

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

Вестник
Journal

рентгенологии
of Radiology

и радиологии
and Nuclear Medicine

Том
Vol.

105, №4, 2024

Вестник рентгенологии и радиологии

Рецензируемый научно-практический журнал

Том 105, № 4, 2024

Journal of Radiology and Nuclear Medicine

Peer-Reviewed Scientific and Practical Journal

Vol. 105, No. 4, 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 И.И., д. м. н., профессор, Москва, Россия

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

Journal of Radiology and Nuclear Medicine

Vestnik rentgenologii i radiologii

Peer-Reviewed Scientific and Practical Journal

Founded in 1920.

Official Journal of Russian Society of Radiology.

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

Issued bimonthly.

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

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

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

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

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

Editor-in-Chief

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

Editorial board

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

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

Оригинальные статьи

**Михайлова М.Н., Кострова О.Ю., Святочевский П.А., Меркулова Л.М.,
Стручко Г.Ю., Павлов Ю.И., Семенов А.Ю.**

Выявляемость мальформации Киари и других аномалий краниовертебрального
перехода при проведении компьютерной томографии.....186

Шкуратова Ю.Ю., Морозова Т.Г.

Особенности оценки диффузионно-взвешенных изображений и результатов
ASL-перфузии почек при остром повреждении почек.....194

Клинические случаи

Магомедова У.М., Нечаев В.А., Куликова Е.А., Юдин Л.А., Юматова Е.А.

Редкий случай рецидивирующей липосаркомы забрюшинного пространства
с метастазированием в мягкие ткани.....202

Переведенцев М.В., Подольская Е.А., Воротынцева Н.С., Кретьева Е.Н.

Сложный случай диагностики шванномы мягких тканей грудной стенки.....208

Волков А.А., Кононова А.О., Белосельский Н.Н., Прибытков Ю.Н., Прибытков А.Ю.

Опыт применения прямой магнитно-резонансной холангиографии
и фистулографии в диагностике осложнений желчнокаменной болезни
и послеоперационном лечении холедохолитиаза.....214

Обзоры

Паньшин Г.А., Нуднов Н.В.

К вопросу о применении фокусированного ультразвука высокой интенсивности
в клинической онкологии224

Original research

- Marina N. Mikhailova, Olga Yu. Kostrova, Pavel A. Svyatochevskiy, Larisa M. Merkulova, Gleb Yu. Struchko, Yuriy I. Pavlov, Aleksey Yu. Semenov**
 Detectability of Chiari Malformation and Other Craniovertebral Junction Anomalies
 Using Computed Tomography186

- Yulia Yu. Shkuratova, Tatiana G. Morozova**
 Features of Evaluating Renal Diffusion-Weighted Images and ASL-Perfusion
 Results in Acute Kidney Injury.....194

Case reports

- Umamat M. Magomedova, Valentin A. Nechaev, Evgenia A. Kulikova, Andrey L. Yudin, Elena A. Yumatova**
 A Rare Case of Recurrent Retroperitoneal Liposarcoma with Metastasis to Soft Tissues202

- Mikhail V. Perevedentsev, Elena A. Podolskaya, Natalia S. Vorotyntseva, Elena N. Kretova**
 Chest Soft Tissue Schwannoma: a Difficult Case of Diagnosis.....208

- Alexey A. Volkov, Anna O. Kononova, Nikolay N. Belosel'skiy, Yuriy N. Pribytkov, Anton Yu. Pribytkov**
 Experience in Using Direct Magnetic Resonance Cholangiography and Fistulography
 in the Diagnosis of Cholelithiasis Complications and Postoperative Treatment
 for Choledocholithiasis.....214

Reviews

- Georgiy A. Pan'shin, Nikolay V. Nudnov**
 Using High-Intensity Focused Ultrasound in Clinical Oncology.....224



Выявляемость мальформации Киари и других аномалий краниовертебрального перехода при проведении компьютерной томографии

Михайлова М.Н.¹, Кострова О.Ю.¹, Святочевский П.А.², Меркулова Л.М.¹, Стручко Г.Ю.³, Павлов Ю.И.², Семенов А.Ю.³

¹ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,
Московский пр-т, 45, Чебоксары, 428017, Чувашская Республика, Российская Федерация

² БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии,
Московский пр-т, 9, Чебоксары, 428018, Чувашская Республика, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»,
пл. Ленина, 1, Йошкар-Ола, 424000, Республика Марий Эл, Российская Федерация

Михайлова Марина Николаевна, к. м. н., доцент кафедры нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией медицинского факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»;
<http://orcid.org/0000-0001-6957-940X>

Кострова Ольга Юрьевна, к. м. н., доцент кафедры факультетской терапии медицинского факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»;
<http://orcid.org/0000-0002-7057-9834>

Святочевский Павел Александрович, заведующий нейрохирургическим отделением БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии;
<http://orcid.org/0000-0001-6996-4068>

Меркулова Лариса Михайловна, д. м. н., профессор кафедры нормальной и топографической анатомии с оперативной хирургией медицинского факультета ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»;
<http://orcid.org/0000-0001-7460-6791>

Стручко Глеб Юрьевич, д. м. н., профессор, директор медицинского института ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»;
<http://orcid.org/0000-0002-0549-5116>

Павлов Юрий Иванович, врач-рентгенолог БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии

Семенов Алексей Юрьевич, старший преподаватель медицинского института ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»;
<http://orcid.org/0000-0002-6562-4223>

Резюме

Актуальность. В связи с развитием новых диагностических технологий аномалии краниовертебрального перехода стали выявляться чаще. Среди них наиболее клинически значимой является мальформация Киари (МК), или аномалия Арнольда–Киари.

Цель: анализ частоты встречаемости различных типов МК, аномалии Киммерле (АК) и других аномалий развития краниовертебральной области, оценка ее зависимости от краниометрических показателей по протоколам лучевых методов исследования и данным нейрохирургического отделения за 5 лет.

Материал и методы. Изучены результаты компьютерной томографии (КТ) и ультразвуковой доплерографии, проведенных пациентам БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии в 2017–2021 гг. По КТ выполнена краниометрия, проведена оценка частоты встречаемости краниовертебральных аномалий в зависимости от формы черепа. Проанализированы выписные эпикризы нейрохирургического отделения за тот же период.

Результаты. Выявляемость МК, которая служила причиной госпитализации в стационар нейрохирургического отделения, при проведении КТ составила 7,6–7,8 случая в год. МК в 1,5–3 раза чаще встречается у женщин, однако у мужчин проявляется в более молодом возрасте. Вероятность наличия этой патологии наиболее высока при брахикирии. В 18,4% наблюдений МК сочеