопсии;
- морфологическое подтверждение диагноза РЛ (биопсия) в течение 3 мес после проведения рентгенографии ОГК;
- установление диагноза РЛ врачом-онкологом (с указанием стадии);
- факт непрерывного страхования в компании «АльфаСтрахование – ОМС» в период с января 2022 г. по март 2023 г.

Критерий исключения: установленный диагноз РЛ или подозрение на любое онкологическое заболевание до момента проведения рентгенографии ОГК.

Начальная точка исследования представляла собой проведение рентгенографии ОГК, промежуточная точка – выполнение НДКТ ОГК, морфологическое подтверждение диагноза РЛ, конечная точка – установление диагноза РЛ врачом-онкологом по результатам НДКТ ОГК и морфологического исследования опухоли.

Для выделения пациентов, которым медицинская помощь оказывалась без нарушений качества при установлении диагноза РЛ, в т.ч. при проведении рентгенографии ОГК, использовали экспертный метод (экспертиза качества медицинской помощи по истории обращений каждого пациента за период исследования с привлечением эксперта-онколога и двух экспертов-рентгенологов, соответствующих установленным законом требованиям об образовании и об опыте работы (10 лет и более) по врачебной специальности).

Для оценки степени результативности (чувствительности) рентгенографии ОГК рассчитывали показатель диагностического коэффициента по методу А. Вальда и информативности по методу С. Кульбака для каждой стадии установленного диагноза РЛ. По изучаемым параметрам в группах пациентов не было нормального распределения, поэтому использовали методы непараметрической статистики (χ^2). Для определения относительной результативности рентгенографии ОГК в сравнении с НДКТ рассчитывали отношение шансов (ОШ) с 95% доверительным интервалом (ДИ).

Результаты / Results

Исследование проведено в три этапа. На первом этапе из генеральной совокупности 4547 пациентов осуществлена рандомизированная выборка 800 человек: по 150 пациентов, которым диагноз РЛ впервые установлен на I и II стадиях, и по 250 пациентов, которым диагноз РЛ впервые установлен на III и IV стадиях. По результатам такой выборки осуществлены экспертизы качества медицинской помощи по истории обращений больных за медицинской помощью от начальной до конечной точки исследования.

Перед экспертами поставлены вопросы о правильности установления диагноза, стадии РЛ, а также о наличии каких-либо нарушений при его диагностике. Обоснование диагноза РЛ, определение его стадии выполняли в соответствии с клиническими рекомендациями «Злокачественное новообразование бронхов и легкого» [9], действовавшими в период оказания медицинской помощи. В случае выявления каким-либо экспертом таких нарушений, как необоснованное установление диагноза РЛ, неверное определение его стадии, пациенты не включались во второй этап.

Таким образом, из дальнейшего исследования исключено 12 человек. У 788 пациентов эксперты признали диагноз РЛ обоснованным и подтвердили правильность определения стадии при первичном установлении диагноза. Для оценки стадии РЛ эксперты использовали международную классификацию стадий злокачественных новообразований TNM (tumor, nodus, metastasis) [9].

На втором этапе проведено ранжирование пациентов в зависимости от обстоятельств, при которых впервые заподозрен диагноз РЛ:

– группа 1 (n=402) – пациенты с установленным в 3-месячный срок диагнозом РЛ, заподозренным рентгенологом по итогам рентгенографии ОГК (т.е. результаты рентгенографии ОГК стали поводом для проведения консультации онколога, НДКТ и морфологического исследования);

– группа 2 (n=386) – пациенты с установленным в 3-месячный срок диагнозом РЛ, не заподозренным рентгенологом по итогам рентгенографии ОГК (т.е. результаты рентгенографии ОГК не стали поводом для проведения консультации онколога, НДКТ и морфологического исследования); в таком случае подозрение на РЛ устанавливалось как случайная находка по итогам проведения НДКТ ОГК по различным причинам, связанным с госпитализацией по поводу новой коронавирусной инфекции, пневмонии, иных неонкологических заболеваний легких и средостения и другой соматической патологии.

Таким образом, определены две группы сравнения в зависимости от того, позволили ли результаты рентгенографии ОГК заподозрить РЛ

(т.е. в зависимости от чувствительности этого метода диагностики).

На третьем этапе проведена оценка информативности рентгенографии ОГК как метода первичной диагностики РЛ в зависимости от стадии.

Для этого выделены четыре подгруппы пациентов (от I до IV стадии заболевания). Как видно из таблицы 1, рентгенография ОГК не позволяла выявить:

- РЛ на стадии I в 100,0% случаев;
- РЛ на стадии II в 68,9% случаев;

Таблица 1

Частота установления диагноза рака легкого (по итогам третьего этапа исследования)

Table 1

The frequency of lung cancer diagnosis (based on the results of the third stage of the study)

Результаты НДКТ ОГК / Chest LDCT results	РЛ по итогам РГ ОГК заподозрен / LC was suspected after chest RG		РЛ по итогам РГ ОГК не заподозрен / LC was not suspected after chest RG		Всего (вне зависимости от результатов РГ ОГК) / Total (regardless of chest RG results)	
	Число пациентов, n / Number of patients, n	Частота установления диагноза, % / Frequency of diagnosis, %	Число пациентов, n / Number of patients, n	Частота установления диагноза, % / Frequency of diagnosis, %	Число пациентов, n / Number of patients, n	Частота установления диагноза, % / Frequency of diagnosis, %
Диагноз РЛ установлен на I стадии / LC diagnosis was established at stage I	0	0,0	145	100,0	145	100,0
Диагноз РЛ установлен на II стадии / LC diagnosis was established at stage II	46	31,1	102	68,9	148	100,0
Диагноз РЛ установлен на III стадии / LC diagnosis was established at stage III	126	51,2	120	48,8	246	100,0
Диагноз РЛ установлен на IV стадии / LC diagnosis was established at stage IV	230	92,4	19	7,6	249	100,0
Диагноз РЛ установлен на I–II стадиях / LC diagnosis was established at stages I–II	46	15,7	247	84,3	293	100,0
Диагноз РЛ установлен на I–III стадиях / LC diagnosis was established at stages I–III	172	31,9	367	68,1	539	100,0
Диагноз РЛ установлен на I–IV стадиях / LC diagnosis was established at stages I–IV	402	51,0	386	49,0	788	100,0
Диагноз РЛ установлен на II–III стадиях / LC diagnosis was established at stages II–III	172	43,7	222	56,3	394	100,0
Диагноз РЛ установлен на II–IV стадиях / LC diagnosis was established at stages II–IV	402	62,5	241	37,5	643	100,0
Диагноз РЛ установлен на III–IV стадиях / LC diagnosis was established at stages III–IV	356	71,9	139	28,1	495	100,0

Примечание. НДКТ – низкодозная компьютерная томография; ОГК – органы грудной клетки; РЛ – рак легкого; РГ – рентгенография.

Note. LDCT – low-dose computed tomography; RL – lung cancer; RG – radiography.

- РЛ на стадии III в 48,8% случаев;
- РЛ на стадии IV в 7,6% случаев.

Затем для каждой стадии РЛ были рассчитаны числовые значения диагностического коэффициента, информативности рентгенографии ОГК, а также статистической значимости полученных значений информативности. Из таблицы 2 следует, что рентгенография ОГК имеет:

- недостаточную информативность для I-й стадии РЛ ($J=0,00$; $p<0,05$) и для II-й стадии ($J=0,25$; $p<0,05$);
- среднюю информативность для III-й стадии РЛ ($J=0,80$; $p<0,05$);
- относительно высокую информативность для IV-й стадии РЛ ($J=5,16$; $p<0,05$).

Обсуждение / Discussion

Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной чувствительности рентгенографии как метода скринингового исследования – в первую очередь, для пациентов с РЛ I–II стадий. Рентгенография ОГК не позволила выявить РЛ на ранних (I–II) стадиях у 84,3% больных ($J=0,06$; $p<0,05$) ввиду опухолевых очагов небольшого размера. Таким обра-

зом, шансы заподозрить РЛ по результатам рентгенографии ОГК на I–II стадиях в 5,37 раз меньше, чем по результатам НДКТ (ОШ 5,37; ДИ 3,77–7,64).

Рентгенография ОГК в рамках диспансеризации и профилактического медицинского осмотра даже при надлежащем проведении является эффективным методом диагностики РЛ в основном при значительных размерах опухолевого очага, когда прогноз для жизни неблагоприятный (на IV стадии заболевания). Для целей профилактических мероприятий у пациентов без жалоб, что характерно для РЛ, рентгенография не позволит достичь увеличения частоты ранней диагностики ЗНО.

Скрининг, позволяющий пропускать небольшие новообразования, не улучшит ситуацию с ранней диагностикой ЗНО, а приведет к диагностическому поиску в обратном направлении – с уверенностью, что новообразования нет. Становится очевидным, что необходим способ скрининга, который дает возможность диагностировать ЗНО на ранних стадиях – в дебюте, еще до значимых клинических проявлений.

Возможным решением проблемы ранней диагностики РЛ (на I–II стадиях) может стать проведение в рамках профилактического медицинско-

Таблица 2

Информативность рентгенографии органов грудной клетки для установления диагноза рака легкого на различных стадиях (по итогам третьего этапа исследования)

Table 2

Informative value of chest radiography for the diagnosis of lung cancer at various stages (based on the results of the third stage of the study)

Результаты НДКТ ОГК	Диагностический коэффициент / Diagnostic coefficient	Информативность (J) / Informativeness (J)	p
Диагноз РЛ установлен на I стадии / LC diagnosis was established at stage I	0,00	0,00	<0,05
Диагноз РЛ установлен на II стадии / LC diagnosis was established at stage II	1,62	0,25	<0,05
Диагноз РЛ установлен на III стадии / LC diagnosis was established at stage III	3,12	0,80	<0,05
Диагноз РЛ установлен на IV стадии / LC diagnosis was established at stage IV	11,17	5,16	<0,05
Диагноз РЛ установлен на I–II стадиях / LC diagnosis was established at stages I–II	0,74	0,06	<0,05
Диагноз РЛ установлен на I–III стадиях / LC diagnosis was established at stages I–III	1,67	0,27	<0,05
Диагноз РЛ установлен на I–IV стадиях / LC diagnosis was established at stages I–IV	3,10	0,79	<0,05
Диагноз РЛ установлен на II–III стадиях / LC diagnosis was established at stages II–III	2,49	0,54	<0,05
Диагноз РЛ установлен на II–IV стадиях / LC diagnosis was established at stages II–IV	4,26	1,33	<0,05
Диагноз РЛ установлен на III–IV стадиях / LC diagnosis was established at stages III–IV	5,52	1,98	<0,05

го осмотра и диспансеризации НДКТ ОГК вместо рентгенографии. Для этого потребуется внесение изменений в действующий Порядок проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации взрослого населения (в части включения в перечень мероприятий скрининга и методов исследований, направленных на раннее выявление онкологических заболеваний, НДКТ 1 раз в 2 года). Это касается прежде всего пациентов, находящихся в группах риска по РЛ (например, пожилой возраст, большой стаж курения). Такое нововведение позволит увеличить выявляемость РЛ на ранних стадиях в 5,37 раза, что важно для общей выживаемости онкологических больных.

Заключение / Conclusion

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- рентгенография ОГК имеет недостаточную информативность для I и II стадий РЛ, среднюю для III стадии и относительно высокую для IV стадии;
- рентгенография ОГК не позволяет достоверно определять признаки РЛ на ранних стадиях в 84,3% случаев;
- внедрение в Порядок проведения профилактического медицинского осмотра и диспансеризации взрослого населения НДКТ ОГК вместо рентгенографии позволит увеличить выявляемость РЛ на ранних стадиях в 5,37 раза.

Литература

1. Сураева Н.А., Шикина И.Б., Алтуни Д.В. Выявление злокачественных новообразований при проведении диспансеризации определенных групп взрослого населения. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2024; 1: 1048–65. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-1-1048-1065>.
2. Мерабишвили В.М., Беляев А.М. Состояние онкологической помощи в России: динамика пятилетней выживаемости больных злокачественными новообразованиями и ее ранговое распределение по всем локализациям опухолей. Популяционное исследование на уровне Северо-Западного федерального округа. Вопросы онкологии. 2023; 69(2): 227–37. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2023-69-2-227-237>.
3. Родионов Е.О., Тузиков С.А., Миллер С.В. и др. Методы ранней диагностики рака легкого (обзор литературы). Сибирский онкологический журнал. 2020; 19(4): 112–22. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2020-19-4-112-122>.
4. Толбин А.А., Есауленко И.Э., Петрова Т.Н., Татаркова Ю.В. Повышение онконастороженности врачей как инструмент сокращения сроков и повышения качества диагностики злокачественных новообразований. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2024; 1: 1066–76. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-1-1066-1077>.
5. Gourvinkas C, De Mello RA, Oliveira D. Lung cancer: a brief review of epidemiology and screening. *Future Oncol.* 2018; 14(6): 567–75. <https://doi.org/10.2217/fon-2017-0486>.
6. Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med.* 2011; 365(5): 395–409. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1102873>.
7. de Koning H, van der Aalst C, Ten Haaf K, Oudkerk M. Effects of volume CT lung cancer screening: mortality results of the NELSON randomised-controlled population based trial. *J Thorac Oncol.* 2018; 13(10): S185.
8. Рекомендации по ранней диагностике рака легкого для врачей первичного звена. Вестник рентгенологии и радиологии. 2016; 97(2): 69–78.
9. Злокачественное новообразование бронхов и легкого. Клинические рекомендации. 2022. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/30_4 (дата обращения 15.05.2024).

References

1. Suraeva NA, Shikina IB, Altunin DV. Detection of malignant neoplasms during the medical examination of certain groups of the adult population. *Current Problems of Health Care and Medical Statistics.* 2024; 1: 1048–65 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-1-1048-1065>.
2. Merabishvili VM, Belyaev AM. The state of oncology care in Russia: dynamics of five-year survival of patients with malignant neoplasms and its ranked distribution across all tumor sites. Population study at the level of the Northwestern Federal District of Russia. *Voprosy onkologii.* 2023; 69(2): 227–37 (in Russ.). <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2023-69-2-227-237>.
3. Rodionov EO, Tuzikov SA, Miller SV, et al. Methods for early detection of lung cancer (review). *Siberian Journal of Oncology.* 2020; 19(4): 112–22 (in Russ.). <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2020-19-4-112-122>.
4. Tolbin AA, Esaulenko IE, Petrova TN, Tatarkova YV. Increasing the cancer alertance of doctors as a tool to reduce the time and increase the quality of diagnosis of malignant neoplasms. *Current Problems of Health Care and Medical Statistics.* 2024; 1: 1066–76 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2024-1-1066-1077>.
5. Gourvinkas C, De Mello RA, Oliveira D. Lung cancer: a brief review of epidemiology and screening. *Future Oncol.* 2018; 14(6): 567–75. <https://doi.org/10.2217/fon-2017-0486>.
6. Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *N Engl J Med.* 2011; 365(5): 395–409. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1102873>.
7. de Koning H, van der Aalst C, Ten Haaf K, Oudkerk M. Effects of volume CT lung cancer screening: mortality results of the NELSON randomised-controlled population based trial. *J Thorac Oncol.* 2018; 13(10): S185.
8. Guidelines for the early diagnosis of lung cancer for primary care physicians. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine.* 2016; 97(2): 69–78 (in Russ.).
9. Malignant neoplasm of bronchi and lung. Clinical guidelines. 2022. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/30_4 (in Russ.) (accessed 15.05.2024).



Contrast-Enhanced Mammography Accuracy in Assessing Preoperative Breast Tumor Size

Marina Balbino¹, Antonietta Ancona², Federica Masino¹, Silvia Suriano³, Sebastiano Cantore², Manuela Montatore¹, Giuseppe Guglielmi^{1,4,5}

¹ Foggia University,

Viale L. Pinto 1, 71121, Foggia (FG), Italy

² "Santa Maria" Hospital,

Via Antonio de Ferrariis 22, 70124, Bari (BA), Italy

³ "Santo Spirito" Hospital,

Via Fonte Romana 8, 65122, Pescara (PE), Italy

⁴ "Dimiccoli" Hospital,

Viale Ippocrate 15, 70051, Barletta (BT), Italy

⁵ "IRCCS Casa Sollievo della Sofferenza" Hospital,

Viale Cappuccini 1, 71013 San Giovanni Rotondo (FG), Italy

Marina Balbino, MD, Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine; <http://orcid.org/0009-0009-2808-5708>

Antonietta Ancona, MD, Breast Unit, "Santa Maria" Hospital

Federica Masino, MD, Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine; <http://orcid.org/0009-0004-4289-3289>

Silvia Suriano, MD, Breast Unit, "Santo Spirito" Hospital

Sebastiano Cantore, MD, Breast Unit, "Santa Maria" Hospital

Manuela Montatore, MD, Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine; <http://orcid.org/0009-0002-1526-5047>

Giuseppe Guglielmi, MD, Professor of Radiology, Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine; Radiology Unit, "Dimiccoli" Hospital; Radiology Unit, "IRCCS Casa Sollievo della Sofferenza" Hospital; <http://orcid.org/0000-0002-4325-8330>

Abstract

Background. Breast cancer is a leading type of cancer in women. Imaging techniques (ultrasound, mammography, and magnetic resonance imaging (MRI)) play a crucial role in tumor detection and evaluation. The last emerging technique is contrast-enhanced mammography (CEM) which provides both morphological and functional information.

Objective: to evaluate CEM accuracy in measuring breast tumor lesions.

Material and methods. The study involved 69 patients followed by the Breast Unit from January 2018 to September 2023. Breast tumor dimensions measured in CEM in the pre-operative stage by three experienced radiologists were compared to the dimension obtained at the histological examination, the current gold standard in assessing tumor size.

Results. We observed a slight overestimation by CEM compared to histology, with a difference between the two measurements not more than 10 mm. CEM underestimated the dimensions in 12 of 69 cases.

Conclusion. The study demonstrated excellent CEM accuracy in preoperative assessment of breast tumors, consistent with previous findings in the literature. CEM could prove to be a valid and safer alternative to MRI in preoperative breast tumor measuring.

Keywords: breast tumor; breast cancer; contrast-enhanced mammography; CEM; CEM accuracy; tumor size.

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

For citation: Balbino M, Ancona A, Masino F, Suriano S, Cantore S, Montatore M, Guglielmi G. Contrast-enhanced mammography accuracy in assessing pre-operative breast tumor size. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 156–162 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-156-162>

For corresponding: Giuseppe Guglielmi, E-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Received July 11, 2024

Revised August 15, 2024

Accepted August 16, 2024

Точность маммографии с контрастным усилением при определении предоперационного размера опухоли молочной железы

Бальбино М.¹, Анкона А.², Мазино Ф.¹, Суриано С.³, Канторе С.², Монтаторе М.¹, Гульельми Дж.^{1,4,5}

¹ Университет Фоджи,

ул. Л. Пинто, 1, Фоджи, 71121, Италия

² Больница Святой Марии,

ул. Антонио де Феррари, 22, Бари, 70124, Италия

³ Больница Святого Духа,

ул. Фонте Романа, 8, Пескара, 65122, Италия

⁴ Больница «Димикколи»,

ул. Гиппократы, 15, Барлетта, 70051, Италия

⁵ Больница «Дом облегчения страданий»,

ул. Капучино, 1, Сан-Джованни-Ротондо, 71013, Италия

Марина Бальбино, кафедра клинической и экспериментальной медицины Университета Фоджи;
<http://orcid.org/0009-0009-2808-5708>

Антонietta Анкона, врач отделения заболеваний молочной железы Больницы Святой Марии

Федерика Мазино, кафедра клинической и экспериментальной медицины Университета Фоджи;
<http://orcid.org/0009-0004-4289-3289>

Сильвия Суриано, врач отделения заболеваний молочной железы Больницы Святого Духа

Себастьяно Канторе, врач отделения заболеваний молочной железы Больницы Святой Марии

Мануэла Монтаторе, кафедра клинической и экспериментальной медицины Университета Фоджи;
<http://orcid.org/0009-0002-1526-5047>

Джузеппе Гульельми, профессор кафедры клинической и экспериментальной медицины Университета Фоджи, врач отделения радиологии Больницы «Димикколи», врач отделения радиологии Больницы «Дом облегчения страданий»;
<http://orcid.org/0000-0002-4325-8330>

Резюме

Актуальность. Рак груди – основной вид онкологических заболеваний у женщин. Методы визуализации (ультразвуковое исследование, маммография и магнитно-резонансная томография (МРТ)) играют решающую роль в обнаружении и оценке размера опухоли. Последним новым методом визуализации является маммография с контрастным усилением (contrast-enhanced mammography, CEM), которая дает как морфологическую, так и функциональную информацию.

Цель: оценка точности CEM при измерении опухолевых поражений молочной железы.

Материал и методы. В исследовании приняли участие 69 пациенток, наблюдавшихся в отделении, занимающимся лечением заболеваний молочной железы, с января 2018 г. по сентябрь 2023 г. Размеры опухоли молочной железы, измеренные методом CEM на дооперационном этапе тремя опытными радиологами, сравнивались с размерами, полученными при гистологическом исследовании, являющемся в настоящее время «золотым стандартом» оценки размеров опухоли.

Результаты. Мы отметили незначительное преувеличение размеров опухоли при использовании метода CEM по сравнению с гистологическим исследованием, при этом разница между двумя измерениями не превышала 10 мм. При применении метода CEM размеры опухоли были недооценены в 12 из 69 случаев.

Заключение. Исследование продемонстрировало отличную точность CEM при предоперационной оценке опухолей молочной железы, что согласуется с результатами, приведенными в научной литературе. Метод CEM может оказаться надежной и более безопасной альтернативой МРТ при предоперационном измерении опухолей молочной железы.

Ключевые слова: опухоль молочной железы; рак молочной железы; маммография с контрастированием; точность маммографии с контрастированием; размер опухоли.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бальбино М., Анкона А., Мазино Ф., Суриано С., Канторе С., Монтаторе М., Гульельми Дж. Точность маммографии с контрастным усилением при определении предоперационного размера опухоли молочной железы. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 156–162 (на англ. яз.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-156-162>

Для корреспонденции: Джузеппе Гульельми, E-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Статья поступила 11.07.2024

После доработки 15.08.2024

Принята к печати 16.08.2024

Introduction / Введение

Breast cancer is one of the leading malignancies among women. Early diagnosis is crucial in reducing mortality, leading to the availability of various imaging techniques such as mammography (MX), ultrasound (US), and magnetic resonance imaging (MRI) [1, 2]. MX plays a crucial role in screening due to its sensitivity and specificity. At the same time, US aids in detecting lesions not visible in mammography, especially in dense breasts, and is utilized in interventional procedures [3].

MRI shows high sensitivity in detecting invasive tumors and is recommended for high-risk patient screening. However, each technique has its limitations: MX has limited sensitivity in studying dense breasts; US suffers from high interobserver variability; MRI poses issues with reduced specificity due to intense breast enhancement, which can be physiological or benign [4].

Currently, MRI stands as the most sensitive method in diagnosing breast tumors, although it has lower specificity compared to mammography due to its higher rate of false positives. Moreover, its high costs, limited availability in certain regions, and absolute contraindications in specific cases significantly limit its application. New techniques have been developed to overcome these limitations, such as contrast-enhanced mammography (CEM) which is a recent technique utilizing tumor angiogenesis to detect neoplasms early [5]. CEM provides two types of information: morphological, similar to traditional mammography, and functional, based on the intensity of contrast enhancement accumulated in the breast gland. Among other advantages, it has a low number of false positives [6].

Recent literature has focused extensively on comparing CEM and MRI in evaluating tumor extent, despite some limitations associated with MRI under certain circumstances [7, 8]. This study aims to compare tumor dimensions measured in CEM with those measured in the histological examination, the gold standard for breast cancer diagnosis. Factors that might contribute to a difference between the two measurements (histological type, histological grading, proliferation index, enhancement characteristics) have been taken into consideration and analyzed [9].

Objective: to evaluate CEM accuracy in measuring breast tumor lesions.

Material and methods / Материал и методы

The study involved retrospectively 69 patients with breast carcinoma, taken care by the Breast Unit from January 2018 to September 2023. All 69 patients underwent an MX and CEM examination which detected breast lesions, confirmed histologically by further biopsy/cytology. Patients were aged from 33 to 86 years old (with an average age of 55,8 years). All patients provided informed consent before imaging examination.

The exclusion from the study occurred when a) the index lesion extended beyond the field of view of the

CEM (deep lesions); b) the patients confirmed allergies or renal insufficiency. Ethics approval was not required for this study.

The CEM examination was performed using a MX system (GE Healthcare, Solingen, Germany) equipped with an automatic injector. For the CEM examination, after the injection of iodinated contrast medium (Iohexol 350 mg/mL, 1.5 mL/kg), two projections were acquired: cranio-caudal (CC) two minutes post-injection, and medio-lateral-oblique (MLO) three minutes post-injection, starting with the breast affected by the neoplasm and then proceeding to the contralateral breast. The images at low and at high energy were thus obtained according to standard parameters to capture early enhancement, aiming to minimize potential false negatives resulting from early washout. Exposure parameters were adjusted based on breast size and glandular density using a predefined value table. The image subtraction process allowed for the elimination of glandular tissue, improving the contrast resolution of the contrast enhancement accumulation.

Three radiologists specialized in breast imaging, with respective experience of 6, 15, and 30 years, analyzed the exams on a high-resolution workstation. They measured the dimensions of the index lesions, reporting the maximum diameter in the early scans and looking for washout in the late scans, where applicable. If there was a lack of enhancement, the index lesions were measured as 0 mm. In cases of multicentric and multifocal disease, all areas showing suspicious enhancement characteristics were measured to compile a comprehensive report for each patient, detailing the features of the index lesions (size and extent). Additionally, for each index lesion, the degree of visualization on CEM was noted as intense enhancement, moderate enhancement, or mild enhancement, along with the homogeneity or heterogeneity of the lesions. To evaluate the type of enhancement, the following criteria were used: mass enhancement (lesion occupying space), non-mass enhancement (NME, lesion without mass effect), and ring enhancement (a subtype of mass enhancement) (Fig. 1).

A dedicated breast pathologist performed histological analysis: tumor dimensions were assessed macroscopically and/or microscopically on hematoxylin/eosin-stained sections. In cases of ductal carcinoma *in situ* around foci of invasive carcinoma, dimensions including the maximum diameter of both lesions were reported. For multicentric and multifocal invasive carcinoma cases, the extent of the larger and smaller foci was reported. Histotype, histological grade, and proliferation index (Ki67) were also evaluated.

A particular note is made for microcalcifications, as CEM allows us to differentiate between positive/negative, but especially provides more precise information about the extent in cases of Tis characterized by isolated microcalcifications without opacity.

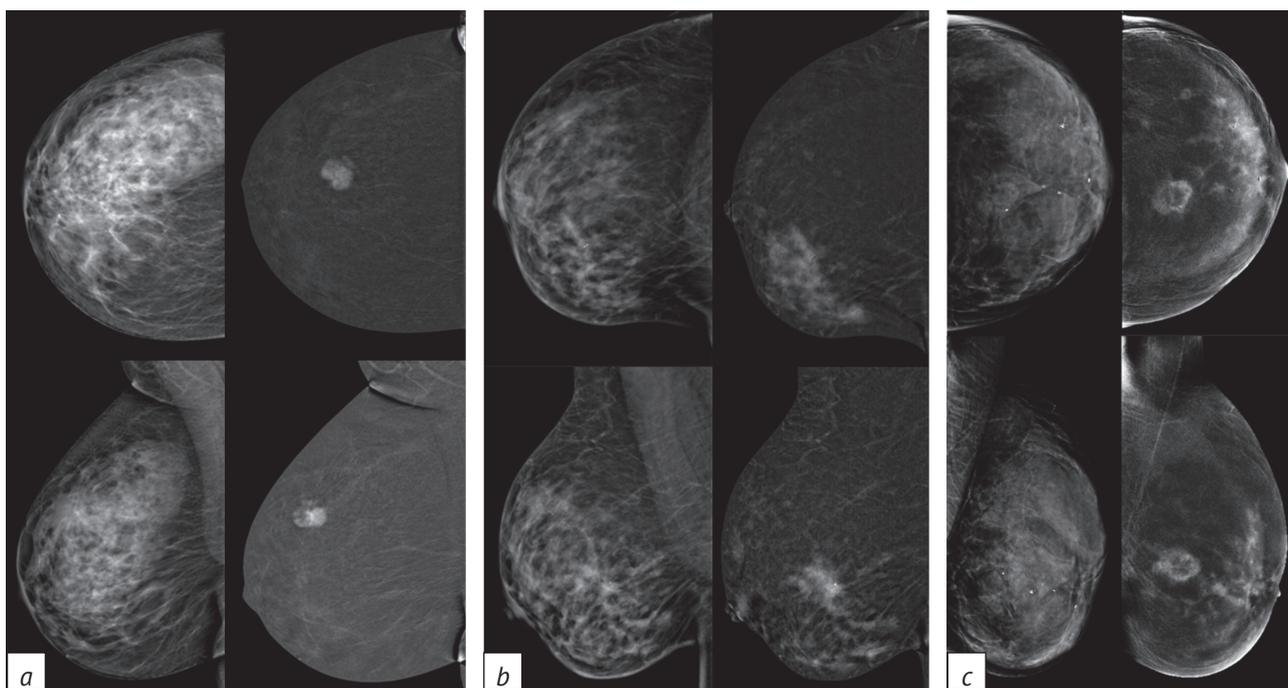


Fig. 1. Contrast-enhanced mammography (CEM) examinations: *a* – mass enhancement type of pattern; *b* – non-mass enhancement type of pattern; *c* – ring enhancement type of pattern

Рис. 1. Маммография с контрастным усилением (contrast-enhanced mammography, CEM):

a – тип рисунка с массовым усилением; *b* – тип рисунка без массового усиления; *c* – тип рисунка с кольцевым усилением

Descriptive analysis was employed to explore and summarize the dataset. Measures such as medians and means provided valuable insights into the central tendencies of the variables under examination, enabling us to interpret the recorded values. Additionally, graphical representations, including histograms and charts, were utilized to visualize the data distribution and identify potential outliers. Normality was assessed for the different lesion diameters using the Shapiro–Wilk test. Since the variables did not follow a normal distribution pattern, a signed-rank test was applied to determine if there were significant differences in the data distributions between groups. The Pearson correlation test was applied to investigate any further statistically significant correlations.

Results / Результаты

All 69 patients, with a mean age of 54 years, were diagnosed with neoplastic breast mass and underwent MX and CEM. The diagnosis was confirmed histologically by cytological or biopsy analysis. A comprehensive description of the incidence of these characteristics is listed in (Fig. 2).

The median size of the lesions varied slightly among the three analyzed methods: MX, CEM, and definitive histology. Histological examination, considered the gold standard for measuring lesions, showed a mean measurement of 1.4 cm (SD=2.24), while CEM and MX techniques recorded measurements of 1.5 cm (SD=2.46) and 1.6 cm (SD=2.21), respectively. MX un-

derestimated the size of the neoplastic mass in 21 out of 69 cases, while CEM underestimated it in 28 out of 69 cases. In 8 out of 69 cases (11.6%), histological evaluation of lesion size reported the same size with both instrumental techniques. In both cases, the minimum and maximum differences were –4.8 and 7.9, respectively (Tables 1, 2).

Concerning the identification of multiple lesions, out of 13 multifocal masses found in definitive histology, 12 out of 13 (92.3%) were identified using CEM, while only 7 out of 13 (58.3%) were identified mammographically. Other obtained results indicate that out of the 69 observations, 34 patients were found to have mass-like neoplasms using CEM, accounting for 49.27% of the total, while 33.3% were found to have homogeneous contrast enhancement. In the study of contrast enhancement characteristics using CEM, all neoplastic masses demonstrated high, medium, and low contrast intensity values, accounting for 12%, 31.3%, and 56.7% of the total, respectively. In nearly all patients with high contrast enhancement intensity (97%), the Ki67 ranged between 50 and 65. Overall, Ki67 ranged from 3 to 65 across all observations.

The majority of neoplasms (58 out of 69) were classified in definitive histology as infiltrating ductal carcinoma (IDC), 7 as infiltrating lobular carcinomas, and 4 as others. Two of the IDC formations showed an *in situ* component with the identification of microcalcifications, resulting in an increase in size using CEM compared to the tumor lesion size taken in histology examination,

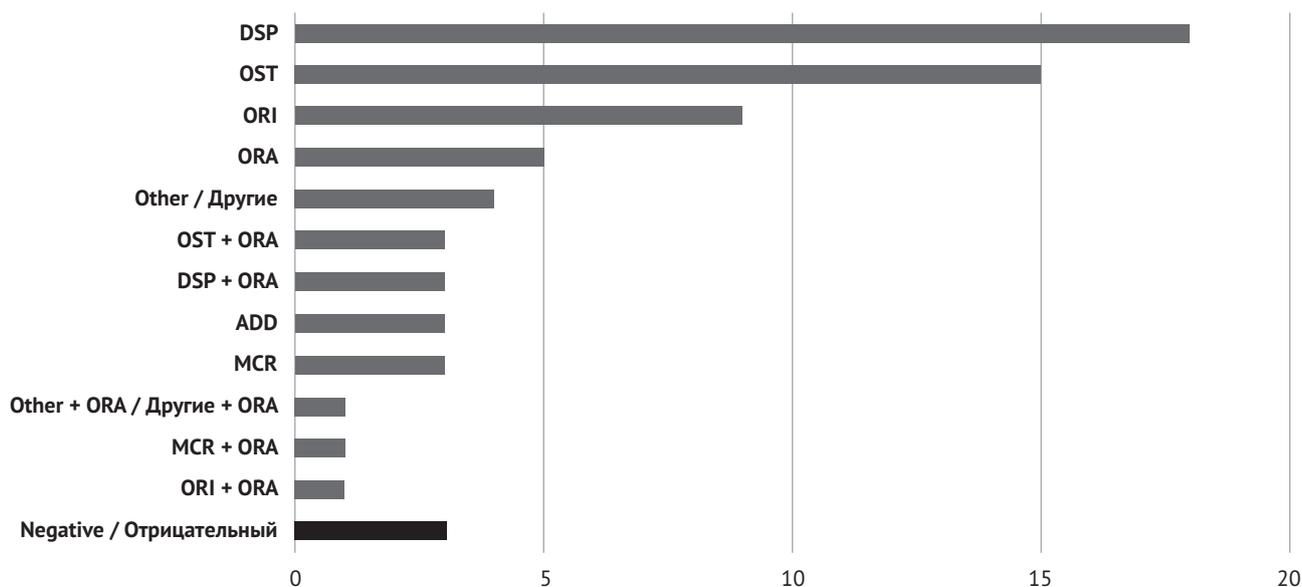


Fig. 2. Morphological distribution of lesions.

DSP – parenchymal distortion; OST – stellate opacity; ORI – irregular opacity; ORA – rounded opacity; MCR – microcalcifications; ADD – high breast density

Рис. 2. Морфологическое распределение поражений.

DSP – паренхимальное искажение; OST – звездчатое помутнение; ORI – неравномерное помутнение; ORA – округлое помутнение; MCR – микрокальцификаты; ADD – высокая плотность молочной железы

Table 1

The size of the lesion in histological examination compared to mammography

Таблица 1

Размер поражения при гистологическом исследовании по сравнению с маммографией

Variable / Переменная	Difference / Разница			
	Count / Подсчет	Minimum / Минимум	Average / Среднее	Maximum / Максимум
D_MX < D_IST	40	-4.8	-0.94175	-0.1
D_MX = D_IST	8	-	-	-
D_MX > D_IST	21	0.1	0.9761905	7.9
Jointly defined / Определено совместно	69	-4.8	-0.2488408	7.9
Total / Итого	69	-	-	-

Note. MX – mammography; IST – histology.

Примечание. MX – маммография; IST – гистология.

for the determination of the surrounding peritumoral area. Among the 69 patients, 3 cases were classified as G1, 33 as G2, and 31 as G3, 1 was a Tis, and 1 was not classified.

The Shapiro–Wilk test revealed a non-normal distribution of the collected data. The variables of interest were studied through the Wilcoxon test. The Wilcoxon signed-rank test between D_IST and D_MX showed a statistically significant difference between the two datasets, as indicated by the small p-value (0.0098). This suggested that it was unlikely for the differences between D_IST and D_MX to occur by chance alone. On

the other hand, the Wilcoxon signed-rank test between D_IST and D_CEM did not show any statistically significant difference between the two datasets, as indicated by the large p-value (0.9928). This suggested that the differences between D_IST and D_CEM might be due to random variations (Table 3).

Discussion

The main purpose of the study was to evaluate the diagnostic accuracy of CEM in the dimensional assessment of breast tumors and its predictive value in pre-operative staging, comparing it with histological results

Table 2

The size of lesion in histological examination compared to CEM

Таблица 2

Размер поражения при гистологическом исследовании по сравнению с СЕМ

Variable / Переменная	Difference / Разница			
	Count / Подсчет	Minimum / Минимум	Average / Среднее	Maximum / Максимум
D_CEM < D_IST	32	-4.8	-0.75	-0.1
D_CEM = D_IST	9	-	-	-
D_CEM > D_IST	28	0.03	1.133214	7.9
Jointly defined / Определено совместно	69	-4.8	0.112029	7.9
Total / Итого	69	-	-	-

Table 3

Variables of interest studied through the Wilcoxon test

Таблица 3

Переменные, представляющие интерес и изученные с помощью теста Вилкоксона

Variable / Переменная	Observations / Число наблюдений	W	V	z	Prob>z
D_MX	69	0.73418	16.172	6.048	0.00000
D_CEM	69	0.73135	16.344	6.071	0.00000
D_IST	69	0.76829	14.097	5.749	0.00000

after surgery. The study demonstrated excellent accuracy of the method in the preoperative assessment of breast tumors, consistent with previous findings in the literature [6, 7, 10–13].

We observed a slight overestimation by CEM compared to histology. However, in most cases, the difference between the two measurements was no more than 10 mm. Further analysis revealed a prevalence of mass-like enhancement, with a predominance of low-intensity ductal tumors. In CEM, ductal carcinoma *in situ* appeared as an area of subtle and delayed contrast enhancement because the contrast agent reaches the neoplastic focus through diffusion, without actual angiogenesis [6]. Consequently, performing scans with a delay from the start of contrast injection allows for greater enhancement and better visibility of the *in-situ* lesion. Our results are consistent with previous observations, although most studies focus on MRI. We also noted an overestimation of tumor mass in CEM compared to definitive histology, in cases of microcalcifications with a focus on carcinoma *in situ*, confirming a wider area of peritumoral tissue. We observed a varied distribution of histological grades, indicating that histological grade does not influence tumor size; however, this result requires a larger sample size for confirmation.

The study's results showed that MX and CEM performed similarly in assessing tumor size, but CEM typically provides more accurate measurements due to its use of contrast agents, which enhance the visibility of tumors, particularly in dense breast tissue or in cases where the tumor is more difficult to delineate (Fig. 3).

The comparable performance observed in this study could be attributed to specific factors such as the study's design, sample characteristics, or the nature of the tumors assessed, rather than a genuine equivalence between the two methods. At all, the superior diagnostic capabilities of CEM remain well-established, especially in cases requiring precise tumor delineation for treatment planning. Although the study was not designed to directly compare the two modalities, the observation of similar performance in tumor size assessment between CEM and MX raises important considerations. Discussing this comparison provides valuable context, highlighting that while CEM is generally superior due to its advanced imaging capabilities, the results of this study suggest that, under certain conditions, MX can offer comparable accuracy. However, in many other scenarios, particularly in cases of dense breast tissue or *in situ* tumors, CEM remains the gold standard for accurately determining the true size of the lesion. This underlines the critical role of CEM

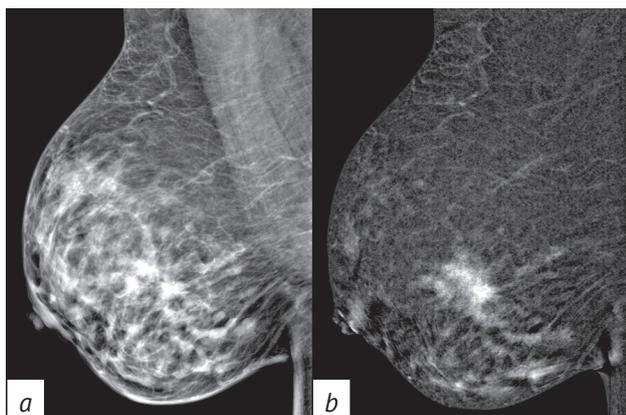


Fig. 3. Comparison between MX (a) and CEM (b) in case of invasive ductal carcinoma. It is challenging to assess the tumor size in the MX image of the right breast in the oblique projection. However, the extent of the tumor is immediately clear in the CEM image

Рис. 3. Сравнение результатов маммографии (a) и CEM (b) в случае инвазивной протоковой карциномы. Трудно оценить размер опухоли на маммографическом изображении правой молочной железы в косой проекции. Однако на CEM-изображении размеры опухоли видны сразу

in clinical practice, where its enhanced sensitivity and specificity are crucial for precise diagnosis and treatment planning.

Conclusion / Заключение

Given the satisfactory results obtained with CEM examination in terms of pre-surgical staging, both regarding the number of foci and the extent of individual lesions and considering the well-known limitations of MRI such as its limited availability, long acquisition times, and high costs, there are strong encouragement for the use of CEM as a valid preoperative method. Therefore, its speed and relative technical simplicity make it more tolerable for patients; moreover, it is burdened with lower expenses compared to MRI. Indeed, the lower cost of CEM compared to MRI should not be underestimated; according to some authors, the cost of CEM is approximately 80% lower than that of MRI and only 9% higher than that of digital mammography. CEM could prove to be a valid and safer alternative to MRI, characterized by higher specificity and offering advantages in terms of time, costs, and patient compliance.

References / Литература

- Lord SJ, Lei W, Craft P, et al. A systematic review of the effectiveness of magnetic resonance imaging (MRI) as an addition to mammography and ultrasound in screening young women at high risk of breast cancer. *Eur J Cancer*. 2007; 43(13): 1905–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2007.06.007>.
- Berg WA, Gutierrez L, NessAiver MS, et al. Diagnostic accuracy of mammography, clinical examination, US, and MR imaging in preoperative assessment of breast cancer. *Radiology*. 2004; 233(3): 830–49. <https://doi.org/10.1148/radiol.2333031484>.
- Pisano ED, Gatsonis C, Hendrick E, et al. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening. *N Engl J Med*. 2005; 353(17): 1773–83. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa052911>.
- Saslow D, Boetes C, Burke W, et al. American Cancer Society guidelines for breast screening with MRI as an adjunct to mammography. *CA Cancer J Clin*. 2007; 57(2): 75–89. <https://doi.org/10.3322/canjclin.57.2.75>.
- Tagliafico AS, Bignotti B, Rossi F, et al. Diagnostic performance of contrast-enhanced spectral mammography: systematic review and meta-analysis. *Breast*. 2016; 28: 13–9. <https://doi.org/10.1016/j.breast.2016.04.008>.
- Jochelson MS, Dershaw DD, Sung JS, et al. Bilateral contrast-enhanced dual-energy digital mammography: feasibility and comparison with conventional digital mammography and MR imaging in women with known breast carcinoma. *Radiology*. 2013; 266(3): 743–51. <https://doi.org/10.1148/radiol.12121084>.
- Lobbes MBI, Lajji U, Houwers J, et al. Contrast-enhanced spectral mammography in patients referred from the breast cancer screening programme. *Eur Radiol*. 2014; 24(7): 1668–76. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3154-5>.
- Hobbs MM, Taylor DB, Buzynski S, Peake RE. Contrast-enhanced spectral mammography (CESM) and contrast enhanced MRI (CEMRI): patient preferences and tolerance. *J Med Imaging Radiat Oncol*. 2015; 59(3): 300–5. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.12296>.
- De Azambuja E, Cardoso F, De Castro G, et al. Ki-67 as prognostic marker in early breast cancer: a meta-analysis of published studies involving 12 155 patients. *Br J Cancer*. 2007; 96(10): 1504–13. <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6603756>.
- Mori M, Akashi-Tanaka S, Suzuki S, et al. Diagnostic accuracy of contrast-enhanced spectral mammography in comparison to conventional full-field digital mammography in a population of women with dense breasts. *Breast Cancer*. 2017; 24(1): 104–10. <https://doi.org/10.1007/s12282-016-0681-8>.
- Tardivel AM, Balleyguier C, Dunant A, et al. Added value of contrast-enhanced spectral mammography in postscreening assessment. *Breast J*. 2016; 22(5): 520–8. <https://doi.org/10.1111/tbj.12627>.
- Łuczyńska E, Heinze-Paluchowska S, Hendrick E, et al. Comparison between breast MRI and contrast-enhanced spectral mammography. *Med Sci Monit*. 2015; 21: 1358–67. <https://doi.org/10.12659/MSM.893018>.
- Fallenberg EM, Schmitzberger FF, Amer H, et al. Contrast-enhanced spectral mammography vs. mammography and MRI – clinical performance in a multi-reader evaluation. *Eur Radiol*. 2017; 27(7): 2752–64. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4650-6>.



Редкое клиническое наблюдение мигрирующей кисты перикарда, имитирующей осумкованный плеврит

Карпова А.А., Никитин П.А.

ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России; Ореховый б-р, 28, Москва, 115682, Российская Федерация

Карпова Анастасия Анатольевна, врач-рентгенолог ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России; <http://orcid.org/0000-0002-0251-254X>

Никитин Павел Алексеевич, к. м. н., заведующий отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России; <http://orcid.org/0000-0003-1809-6330>

Резюме

Перикардальные кисты являются редкими доброкачественными новообразованиями, часто обнаруживаемыми случайно при рентгенологических обследованиях. Несмотря на преимущественно бессимптомное течение, они могут вызывать значимые клинические проявления и осложнения. Приведен клинический пример миграции перикардальной кисты, которая изначально была ошибочно интерпретирована как левосторонний осумкованный междолевой плеврит. Детальная оценка динамики изменений на мультисрезовой компьютерной томографии и последующее хирургическое лечение показали, что новообразование исходит из листков перикарда, изменяя свою локализацию, форму и размеры. Знание феномена миграции перикардальных кист и использование современных методов визуализации играют ключевую роль в точной диагностике и выборе оптимальной тактики лечения.

Ключевые слова: киста перикарда; мультисрезовая компьютерная томография; МСКТ; осумкованный плеврит; легкие; диагностика.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Карпова А.А., Никитин П.А. Редкое клиническое наблюдение мигрирующей кисты перикарда, имитирующей осумкованный плеврит. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 163–169. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-163-169>

Для корреспонденции: Карпова Анастасия Анатольевна, E-mail: karpovaaadoc@yandex.ru

Статья поступила 17.06.2024

После доработки 11.07.2024

Принята к печати 26.07.2024

A Rare Clinical Case of Migrating Pericardial Cyst Mimicking Encysted Pleural Effusion

Anastasia A. Karpova, Pavel A. Nikitin

Research Institute of Pulmonology, Federal Medico-Biological Agency of Russia; Orekhovyy bul'var, 28, Moscow, 115682, Russian Federation

Anastasia A. Karpova, Radiologist, Research Institute of Pulmonology, FMBA of Russia; <http://orcid.org/0000-0002-0251-254X>

Pavel A. Nikitin, Cand. Med. Sc., Head of Department of Radiation Diagnostics, Radiologist, Research Institute of Pulmonology, FMBA of Russia; <http://orcid.org/0000-0003-1809-6330>

Abstract

Pericardial cysts are rare benign tumors often discovered incidentally during radiological examinations. Despite being predominantly asymptomatic, they can cause significant clinical manifestations and complications. The article describes a case of migrating pericardial cyst that was initially misinterpreted as left-sided encysted pleural effusion. Detailed assessment of dynamic changes on multislice computed tomography and subsequent surgical treatment revealed that the neoplasm originated from the pericardial layers altering its location, shape, and size. Awareness of the phenomenon of pericardial cyst migration and

the use of up-to-date imaging techniques play a crucial role in accurate diagnosis and selecting optimal treatment strategies.

Keywords: pericardial cyst; multislice computed tomography; MSCT; encysted pleural effusion; lungs; diagnosis.

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

For citation: Karpova AA, Nikitin PA. A rare clinical case of migrating pericardial cyst mimicking encysted pleural effusion. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 163–169 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-163-169>

For corresponding: Anastasia A. Karpova, E-mail: karpovaaadoc@yandex.ru

Received June 17, 2024

Revised July 11, 2024

Accepted July 26, 2024

Введение / Introduction

Перикардальная киста является редким, чаще всего случайно выявляемым доброкачественным новообразованием с частотой встречаемости 1 случай на 100 тыс. населения. На ее долю приходится 7% всех новообразований средостения и 33% всех кист средостения [1]. Перикардальные кисты могут быть обнаружены у пациентов любого возраста, однако чаще всего они выявляются в третьем и четвертом десятилетиях жизни [2].

Впервые кисты перикарда были описаны в XIX веке в ходе патологоанатомических исследований [2]. В литературе они встречаются под разными названиями, включая плевроперикардальные кисты (Jeaubert de Beaujeu et al., 1945; Roche et al., 1954), плевральные, перикардальные, целомические перикардальные кисты (Lambert et al., 1940), spring water cyst (Greenfield et al., 1943), мезотелиальные кисты (Churchill and Mallory, 1937) и тонкостенные кисты [3, 4].

Наиболее часто кисты локализуются в правом кардиодиафрагмальном углу (до 70% случаев), левом кардиодиафрагмальном углу (до 22%) и остальных отделах грудной полости (до 8%) [1]. Их размеры варьируются от 1 до 15 см, хотя имеются сообщения о кистах, достигающих 37 см [2]. Гистологически перикардальные кисты выстланы одним слоем мезотелиальных клеток, окруженных соединительной тканью, которая содержит коллагеновые и эластические волокна [5].

Существует несколько теорий образования кист перикарда в процессе эмбриогенеза. Одна из них предполагает, что перикардальные кисты возникают при неполном сращении одной или нескольких мезенхимальных лакун, из которых впоследствии формируется полость перикарда. Данная область является слабым местом и приводит к формированию дивертикула или кисты. Образование кисты происходит, когда просвет шейки выпячивания сужается, образуя ножку, а киста отграничивается и не сообщается с полостью перикарда. Шейка дивертикула остается проходимой и сообщается с полостью перикарда, что обеспечивает перемещение жидкости и приводит к изменению

размера и формы дивертикула при смене положения и дыхания [4].

Согласно другой теории кисты образуются в области вентрального углубления перикардального кольца, что характерно для наиболее частой локализации в правом кардиодиафрагмальном углу. Сохранение углубления приводит к образованию дивертикула, а сужение и защемление в его проксимальной части – к формированию изолированной кисты перикарда [4].

В большинстве случаев кисты и дивертикулы перикарда являются врожденными, однако встречаются и приобретенные. Они могут формироваться вторично как осложнение перикардита, воспалительных заболеваний, травмы или хирургических вмешательств [1, 6].

В редких случаях кисты перикарда могут иметь ножку, прикрепленную к перикардальной сумке, что обеспечивает их подвижность, позволяя кистам располагаться вдали от перикарда [7]. В международной литературе описаны единичные случаи таких кист. Мы представляем редкое клиническое наблюдение мигрирующей кисты перикарда, подтвержденной гистологически, у пациента, наблюдаемого в связи с выявленным левосторонним осумкованным междолевым плевритом и отсутствием активных жалоб.

Описание случая / Case report

Мужчина 52 лет был направлен на дообследование после выявления новообразования в левом легком по данным флюорографии при плановом медицинском осмотре. На мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) с внутривенным контрастированием оно было интерпретировано как осумкованный междолевой плеврит. Пациент продолжал наблюдаться по месту жительства с ежегодным контролем МСКТ органов грудной клетки (ОГК). При обращении к пульмонологу было принято решение о направлении больного в профильное учреждение для определения дальнейшей тактики лечения.

При сборе анамнеза в ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России пациент не предъявлял активных жалоб. При физи-

кальном обследовании патологий ОГК не выявлено. Индекс курящего человека составил 11 пачек/лет. Из перенесенных операций: радиочастотная абляция типичного трепетания предсердий в декабре 2023 г. и криобаллонная абляция устьев легочных вен в феврале 2024 г. Для оценки динамики процесса и принятия решения о выборе хирургической тактики лечения пациенту проведена повторная МСКТ ОГК с внутривенным контрастированием и сравнением полученных данных с предыдущими исследованиями.

При анализе данных **МСКТ ОГК от 2019 г.**: слева от листков перикарда в области левого желудочка с распространением по ходу междолевой щели на уровне S1–2/S6 левого легкого визуализировалось жидкостное образование с четкими контурами, однородной плотности до +2 HU, размерами

33×46×85 мм, не накапливающее контрастное вещество (рис. 1).

По результатам **МСКТ-исследования от 2024 г.**: слева от листков перикарда в области левого желудочка определялось перемещение жидкостного образования с четкими контурами, однородной плотности до +2 HU, размерами 45×52×77 мм по ходу междолевой щели до уровня S5/S8 левого легкого, не накапливающего контрастное вещество. Отмечено появление субсегментарного компрессионного ателектаза в прилежащей части S8 левого легкого. **Заключение:** МСКТ-картина мигрирующей кисты перикарда слева (рис. 2).

Из-за значительных размеров перикардиальной кисты и развития на этом фоне субсегментарного ателектаза с целью гистологической верификации было принято решение о проведении

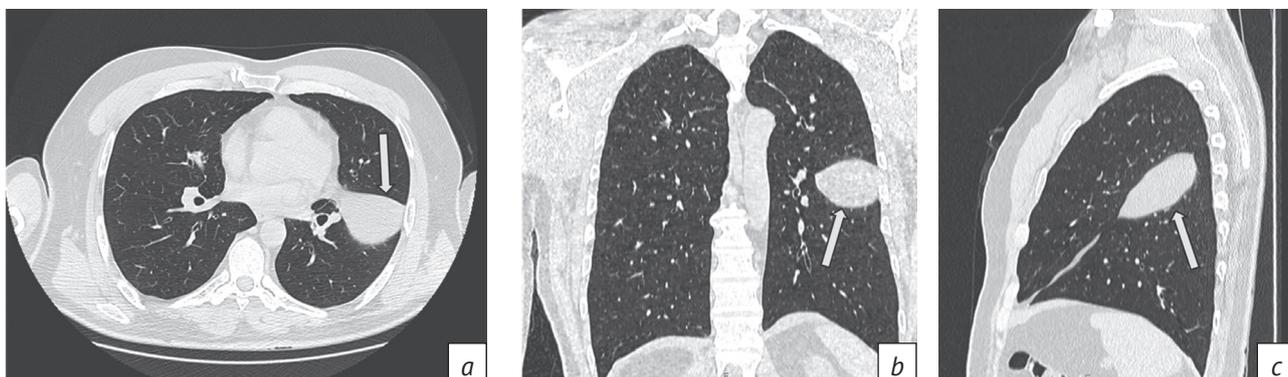


Рис. 1. Результаты мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) органов грудной полости в легочном окне от 2019 г. На уровне S1-2/S6 левого легкого визуализируется образование, распространяющееся по ходу левой кривой междолевой щели (стрелки):

a – аксиальный срез; *b* – фронтальный срез; *c* – сагиттальный срез

Fig. 1. Chest multislice computed tomography (MSCT) scans, lung window, from 2019. At the left lung S1–2/S6 level, there is a mass spreading along the left major fissure (arrows):

a – axial plane; *b* – frontal plane; *c* – sagittal plane

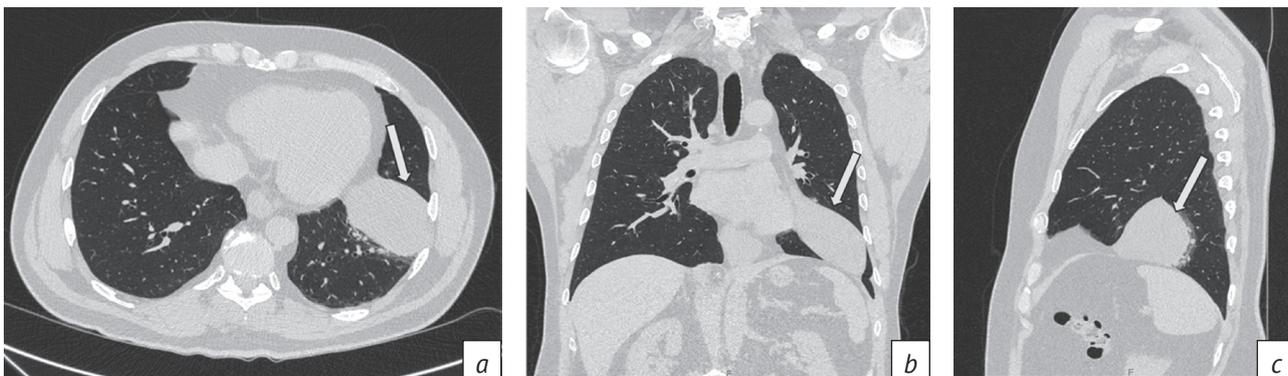


Рис. 2. МСКТ органов грудной полости в легочном окне от 2024 г. – отмечается перемещение образования по ходу левой кривой междолевой щели до уровня S5/S8 левого легкого с формированием субсегментарного компрессионного ателектаза S8 (стрелки):

a – аксиальный срез; *b* – фронтальный срез; *c* – сагиттальный срез

Fig. 2. Chest MSCT scans, lung window, from 2024 show the displacement of the mass along the left major fissure to S5/S8 level of the left lung with the formation of subsegmental compressive atelectasis of S8 (arrows):

a – axial plane; *b* – frontal plane; *c* – sagittal plane

хирургического лечения. Выполнена видеоторакоскопическая операция (ВАТС) слева с удалением кисты перикарда. При ревизии доли левого легкого имели нормальную воздушность, междолевые борозды выражены умеренно. В клетчатке переднего средостения на уровне левого реберно-диафрагмального синуса обнаружено объемное новообразование с жидкостью серозного характера до 45 мм в диаметре с ровными контурами. Вскрытая киста представлена диаметром 45 мм, толщина стенки составила 1 мм, внутренняя выстилка была гладкой и блестящей.

Полученный материал отправлен на плановое **гистологическое исследование.** Макроскопическое описание: фрагменты жировой ткани со стенкой кисты диаметром до 45 мм, гладкой, сероватого цвета, толщина стенки до 3 мм. Микроскопическое описание: фрагменты фиброзной ткани, покрытые одним рядом мезотелиальных клеток, с очаговой пролиферацией мезотелиальных клеток и наличием очагов лимфоидной инфильтрации; под этими участками расположена жировая ткань с полнокровными сосудами. **Заключение:** киста перикарда (однокамерная, мезотелиальная, без атипии).

Послеоперационный период протекал без осложнений. Пациент был выписан из отделения в удовлетворительном состоянии для продолжения лечения под наблюдением хирурга по месту жительства.

Обсуждение / Discussion

Дифференциальный диагноз

Дифференциальный диагноз кисты перикарда должен включать перикардиальный дивертикул. В нашем случае при сравнении двух исследований в полости перикарда свободная жидкость не определялась, и оттока жидкости из образования выявлено не было.

Образование было первоначально интерпретировано как осумкованный междолевой плеврит. Пациент не предъявлял жалоб, не имел предшествующего анамнеза и сопутствующих заболеваний, которые могли бы привести к подобному состоянию. В остальных отделах плевральных полостей признаки наличия жидкости не определялись. Кроме того, осумкованный плеврит не должен изменять свое положение и форму. При детальной оценке изображений было установлено, что образование исходит из листков перикарда (рис. 3). По данным 5-летнего динамического наблюдения с использованием МСКТ зафиксировано изменение локализации, формы и размеров кисты.

Описаны случаи перемещения кист перикарда в течение месяцев, лет и даже в рамках одного исследования при изменении положения тела пациента на столе при сканировании. С. J. Ha и P. D. Maldjian [6] в 2020 г. представили исследование пациента с мигрирующей кистой перикарда при помощи МСКТ в различных положениях. При положении лежа на спине жидкостное образование располагалось по ходу главной междолевой щели, при повороте на левый бок оно сменило свое положение на правый кардиодиафрагмальный угол, что является более типичной локализацией кист. Поскольку киста прикреплялась к перикарду ножкой, то изменение ее положения объясняется действием силы тяжести. Хотя ретроспективный анализ компьютерных томограмм не выявил ножку кисты, ее наличие было подтверждено интраоперационно [6].

Уникальность нашего случая заключается в том, что перикардиальные кисты чаще всего локализируются в правой половине грудной клетки. Анатомически правая косая междолевая щель подходит к диафрагме спереди и ближе к перикарду, чем левая. Экстраплевральный жир вблизи перикарда распространяется в нижний край междолевой щели, что

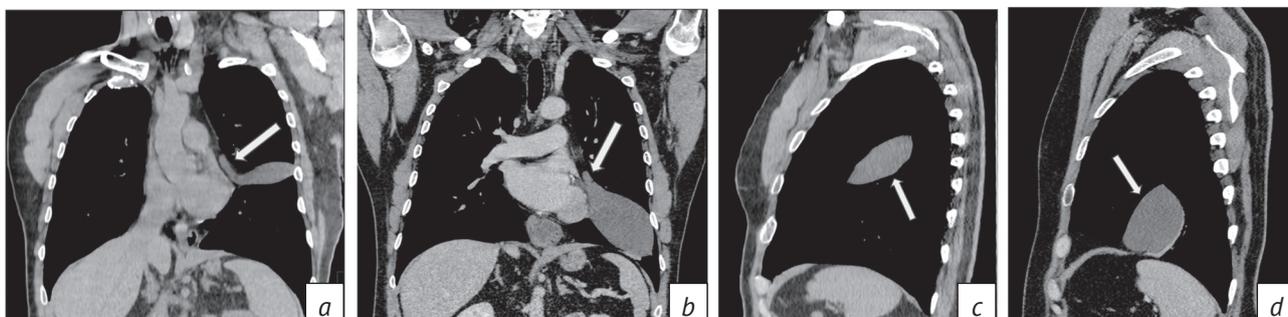


Рис. 3. МСКТ органов грудной полости в мягкотканном окне, сравнение данных 2019 и 2024 гг.

a, b – фронтальный срез, связь кисты с листками перикарда (стрелки); *c, d* – сагиттальный срез, миграция и изменение формы кисты перикарда по ходу косой междолевой щели (стрелки)

Fig. 3. Chest MSCT scans, soft tissue window, comparison of data from 2019 and 2024:

a, b – frontal plane, the cyst is connected with the pericardial layers (arrows); *c, d* – sagittal plane, migration and shape change of the pericardial cyst along the left major fissure (arrows)

делает эту область более доступной для формирования миграции. Однако у нашего пациента наблюдалась левосторонняя локализация миграции перикардиальной кисты.

Клинические проявления

У части пациентов перикардиальные кисты могут проявляться дискомфортом или болями в грудной клетке, одышкой и кашлем, а также болями в эпигастральной области и дисфагией [8].

Несмотря на то что кисты перикарда чаще всего протекают бессимптомно, в литературе описаны случаи осложнений, таких как разрыв кисты, эрозия прилежащих структур (стенки правого желудочка, верхней полой вены), аритмия и фибрилляция предсердий. В анамнезе нашего пациента были проведены радиочастотная абляция типичного трепетания предсердий в декабре 2023 г. и криобаллонная абляция устьев легочных вен в феврале 2024 г.

Описаны также случаи компрессии правого главного бронха и тампонады сердца вследствие спонтанного кровоизлияния в кисте [8]. Т. Sasaki et al. [9] представили пример дивертикула перикарда, ставшего причиной острого перикардита с тампонадой сердца. По данным МСКТ определялось выпячивание перикарда, сообщающееся с его полостью, с утолщенными стенками, накапливающими контрастное вещество, а также наличие избыточного количества жидкости в полости перикарда. После антибиотикотерапии при повторном КТ-исследовании выпячивание стенки перикарда исчезло, уменьшилось количество свободной жидкости в полости перикарда и стенки больше не накапливали контрастное вещество. Авторы предположили, что приобретенный дивертикул сформировался вследствие увеличения давления в полости перикарда из-за скопления избыточной жидкости. Формирование грыжевых выпячиваний в слабых местах в области крупных сосудов и их исчезновение обусловлены снижением давления в связи с уменьшением количества жидкости.

В редких случаях перикардиальные кисты на ножке могут перекручиваться, вызывая сильную боль [10]. Кроме того, есть пример выявления кисты перикарда у пациентки на хроническом гемодиализе после перенесенного перикардита и гидроторакса [7].

Имеются сообщения о спонтанном исчезновении или разрешении кист перикарда после их обнаружения. Наиболее обоснованной гипотезой самопроизвольного исчезновения кист является разрыв кисты в плевральную полость [11, 12].

Рентгенологические проявления

Более 50% всех перикардиальных кист являются бессимптомными и обнаруживаются случайно

при рентгенологических обследованиях, проводимых по поводу других патологических состояний.

МСКТ считается методом выбора, поскольку обеспечивает детальную оценку анатомических структур перикарда, наличия выпота, утолщения листков перикарда, а также наличия или отсутствия перикардиальных образований или врожденных аномалий. Это, в свою очередь, помогает врачам клинических специальностей принимать обоснованные решения о необходимости хирургического вмешательства [3].

Неточности в диагностике могут возникать, если киста расположена в нетипичном месте или имеет высокое содержание белка [13]. Знание нормального анатомического расположения синусов и карманов перикарда поможет избежать ошибок в интерпретации исследований. Синусы перикарда представляют собой жидкостные скопления вокруг крупных сосудов и легочных вен, называемые косым и поперечным синусами, с продолжениями поперечного синуса в виде карманов – верхним и нижним аортальными карманами [14]. Особенно важно учитывать анатомические особенности верхнего аортального кармана (передней и задней его частей) при высоком его расположении, поскольку его можно ошибочно принять за кисту средостения или лимфаденопатию. Дополнительные карманы, такие как посткавальный и карманы правой и левой легочных вен, имеют малые размеры и редко принимаются за патологию [15].

МСКТ и магнитно-резонансная томография (МРТ) являются ценными методами визуализации, позволяющими получить информацию о плотности и структуре образования, его анатомическом расположении и взаимосвязи с окружающими тканями и органами (см. табл.). По данным МСКТ и МРТ, перикардиальные кисты имеют четкие ровные контуры и разнообразную форму, которая зависит от их локализации. Они характеризуются однородной жидкостной плотностью, тонкими стенками и не накапливают контрастное вещество [16, 17].

В нашем случае использовались методы МСКТ и гистологического исследования, что позволило подтвердить диагноз. Гистологическая верификация играет ключевую роль в установлении окончательного диагноза [5].

Лечение и прогноз

Подход к лечению зависит от наличия жалоб и симптомов у пациента, а также размеров и локализации кисты и ее взаимодействия с окружающими органами и тканями. Пациентам с симптомами и компрессией прилежащих органов и структур рекомендуется удаление кисты, тогда как при бессимптомном течении и малых размерах образования возможно динамическое наблюдение.

Особенности визуализации кист перикарда различными диагностическими методами, их преимущества и недостатки (адаптировано по [3])

Features of pericardial cyst imaging using various diagnostic methods, their advantages and disadvantages (adapted from [3])

Метод / Method	Особенности / Features	Преимущества / Advantages	Недостатки / Disadvantages
Рентгенография / Chest X-ray	Четко очерченная тень высокой интенсивности, которая граничит с диафрагмой, тенью сердца и грудной стенкой / A clearly defined high intensity shadow that borders diaphragm, heart shadow and chest wall	Четкое изображение, короткое время проведения исследования / Clear image, short study time	Лучевая нагрузка, ограничение визуализации / Radiation load, limited visualization
МСКТ / MSCT	Округлое или овоидное тонкостенное, четко отграниченное образование без перегородок и солидного компонента, не накапливающее контрастное вещество, плотностью от 0 до +20 HU / A rounded or ovoid thin-walled, clearly delimited mass without septa and solid component that does not accumulate contrast agent, with a density from 0 to +20 HU	Четкое изображение, короткое время проведения исследования, анатомическая оценка структур / Clear image, short study time, anatomical assessment of structures	Лучевая нагрузка, ошибки при изменении плотности (повышение белка) – кровь, воспаление / Radiation load, errors in density changes (increased protein) – blood, inflammation
MPT / MRI	Округлое или овоидное тонкостенное, четко отграниченное образование без перегородок и солидного компонента с изогипоинтенсивным сигналом на T1-ВИ и гиперинтенсивным сигналом на T2-ВИ, не накапливающее контрастное вещество / A rounded or ovoid thin-walled, clearly delimited mass without septa and solid component, with isohypointensive T1WI signal and hyperintensive T2WI signal, which does not accumulate contrast agent	Отсутствие ионизирующего излучения, отличная визуализация структуры мягких тканей, анатомическая оценка / No ionizing radiation, excellent visualization of soft tissue structure, anatomical assessment	Длительное время проведения исследования, изменение сигнала при повышении содержания белка в кисте / A long study time, a change in the signal with an increase in cyst protein content
ЭхоКГ / EchoCG	Однородная эхогенная масса с незначительным затуханием сигнала через структуру, заполненную жидкостью с низкой плотностью. Имеется эхогенное свободное пространство, указывающее на отграничение кисты от полостей сердца. При доплерографии отсутствует сосудистый кровоток / A homogeneous echogenic mass with slight signal attenuation through a structure filled with low-density liquid. There is an echogenic free space indicating that the cyst is separated from heart cavities. There is no vascular blood flow during dopplerography	Безопасность, динамический контроль наблюдений, возможность выполнения исследования у пациентов в тяжелом состоянии, низкая стоимость / Safety, dynamic monitoring of observations, possibility to examine patients in serious condition, low cost	Ограниченное поле визуализации, технические трудности при ожирении, операторозависимый метод / Limited field of visualization, technical difficulties in obesity, operator-dependent method

Примечание. МСКТ – мультисрезовая компьютерная томография; MPT – магнитно-резонансная томография; ЭхоКГ – эхокардиография; ВИ – взвешенное изображение.

Note. MSCT – multislice computed tomography; MRI – magnetic resonance imaging; EchoCG – echocardiography; WI – weighted image.

В нашем случае была выполнена ВАТС как малоинвазивный эффективный хирургический метод лечения [5]. По сравнению с традиционной хирургической резекцией ВАТС сопровождается меньшей травматичностью и более ранним послеоперационным периодом восстановления [2].

Заключение / Conclusion

Представлен клинический случай с редким рентгенологическим симптомом миграции пе-

рикардиальной кисты, которая изначально была ошибочно интерпретирована как осумкованный междолевой плеврит. Если по данным МСКТ по ходу междолевой щели обнаруживается жидкостное образование, исходящее из листков перикарда, необходимо рассмотреть возможность получения дополнительных КТ-сканов с изменением положения тела пациента для исключения миграции кисты. Знание данного феномена поможет своевременно выявить эту патологию и дифференцировать ее с другими изменениями.

Литература [References]

1. Noori MAM, Mohammadian M, Saeed H, et al. Pericardial cyst, a rare incidental finding in an uncommon location: a case report. *Cureus*. 2022; 14(6): e26037. <https://doi.org/10.7759/cureus.26037>.
2. Parmar YJ, Shah AB, Poon M, Kronzon I. Congenital abnormalities of the pericardium. *Cardiol Clin*. 2017; 35(4): 601–14. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2017.07.012>.
3. Kar SK, Ganguly T. Current concepts of diagnosis and management of pericardial cysts. *Indian Heart J*. 2017; 69(3): 364–70. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2017.02.021>.
4. Schweigert M, Dubecz A, Beron M, et al. The tale of spring water cysts: a historical outline of surgery for congenital pericardial diverticula and cysts. *Tex Heart Inst J*. 2012; 39(3): 330–4.
5. Al Khalifa AR, Al Khalifa A. Large pericardial cyst mimicking recurrent unilateral pleural effusion on ct scan: a case report and literature review. *Cureus*. 2023; 15(10): e47735. <https://doi.org/10.7759/cureus.47735>.
6. Pugliatti P, Donato R, Crea P, et al. Image diagnosis: pericardial cyst in a dialysis patient. *J Cardiovasc Ultrasound*. 2016; 24(2): 177–8. <https://doi.org/10.4250/jcu.2016.24.2.177>.
7. Ha CJ, Maldjian PD. Migrating pericardial cyst mimicking a pleural pseudotumor. *J Clin Imaging Sci*. 2020; 10: 32. https://doi.org/10.25259/JCIS_59_2020.
8. Tower-Rader A, Kwon D. Pericardial masses, cysts and diverticula: a comprehensive review using multimodality imaging. *Prog Cardiovasc Dis*. 2017; 59(4): 389–97. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2016.12.011>.
9. Sasaki T, Mitani Y, Kurosawa T, et al. Acute pericardial diverticulum caused by pericarditis treated with drainage of pericardial effusion. *J Cardiol Cases*. 2019; 19(6): 204–6. <https://doi.org/10.1016/j.jccase.2019.02.008>.
10. Cramer JA, Mann H, Layfield LJ. AIRP best cases in radiologic-pathologic correlation: migrating pericardial cyst. *RadioGraphics*. 2014; 34: 373–6. <https://doi.org/10.4250/jcu.2016.24.2.177>.
11. Moffa AP, Stoppino LP, Loizzi D, Milillo P. Spontaneous disappearance of a pericardial cyst: case report and literature review. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018; 51(1): 72–5. <https://doi.org/10.5090/kjtcs.2018.51.1.72>.
12. Suthar PP, Kounsai A, Chhetri L, et al. Pericardial cyst at an unusual location: the role of CT imaging. *Cureus*. 2023; 15(7): e42403. <https://doi.org/10.7759/cureus.42403>.
13. Hayase J, Mori S, Shivkumar K, Bradfield JS. Anatomy of the pericardial space. *Card Electrophysiol Clin*. 2020; 12(3): 265–70. <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2020.04.003>.
14. Hoit BD. Anatomy and physiology of the pericardium. *Cardiol Clin*. 2017; 35(4): 481–90. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2017.07.002>.
15. Kligerman S. Imaging of pericardial disease. *Radiol Clin North Am*. 2019; 57(1): 179–99. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2018.09.001>.
16. Cakir O, Sade R, Alper F. Radiological imaging of pericardial hydatid cyst. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2021; 54: e0753-2020. <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0753-2020>.
17. Nalladaru Z, Mbahi M, Wessels A. Epidermoid cyst – a rare mediastinal mass. *Indian J Surg*. 2015; 77(1): 19–20. <https://doi.org/10.1007/s12262-014-1050-5>.



Результаты применения различных методов реперфузии головного мозга у пациентов с острым ишемическим инсультом

Хадисова А.Г.¹, Захматова Т.В.^{1,2}, Сергеева Т.В.^{3,4}

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, ул. Кирочная, 41, Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

² ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России, ул. Аккуратова, 2, Санкт-Петербург, 197349, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России,

ул. Литовская, 2Е, Санкт-Петербург, 194100, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Университетская наб., 7-9, Санкт-Петербург, 199034, Российская Федерация

Хадисова Амина Гаджиевна, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России; <http://orcid.org/0009-0002-2036-6344>

Захматова Татьяна Владимировна, д. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, доцент кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0001-8253-2382>

Сергеева Татьяна Васильевна, к. м. н., доцент кафедры медицинской реабилитации и спортивной медицины ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Минздрава России, ассистент кафедры нейрохирургии и неврологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; <http://orcid.org/0000-0003-2949-6268>

Резюме

Острый ишемический инсульт (ОИИ) занимает одно из ведущих мест в структуре инвалидности и смертности взрослого населения во всем мире, что обуславливает значительное социальное и экономическое бремя данной патологии. Последние достижения в диагностике и лечении ОИИ позволили существенно снизить летальность и улучшить функциональные исходы у пациентов. Однако сохраняются категории больных с неудовлетворительными результатами и осложнениями реперфузионной терапии, летальность в которых может превышать общий показатель. До настоящего времени остаются спорными аспекты определения показаний и выбора предпочтительного метода лечения церебральной реперфузии. В представленных клинических наблюдениях рассмотрены результаты применения тромболитической терапии и тромбэкстракции у пациентов разных возрастных групп при ОИИ. Отмечено большое значение различных методов нейровизуализации (мультисрезовой компьютерной томографии, компьютерной ангиографии, ультразвукового дуплексного сканирования экстракраниальных и интракраниальных артерий) для своевременного установления диагноза и определения оптимальной тактики ревазуляризации.

Ключевые слова: острый ишемический инсульт; ОИИ; тромболитическая терапия; тромбэкстракция; мультисрезовая компьютерная томография; МСКТ; компьютерная ангиография; дуплексное сканирование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Хадисова А.Г., Захматова Т.В., Сергеева Т.В. Результаты применения различных методов реперфузии головного мозга у пациентов с острым ишемическим инсультом. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(3): 170–180. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-170-180>

Для корреспонденции: Захматова Татьяна Владимировна, E-mail: tvzakh@mail.ru

Статья поступила 27.02.2024

После доработки 21.03.2024

Принята к печати 09.07.2024

Results of Using Different Brain Reperfusion Methods in Patients with Acute Ischemic Stroke

Amina G. Khadisova¹, Tatiana V. Zakhmatova^{1,2}, Tatyana V. Sergeeva^{3,4}

¹ Mechnikov North-Western State Medical University,
ul. Kirochnaya, 41, Saint Petersburg, 191015, Russian Federation

² Almazov National Medical Research Centre,
ul. Akkuratova, 2, Saint Petersburg, 197349, Russian Federation

³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University,
ul. Litovskaya, 2E, Saint Petersburg, 194100, Russian Federation

⁴ Saint Petersburg State University,
Universitetskaya naberezhnaya, 7-9, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation

Amina G. Khadisova, Postgraduate, Chair of Radiation Diagnostics, Mechnikov North-Western State Medical University;
<http://orcid.org/0009-0002-2036-6344>

Tatiana V. Zakhmatova, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Radiation Diagnostics, Mechnikov North-Western State Medical University; Associate Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Medical Imaging with a Clinic, Almazov National Medical Research Centre;
<http://orcid.org/0000-0001-8253-2382>

Tatyana V. Sergeeva, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Medical Rehabilitation and Sports Medicine, Saint Petersburg State Pediatric Medical University; Assistant Professor, Chair of Neurosurgery and Neurology, Saint Petersburg State University;
<http://orcid.org/0000-0003-2949-6268>

Abstract

Acute ischemic stroke (AIS) occupies one of the leading places in the structure of disability and mortality in adult population throughout the world, which causes a significant social and economic burden of this pathology. Recent advances in AIS diagnosis and treatment have significantly reduced mortality and improved functional outcomes in patients. However, categories of patients with unsatisfactory results and complications of reperfusion therapy still remain. In some of them, mortality may exceed the overall rate. To this day, there are controversial aspects in determining indications and choosing the preferred method of cerebral reperfusion. The presented cases describe the results of using thrombolytic therapy and thromboextraction in AIS patients of different age groups. The importance of various neuroimaging methods (multislice computed tomography, computed angiography, duplex ultrasound of extra- and intracranial arteries) for timely diagnosis and determination of optimal revascularization tactics was noted.

Keywords: acute ischemic stroke; AIS; thrombolytic therapy; thromboextraction; multislice computed tomography; MSCT; computed angiography; duplex ultrasound.

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

For citation: Khadisova AG, Zakhmatova TV, Sergeeva TV. Results of using different brain reperfusion methods in patients with acute ischemic stroke. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(3): 170–180 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-3-170-180>

For corresponding: Tatiana V. Zakhmatova, E-mail: tvzakh@mail.ru

Received February 27, 2024

Revised March 21, 2024

Accepted July 9, 2024

Введение / Introduction

Острые нарушения мозгового кровообращения остаются одной из ведущих причин смертности и инвалидизации пациентов как в Российской Федерации, так и во всем мире. Доля острого ишемического инсульта (ОИИ) составляет более 60% среди всех известных подтипов. Последние достижения в диагностике и лечении ОИИ позволили существенно (в 2 раза) снизить летальность и улучшить функциональные исходы у пациентов. Однако сохраняются категории больных с неудовлетворительными результатами реперфузионной терапии, а также ее осложнениями. В некоторых категориях

таких пациентов летальность может превышать общий показатель (до 44%) [1].

Оказание эффективной помощи пациентам с ОИИ основано на своевременном применении реперфузионной терапии. Для этого очевидна необходимость раннего распознавания симптомов, корректной сортировки в ближайший сосудистый центр, а также эффективной диагностики. Целью лечения является достижение реканализации и реперфузии ишемизированной области с помощью внутривенного тромболитика и/или эндоваскулярной тромбэкстракции (ТЭ) у соответствующим образом отобранных пациентов. Успешность

применения любого метода реваскуляризации непосредственно зависит от длительности так называемого терапевтического окна. Для тщательного мониторинга раннего неврологического ухудшения и предотвращения вторичных осложнений необходимо использование наиболее точных современных методов нейровизуализации.

В настоящее время достигнут значительный прогресс в области реперфузионной терапии. Системная тромболитическая терапия (ТЛТ) с применением рекомбинантного тканевого активатора плазминогена (recombinant tissue plasminogen activator, rt-PA) алтеплазы стала возможной более 30 лет назад благодаря внедрению в клиническую практику мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ), позволяющей диагностировать характер инсульта.

В ходе многоцентрового рандомизированного плацебо-контролируемого исследования NINDS была впервые доказана безопасность и эффективность системной ТЛТ с использованием rt-PA в первые 3 ч от начала развития заболевания [2]. Ряд последующих исследований продемонстрировал противоречивые результаты введения разных доз rt-PA на более поздних сроках: в исследованиях ECASS I, ECASS II, ATLANTIS (A и B), IST III эффективность ТЛТ не была подтверждена по сравнению с группой плацебо [3–6], тогда как данные ECASS III по безопасности и эффективности системной ТЛТ в первые 4,5 ч после появления симптомов послужили поводом к пересмотру европейских, американских и российских рекомендаций по лечению ОИИ и увеличению длительности терапевтического окна [7]. Таким образом, информация об эффективности и безопасности применения системной ТЛТ содержится лишь в двух исследованиях (NINDS и ECASS III).

Большинство экспертов сходятся во мнении, что эффективность ТЛТ обеспечивается тщательным отбором пациентов и зависит не только от времени начала лечения, но и от наличия и размеров области головного мозга с потенциально обратимыми изменениями, особенностей системной и локальной гемодинамики, состояния системы гемостаза, чувствительности вещества головного мозга к ишемии, степени повреждения гематоэнцефалического барьера.

Относительно возраста пациентов, которые могут являться кандидатами для применения системной ТЛТ, в литературе также отсутствует консенсус. Согласно инструкции к препарату алтеплаза не следует проводить ТЛТ лицам моложе 18 лет, а у пациентов старше 80 лет необходимо применять ее с особой осторожностью. В последней группе не отмечено существенного увеличения частоты геморрагических осложнений наряду с более высокими показателями летальности и инвалидизации,

что связывают с независимым влиянием возраста на функциональный исход и риск смерти от ОИИ [8].

В представленных клинических наблюдениях рассмотрены результаты применения ТЛТ и ТЭ у пациентов с ОИИ разных возрастных групп. На проведение исследований и публикацию результатов получены добровольные информированные согласия пациентов, а также разрешение локального этического комитета ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России (протокол от 2 октября 2019 г. № 9).

Описание случаев / Case reports

Случай 1

Пациентка К., 67 лет, поступила экстренно с жалобами на нарушение речи, слабость в правых конечностях. Из анамнеза известно, что больная страдает сахарным диабетом, гипертонической болезнью 3-й степени. На момент поступления общее состояние пациентки тяжелое, сознание ясное, артериальное давление 160/100 мм рт. ст. В неврологическом статусе отмечены дизартрия, сглаженность правой носогубной складки, девиация языка вправо, правосторонний гемипарез (3 балла) и правосторонняя гемигипестезия, патологические рефлексии справа. Степень неврологического дефицита по шкале инсульта Национальных институтов здоровья (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS) оценена как средняя (11 баллов).

Пациентка госпитализирована в отделение реанимации и интенсивной терапии с диагнозом: цереброваскулярная болезнь, острое нарушение мозгового кровообращения в бассейне левой средней мозговой артерии (СМА) по ишемическому типу. Время от начала появления симптомов до помещения в отделение реанимации составило 3 ч.

По данным лабораторных исследований липидный профиль характеризовался гиперхолестеринемией (увеличение уровня общего холестерина до 6,79 ммоль/л) при сохранении в пределах нормативных значений концентрации холестерина высокой и низкой плотности, отмечена гипергликемия (уровень глюкозы натощак 7,5 ммоль/л).

По результатам МСКТ головного мозга (рис. 1, а) зон снижения денситометрической плотности головного мозга и признаков кровоизлияния не выявлено – 10 баллов по шкале программы университета Альберты для оценки ранних КТ-изменений при инсульте (Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECTS).

При проведении компьютерной ангиографии (КТА) сосудов головы и шеи дефектов контрастирования общих и внутренних сонных артерий, СМА (включая сегменты М1–М3), передних и задних мозговых артерий с двух сторон не обнаружено. При-

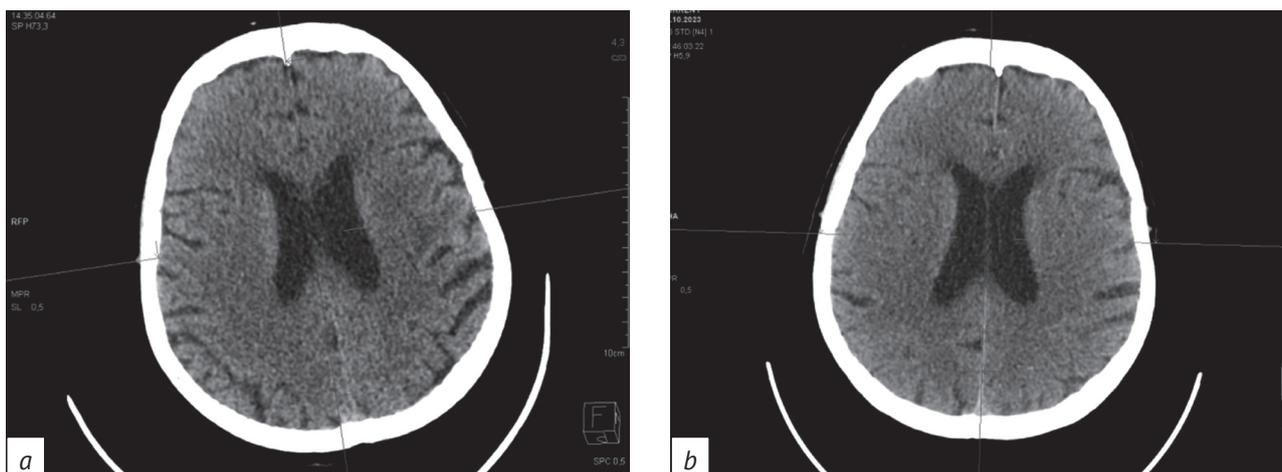


Рис. 1. Результаты мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) головного мозга пациентки К. без контрастного усиления в аксиальной проекции: зон снижения денситометрической плотности мозга при поступлении в стационар (а) и после проведения тромболитической терапии (б) не выявлено

Fig. 1. Axial non-contrast brain multislice computed tomography (MSCT) of Patient K.: no areas of densitometric density decrease upon admission to the hospital (a) and after thrombolytic therapy (b)

знаков стенозующих поражений позвоночных и основной артерий также не получено (рис. 2).

Дуплексное сканирование (ДС) экстра- и интракраниальных артерий показало гемодинамически незначимый стеноз левой общей сонной артерии до 40% по европейскому способу измерения

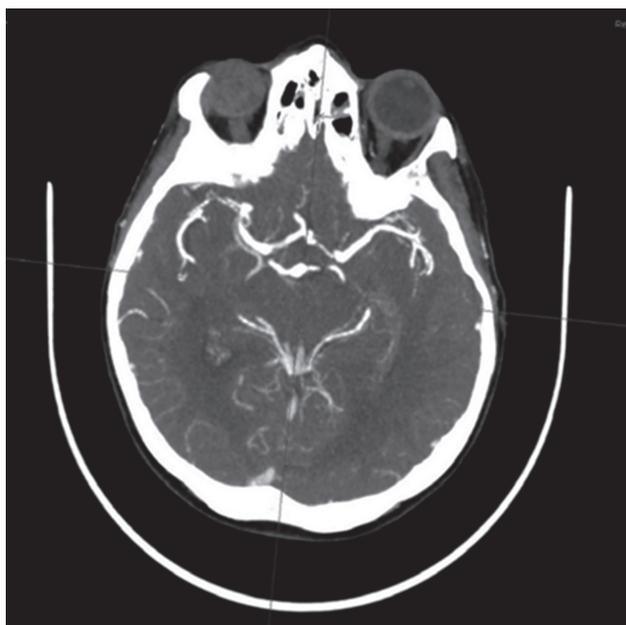


Рис. 2. Результаты компьютерной ангиографии (КТА) артерий головного мозга в аксиальной проекции пациентки К. при поступлении, артериальная фаза: дефектов контрастирования М1–М3-сегментов левой средней мозговой артерии (СМА) не выявлено

Fig. 2. Axial brain computed tomography angiography (CTA) of patient K. upon admission, arterial phase: no contrast defects in M1–M3 segments of the left middle cerebral artery (MCA)

степени стеноза (European Carotid Surgery Trial, ECST) без признаков нестабильности бляшки, снижение скоростных показателей кровотока в левой СМА (рис. 3, а).

В соответствии с рекомендациями по ТЛТ Всероссийского общества неврологов (2015 г.) пациентке проведено лечение препаратом алтеплаза в дозировке 0,9 мг/кг массы тела (10% дозы введено в виде болюса внутривенно струйно в течение 1 мин, 90% – внутривенно капельно в течение 1 ч). Продолжительность терапевтического окна составила 3,5 ч. В связи с сохранением проходимости магистральных сосудов головы по данным КТА и ДС показаний к ТЭ у пациентки не было. После ТЛТ отмечен регресс речевых нарушений и правостороннего пареза до 4 баллов в руке и 5 баллов в ноге.

По данным МСКТ головного мозга после проведенного лечения гиподенсивные изменения в обоих полушариях головного мозга не выявлены (рис. 1, б). ДС интракраниальных артерий на 3-и сутки после ТЛТ показало, что скоростные индикаторы и индексы периферического сопротивления в левой СМА в пределах нормативных значений (рис. 3, б).

Таким образом, в результате ТЛТ, проведенной у пациентки с сопутствующей патологией в виде артериальной гипертензии, дислипидемии и сахарного диабета, с неврологическим дефицитом средней тяжести (11 баллов по NIHSS) при поступлении, удалось достичь клинического и функционального улучшения: реабилитационный потенциал по шкале реабилитационной маршрутизации (ШРМ) составил 3 балла (умеренное нарушение функций, структур и процессов жизнедеятельности), статус по NIHSS – 4 балла, по шкале Рэнкина – 3 балла.

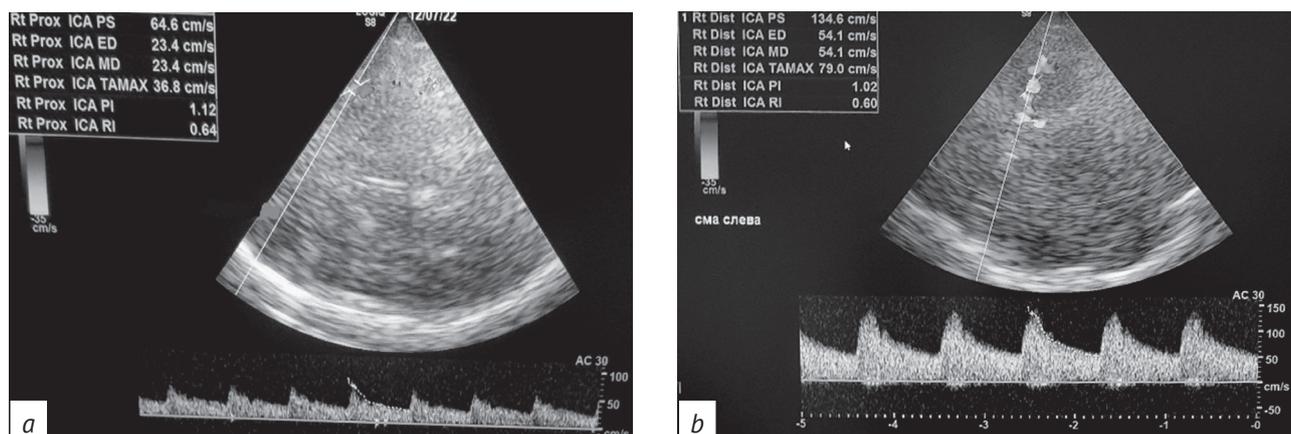


Рис. 3. Транскраниальное дуплексное сканирование (ДС) пациентки К.:

a – гипоперфузия в левой СМА в виде снижения систолической ($V_{sist} = 64,6$ см/с) и усредненной по времени максимальной ($TA_{max} = 36,8$ см/с) скоростей кровотока при поступлении в стационар; *b* – скоростные показатели в левой СМА в пределах нормативных значений ($V_{sist} = 134,6$ см/с, $TA_{max} = 79,0$ см/с) на 3-и сутки после тромболитической терапии

Fig. 3. Transcranial duplex ultrasound of patient K.:

a – hypoperfusion in the left MCA with the decrease of systolic ($V_{sist} = 64.4$ cm/s) and time-averaged maximum ($TA_{max} = 36.8$ cm/s) blood flow velocities upon admission to the hospital; *b* – blood flow velocities in the left MCA within the normative values ($V_{sist} = 134.6$ cm/s, $TA_{max} = 79$ cm/s) on the 3rd day after thrombolysis

Формирования зон ишемии головного мозга и нарушений церебральной гемодинамики при выписке не наблюдалось. Назначена программа реабилитации согласно основному и сопутствующему диагнозам.

Случай 2

Пациент Ц., 42 года, госпитализирован экстренно с жалобами на внезапную слабость в правых конечностях, нарушение речи во время нахождения за рулем автомобиля. В неврологическом статусе: моторная афазия, сглаженность правой носогубной складки, девиация языка вправо, правосторонний гемипарез (2 балла), правосторонняя гемипестезия. Градация по NIHSS составила 16 баллов. Среди сопутствующих заболеваний выявлены артериальная гипертензия 3-й степени с высоким риском сердечно-сосудистых осложнений, дислипидемия, алиментарное ожирение.

По данным *МСКТ головного мозга* (рис. 4, *a*), дифференцировка серого и белого вещества не изменена, очагов патологической плотности в веществе головного мозга не обнаружено (ASPECTS 10). При проведении *КТА сосудов головы и шеи* определена окклюзия в М1-сегменте левой СМА при сохранении контрастирования М2-сегмента и дистальных ветвей левой СМА (рис. 4, *b*). Дефектов контрастирования экстра- и интракраниальных артерий каротидного бассейна с правой стороны, вертебрально-базиллярного бассейна не выявлено.

На *ДС экстракраниальных артерий* стенотические поражения сонных и позвоночных артерий не визуализировались. При исследовании интракраниальных артерий скоростные показатели

кровотока в М1-сегменте правой СМА в пределах нормативных значений, отмечена гипоперфузия в М2-сегменте левой СМА – снижение скоростных показателей с межполушарной асимметрией кровотока 50% (рис. 5).

Среди дополнительных находок обращают на себя внимание данные чреспищеводной эхокардиографии: непостоянный сброс слева направо через межпредсердную перегородку (в области овального окна), который может служить потенциальным источником эмболии.

Учитывая высокую степень неврологического дефицита по NIHSS (16 баллов), продолжительность терапевтического окна не более 4,5 ч, данные МСКТ (ASPECTS 10) и КТА (окклюзия М1-сегмента левой СМА), принято решение о выполнении механической ТЭ из М1-сегмента левой СМА в сочетании с системной ТЛТ препаратом алтеплаза.

При проведении *рентгеноконтрастной церебральной ангиографии* подтверждена тромботическая окклюзия М1-сегмента левой СМА с контрастированием дистальных ветвей (рис. 6, *a*), выполнена однократная вакуумная тромбоаспирация. На контрольной церебральной ангиографии подтверждено полное восстановление кровотока до уровня 3 по шкале оценки полноты восстановления перфузии (thrombolysis in cerebral infarction, TICI) (рис. 6, *b*).

Таким образом, в результате своевременного сочетанного применения системной ТЛТ и ТЭ достигнуто успешное восстановление кровотока во всех сегментах левой СМА. Проведение *МСКТ головного мозга* на 3-и сутки после лечения позволило выявить зону пониженной плотности в базальных

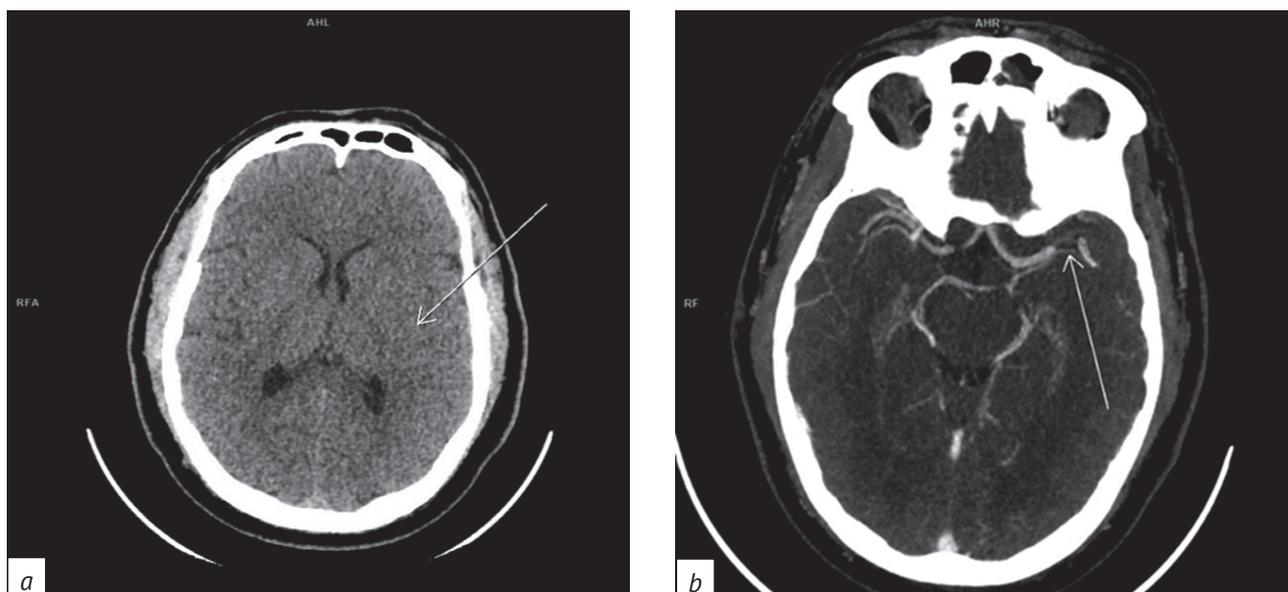


Рис. 4. Результаты визуализации головного мозга пациента Ц. при поступлении:

a – МСКТ без контрастного усиления в аксиальной проекции, зон снижения денситометрической плотности головного мозга не выявлено; *b* – КТА артерий в аксиальной проекции (артериальная фаза), окклюзия М1-сегмента левой СМА

Fig. 4. Brain imaging results of patient C. upon admission:

a – axial non-contrast MSCT, no areas of densitometric density decrease; *b* – axial CTA (arterial phase), occlusion of M1 segment of the left MCA

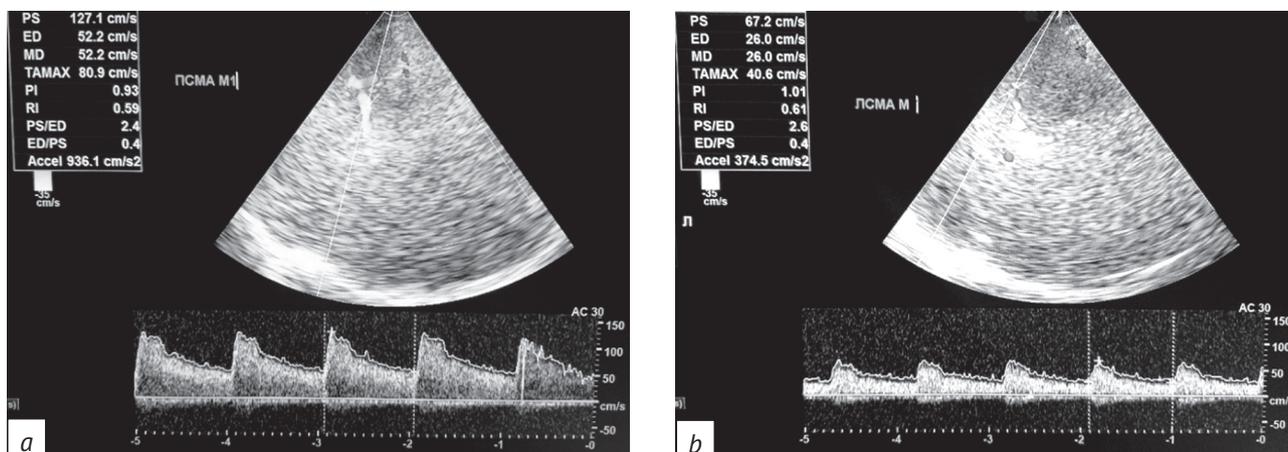


Рис. 5. Транскраниальное ДС пациента Ц. при поступлении в стационар:

a – систолическая ($V_{\text{сист}} = 127,1$ см/с) и усредненная по времени максимальная ($TA_{\text{max}} = 80,9$ см/с) скорости кровотока и индексы периферического сопротивления ($PI = 0,9$; $RI = 0,6$) в М1-сегменте правой СМА в пределах нормативных значений; *b* – гипоперфузия в М2-сегменте левой СМА в виде снижения систолической ($V_{\text{сист}} = 67,2$ см/с) и усредненной по времени максимальной ($TA_{\text{max}} = 40,6$ см/с) скоростей кровотока

Fig. 5. Transcranial duplex ultrasound of patient C. upon admission to the hospital:

a – systolic ($V_{\text{сист}} = 127.1$ cm/s) and time-averaged maximum ($TA_{\text{max}} = 80.9$ cm/s) blood flow velocities and peripheral resistance indices ($PI = 0.9$; $RI = 0.6$) in M1 segment of the right MCA within the normative values; *b* – hypoperfusion in M2 segment of the left MCA with the decrease of systolic ($V_{\text{сист}} = 67.2$ cm/s) and time-averaged maximum ($TA_{\text{max}} = 40.6$ cm/s) blood flow velocities

ядрах слева (от +21 до +23 HU) без четких контуров, размерами 16×10 мм, что свидетельствует о формировании участка ишемии в бассейне левой СМА (рис. 7, а). При ДС интракраниальных артерий на 3-и сутки после лечения наблюдался синдром гиперперфузии с ускорением скоростных показате-

лей в СМА слева, индексы периферического сопротивления сохранялись в пределах нормативных значений (рис. 7, б).

После сочетанного применения ТЛТ и ТЭ отмечены регресс неврологической симптоматики и хорошее функциональное восстановление: при

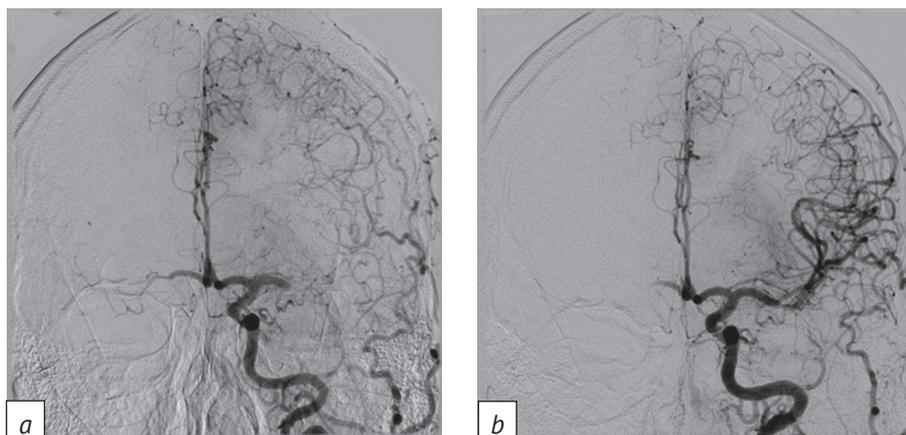


Рис. 6. Рентгенконтрастная церебральная ангиография пациента Ц., артериальная фаза: *a* – окклюзия М1-сегмента левой СМА с контрастированием дистальных ветвей; *b* – антеградная реперфузия М1-сегмента левой СМА после выполнения тромбoаспирации

Fig. 6. Cerebral angiography of patient C., arterial phase: *a* – occlusion of M1 segment of the left MCA with distal branches contrasting; *b* – antegrade reperfusion of M1 segment of the left MCA after thromboaspiration

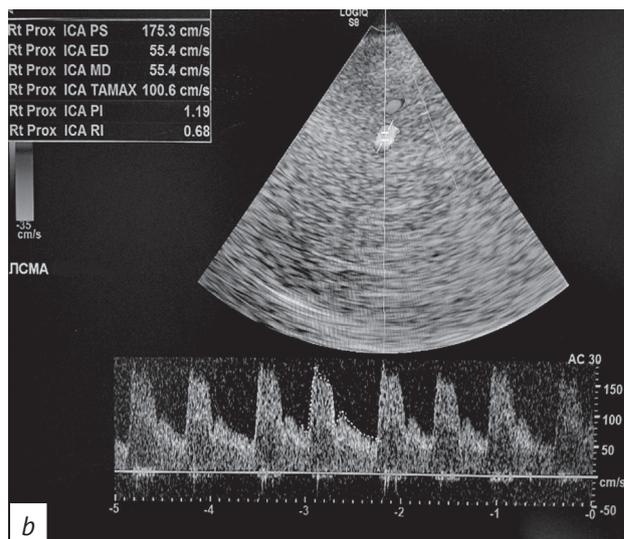
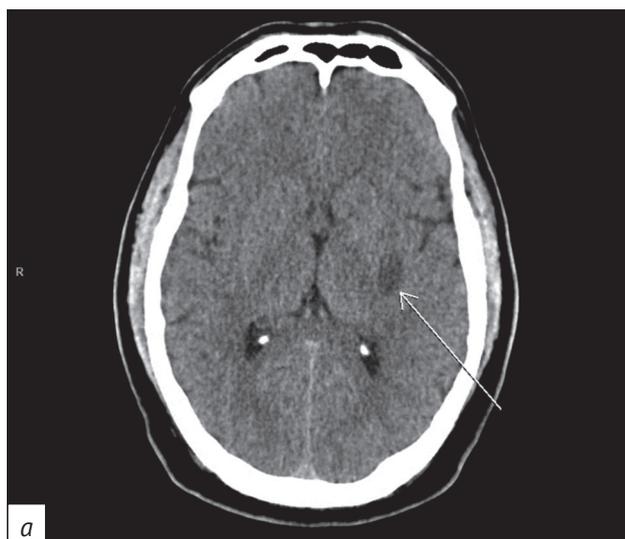


Рис. 7. Результаты визуализации головного мозга пациента Ц. на 3-и сутки после лечения:

a – МСКТ без контрастного усиления в аксиальной проекции, зона пониженной плотности (от +21 до +23 HU) в бассейне левой СМА размерами 16×10 мм; *b* – транскраниальное ДС, синдром гиперперфузии в виде ускорения систолической ($V_{sist} = 175,3$ см/с) и усредненной по времени максимальной ($TA_{max} = 100,6$ см/с) скоростей кровотока в левой СМА

Fig. 7. Brain imaging results of patient C. on the 3rd day after treatment:

a – axial non-contrast MSCT, a zone of reduced density (from +21 to +23 HU) 16×10 mm in size in the territory of the left MCA; *b* – transcranial duplex ultrasound, hyperperfusion syndrome with the acceleration of systolic ($V_{sist} = 175.3$ cm/s) and time-averaged maximum ($TA_{max} = 100.6$ cm/s) blood flow velocities in the left MCA

выписке на 14-й день госпитализации балл по NIHSS составил 1, функциональный статус по шкале Рэнкина – 1, реабилитационный потенциал по ШРМ оценен в 0 баллов (как отсутствие нарушений функций, структур), жизнедеятельность сохранена полностью.

Случай 3

Пациентка Н., 73 года, поступила экстренно через 6,5 ч от момента появления жалоб на слабость в левых конечностях. При поступлении больная в состоянии умеренного оглушения (по шкале комы Глазго 14–13 баллов), оценка по шкале Рэнкина – 5 баллов, NIHSS – 12 баллов. В неврологическом статусе: дизартрия, сглаженность левой носогубной складки, левосторонний гемипарез (3 балла), на-

рушение функции тазовых органов. Артериальное давление при поступлении 170/100 мм рт. ст.

Среди сопутствующих заболеваний отмечены фибрилляция предсердий (пароксизм неизвестной давности), гипертоническая болезнь 3-й степени, риск сердечно-сосудистых осложнений 4-й степени, ишемическая болезнь сердца, хроническая сердечная недостаточность (II функциональный класс по шкале Нью-Йоркской ассоциации сердца (New York Heart Association, NYHA)), сахарный диабет 2-го типа, компенсированный приемом пероральных сахароснижающих препаратов. По данным лабораторных исследований отмечены дислипидемия и гипергликемия (6,8 ммоль/л).

При МСКТ головного мозга (рис. 8, а) выявлены признаки острого нарушения мозгового кровообра-

щения в бассейне правой СМА – снижение денситометрической плотности в правой лобной доле до +22 HU (ASPECTS 8). По данным ДС экстракраниальных артерий установлено наличие атеросклеротической бляшки в области синуса правой внутренней сонной артерии со стенозом не более 50% (по ECST), при исследовании интракраниальных артерий – отсутствие кровотока в правой СМА при цветовом доплеровском картировании и в импульсно-волновом доплеровском режиме (рис. 8, b).

При проведении КТА сосудов головы и шеи выявлена тромботическая окклюзия М1-сегмента правой СМА, гемодинамически значимых стенозов и окклюзий других артерий не отмечено (рис. 9).

Перфузионная КТ головного мозга и построение карт перфузии головного мозга показали снижение патологического времени прибытия контраста (mean transit time, МТТ) и времени достижения пика перфузии (time to peak, ТТР) правой гемисферы, уменьшение скорости (cerebral blood flow, СBF) и объема (cerebral blood volume, СBV) мозгового кровотока (рис. 10).

В связи с превышением установленного рекомендациями времени от начала неврологической симптоматики (более 4,5 ч) ТЛТ была противопоказана, поэтому совместно с рентгеноэндоваскулярными хирургами принято решение о проведении церебральной ангиографии и определении возможности выполнения ТЭ.

Учитывая наличие тромбоза правой СМА по данным МСКТ и ДС, сохранение зоны пенумбра по результатам перфузионной КТ, неврологический дефицит по NIHSS 12 баллов, наличие противопо-

казаний к проведению ТЛТ, принято решение о выполнении механической ТЭ из правой СМА. При контрольной рентгеноконтрастной церебральной ангиографии после эндоваскулярного лечения кровотока в правой СМА восстановлен на уровне ТICI 3 (рис. 11).

При проведении МСКТ головного мозга на 1-е сутки после ТЭ выявлены признаки геморрагической трансформации очага ишемии в бассейне правой СМА: гиперденсный участок (+36 HU) в области базальных ганглиев справа и гиперденсное содержание в области борозд над правой гемисферой (геморрагическое пропитывание, субарахноидальное кровоизлияние) (рис. 12, a). В динамике на 4-е сутки после ТЭ при МСКТ головного мозга сохранялись подострые (от +46 до +52 HU) сливные гематомы в области правого островка, субарахноидальное кровоизлияние над правой гемисферой толщиной до 3 мм и в глубоких отделах сильвиевой щели (плотность до +64 HU), отмечена минимальная левосторонняя латеральная дислокация (рис. 12, b).

По данным ДС интракраниальных артерий на 3-и сутки после выполнения ТЭ наблюдался синдром гиперперфузии в виде ускорения скоростных показателей в правой СМА (рис. 13).

При оценке неврологической симптоматики в динамике отмечено улучшение, получены следующие показатели: шкала комы Глазго – 5 баллов, шкала Рэнкина – 4 балла, NIHSS – 7 баллов, индекс мобильности Ривермид – 1, ШПМ – 5 баллов. Пациентка была переведена в реабилитационное отделение с целью профилактики ранних осложнений, подготовки к передвижению без посторонней

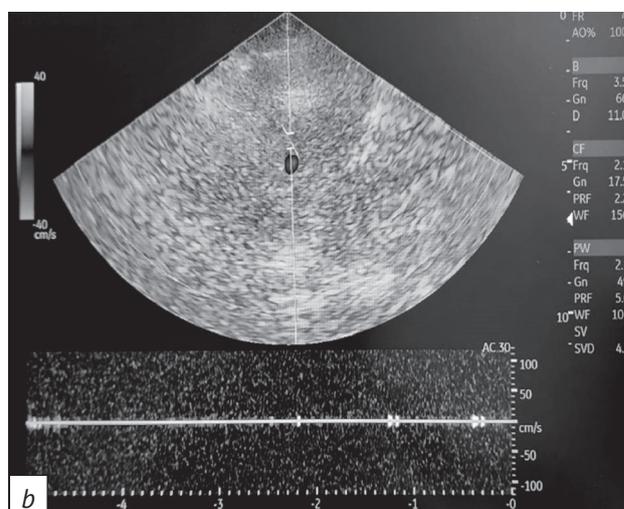
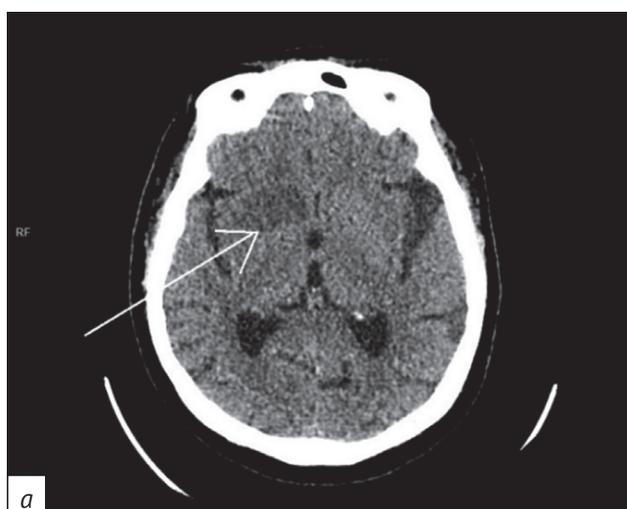


Рис. 8. Результаты визуализации головного мозга пациентки Н. при поступлении:

a – МСКТ без контрастного усиления в аксиальной проекции, снижение денситометрической плотности в правой лобной доле (+22 HU), ASPECTS 8; b – транскраниальное ДС, отсутствие кровотока в правой СМА при цветовом доплеровском картировании и в импульсно-волновом доплеровском режиме

Fig. 8. Brain imaging results of patient N. upon admission:

a – axial non-contrast MSCT, decreased densitometric density in the right frontal lobe (+22 HU), ASPECTS 8; b – transcranial duplex ultrasound, no blood flow in the right MCA in color Doppler mapping and pulsed wave Doppler mode

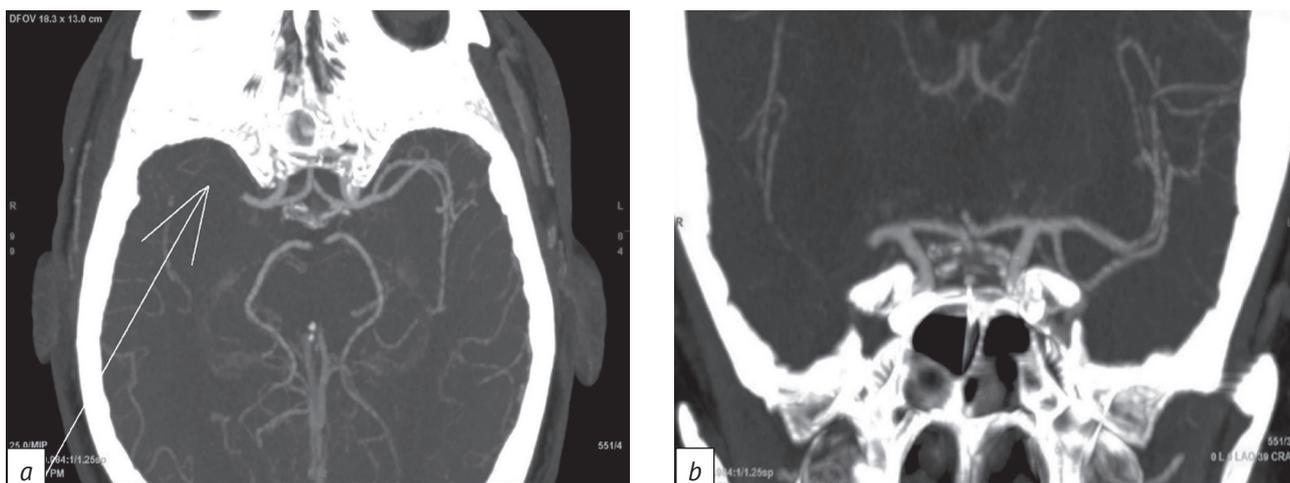


Рис. 9. КТА артерий головного мозга пациентки Н. при поступлении в аксиальной (а) и фронтальной (b) проекциях, артериальная фаза: отсутствие контрастирования (тромбоз) М1-сегмента правой СМА

Fig. 9. Axial (a) and frontal (b) CTA of patient N. upon admission, arterial phase: lack of contrast (thrombosis) of M1 segment of the right MCA

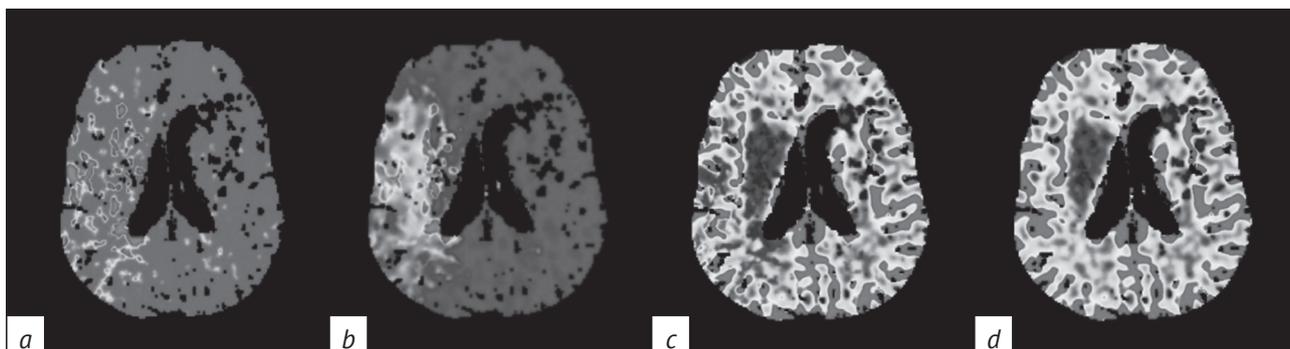


Рис. 10. Перфузионная КТ головного мозга и построение карт перфузии головного мозга пациентки Н. через 6,5 ч с момента появления неврологической симптоматики (а-д)

Fig. 10. Brain perfusion CT and perfusion maps of patient N. in 6.5 hours after the onset of neurological symptoms (a-d)

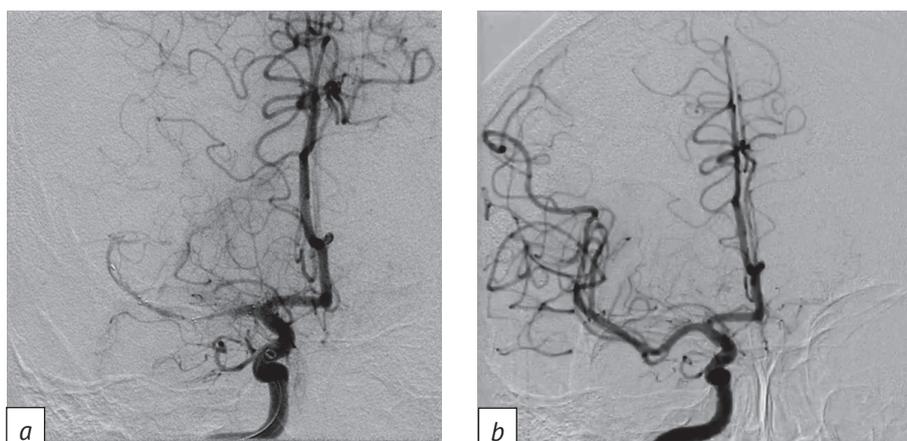


Рис. 11. Рентгеноконтрастная церебральная ангиография пациентки Н., артериальная фаза:

а – отсутствие контрастирования правой СМА до лечения; б – антеградная реперфузия правой СМА после тромбозэкстракции с восстановлением кровотока на уровне ТICI 3

Fig. 11. Cerebral angiography of patient N., arterial phase:

а – no contrast of the right MCA before treatment; б – antegrade reperfusion of the right MCA after thromboextraction with restoration of TICI 3 blood flow

помощи, расширения навыков самообслуживания и увеличения толерантности к физической нагрузке.

Обсуждение / Discussion

По данным Американской кардиологической ассоциации (American Heart Association, АНА) и Аме-

риканской ассоциации инсульта (American Stroke Association, ASA), внутривенное введение rt-PA является основным вариантом в лечении ОИИ в течение 4,5 ч с начала появления первых симптомов [9].

В первом из представленных клинических наблюдений время от начала симптомов до проведе-

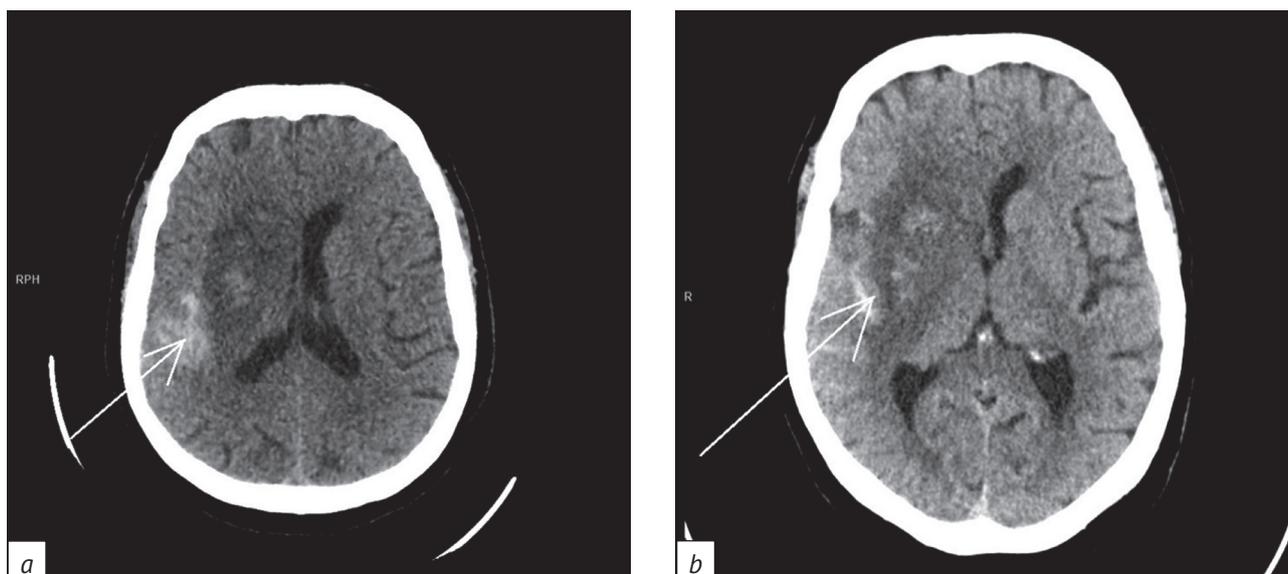


Рис. 12. МСКТ головного мозга без контрастного усиления в аксиальной проекции пациентки Н. после выполнения тромбоэкстракции: гиперденсный участок в области базальных ганглиев справа и гиперденсное содержимое в области борозд над правой гемисферой – геморрагическое пропитывание на 1-е (а) и 4-е (б) сутки после лечения

Fig. 12. Axial non-contrast brain MSCT of patient N. after thromboextraction: hyperdense area in the basal ganglia projection on the right and hyperdense area in the grooves above the right hemisphere – hemorrhagic impregnation on the 1st (a) and 4th (b) days after treatment

ния реперфузии составило 3,5 ч, что могло служить одним из наиболее значимых условий эффективности лечения. Показания к ТЛТ включают возраст пациента от 18 до 80 лет – следовательно, противопоказания по критерию возраста у пациентки К. отсутствовали. На основании исследования ECASS-3 дополнительными критериями исключения для применения внутривенной ТЛТ ранее были: возраст более 80 лет, предшествующий ишемический инсульт и сахарный диабет, прием антикоагулянтов [7]. Однако эти критерии больше не являются противопоказаниями к использованию внутривенной ТЛТ в соответствии с рекомендациями АНА/ASA 2019 [9]. Внутривенная ТЛТ эффективна у пациентов с инвалидизирующим инсультом независимо от оценки по шкале NIHSS, но не рекомендуется при инсультах, не приводящих к инвалидности, когда оценка по шкале NIHSS 5 баллов и менее [10–13]. В описываемом случае необходимость проведения ТЛТ представляется обоснованной ввиду промежуточного балла по шкале NIHSS. Показаний к проведению ТЭ не было в связи с отсутствием поражения магистральных церебральных артерий.

Использование рентгенохирургических эндоваскулярных вмешательств произвело революцию в сфере лечения ОИИ. До настоящего времени в литературе содержатся противоречивые данные о сравнительной эффективности ТЭ и системной ТЛТ [14–16]. С 2015 г. эндоваскулярная реперфузия стала стандартом лечения после того, как несколько проспективных исследований продемонстрировали ее преимущества по сравнению с медика-

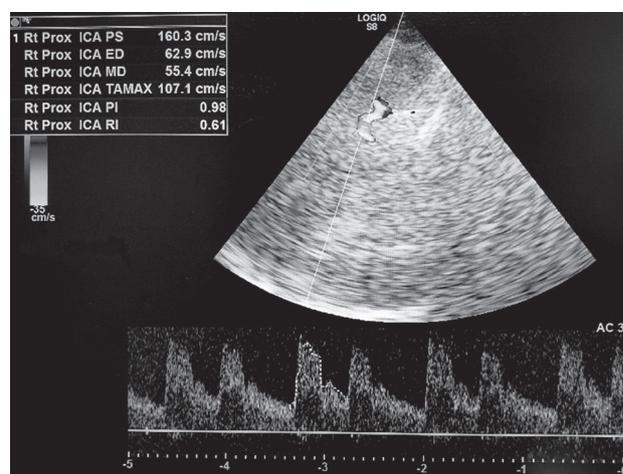


Рис. 13. Транскраниальное ДС пациентки Н. на 3-и сутки после тромбоэкстракции: синдром гиперперфузии в виде ускорения систолической ($V_{\text{сist}} = 160,3$ см/с) и усредненной по времени максимальной ($TA_{\text{max}} = 107,1$ см/с) скоростей кровотока в правой СМА

Fig. 13. Transcranial duplex ultrasound of patient N. on the 3rd day after thromboextraction: hyperperfusion syndrome with the acceleration of systolic ($V_{\text{sist}} = 160.3$ cm/s) and time-averaged maximum ($TA_{\text{max}} = 107.1$ cm/s) blood flow velocities in the right MCA

ментозным лечением у отдельных пациентов с ОИИ [15, 16]. Метаанализ HERMES, который включал исследования MR CLEAN, ESCAPE, REVASCAT, SWIFT PRIME и EXTEND IA, показал, что эндоваскулярные вмешательства эффективны у больных с ОИИ в результате окклюзии проксимального отдела артерии в каротидном бассейне [16].

В исследовании DAWN [17] пациентов отбирали для эндоваскулярных вмешательств на основании наличия жизнеспособной ткани головного мозга по данным МСКТ и признаков клинического несоответствия тяжести неврологического дефицита и объема пораженного инфарктом мозга. В экспериментальной группе проводили ТЭ и стандартную медикаментозную терапию, в то время как в контрольной группе – только стандартное медикаментозное лечение. Частота реканализации через 24 ч составила 77% в экспериментальной группе по сравнению с 39% в контрольной группе. При этом не было отмечено существенной разницы между группами в отношении геморрагической трансформации (6% и 3% соответственно; $p=0,50$) или смертности (19% и 18% соответственно; $p=1,00$) [17].

Представленные клинические наблюдения подтверждают литературные данные о высокой эффективности ТЭ, в т.ч. в сочетании с ТЛТ (случай 2), у пациентов с тромбозом крупной артерии каротидного бассейна и при наличии высокого сердечно-сосудистого риска (случай 3).

Заключение / Conclusion

В рассмотренных случаях благоприятные ранние исходы ОИИ обусловлены своевременной и комплексной диагностикой патологии с помощью МСКТ, КТА и ДС интра- и экстракраниальных артерий, что позволило определить показания к проведению системной ТЛТ и ТЭ. Оценка по шкалам NIHSS, Рэнкина и ШПМ показала клиническое и функциональное улучшение у всех пациентов при выписке.

Литература [References]

1. Шамалов Н.А., Стаховская Л.В., Клочихина О.А. и др. Анализ динамики основных типов инсульта и патогенетических вариантов ишемического инсульта. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2019; 119(3): 5–10. <https://doi.org/10.17116/jnevro20191190325>. [Shamalov NA, Stakhovskaya LV, Klochikhina OA, et al. An analysis of the dynamics of the main types of stroke and pathogenetic variants of ischemic stroke. S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry. 2019; 119(3): 5–10 (in Russ). <https://doi.org/10.17116/jnevro20191190325>.]
2. The National Institute of Neurological Disorders and Stroke rt-PA Stroke Study Group. Tissue plasminogen activator for acute ischemic stroke. *N Engl J Med*. 1995; 333(24): 1581–7. <https://doi.org/10.1056/NEJM199512143332401>.
3. Hacke W, Kaste M, Fieschi C, et al. Intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator for acute hemispheric stroke. The European Cooperative Acute Stroke Study (ECASS). *JAMA*. 1995; 274(13): 1017–25.
4. Hacke W, Kaste M, Fieschi C, et al. Randomised double-blind placebo-controlled trial of thrombolytic therapy with intravenous alteplase in acute ischaemic stroke (ECASS II). Second European-Australasian Acute Stroke Study Investigators. *Lancet*. 1998; 352(9136): 1245–51. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)08020-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(98)08020-9).
5. Clark WM, Wissman S, Albers GW, et al. Recombinant tissue-type plasminogen activator (Alteplase) for ischemic stroke 3 to 5 hours after symptom onset. The ATLANTIS study: a randomized controlled trial. Alteplase Thrombolysis for Acute Noninterventional Therapy in Ischemic Stroke. *JAMA*. 1999; 282(21): 2019–26. <https://doi.org/10.1001/jama.282.21.2019>.
6. Sandercock P, Wardlaw JM, Lindley RI, et al. The benefits and harms of intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator within 6 h of acute ischaemic stroke (the third international stroke trial [IST-3]): a randomised controlled trial. *Lancet*. 2012; 379(9834): 2352–63. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60768-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60768-5).
7. Hacke W, Kaste M, Bluhmki E, et al. Thrombolysis with alteplase 3 to 4.5 hours after acute ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2008; 359(13): 1317–29. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0804656>.
8. Mateen FJ, Buchan AM, Hill MD. Outcomes of thrombolysis for acute ischemic stroke in octogenarians versus non agerarians. *Stroke*. 2010; 41(8): 1833–5. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.586438>.
9. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2019; 50(12): e344–418. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211>.
10. Lees KR, Bluhmki E, von Kummer R, et al. Time to treatment with intravenous alteplase and outcome in stroke: an updated pooled analysis of ECASS, ATLANTIS, NINDS, and EPITHET trials. *Lancet*. 2012; 375(9727): 1695–703. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60491-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60491-6).
11. Saver JL, Levine SR. Alteplase for ischaemic stroke—much sooner is much better. *Lancet*. 2010; 375(9727): 1667–8. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60634-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60634-4).
12. Hasan TF, Hasan H, Kelley RE. Overview of acute ischemic stroke evaluation and management. *Biomedicine*. 2021; 9(10): 1486. <https://doi.org/10.3390/biomedicine9101486>.
13. Hacke W, Donnan G, Fieschi C, et al. Association of outcome with early stroke treatment: pooled analysis of ATLANTIS, ECASS, and NINDS rt-PA stroke trials. *Lancet*. 2012; 363(9411): 768–74. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)15692-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)15692-4).
14. Broderick JP, Palesch YY, Demchuk AM, et al. Endovascular therapy after Intravenous t-PA versus t-PA alone for stroke. *N Engl J Med*. 2013; 368(10): 893–903. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1214300>.
15. Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke. *N Engl J Med*. 2015; 372(11): 1019–30. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1414905>.
16. Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet*. 2016; 387(10029): 1723–31. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00163-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00163-X).
17. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 hours after stroke with a mismatch between deficit and infarct. *N Engl J Med*. 2018; 378(1): 11–21. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1706442>.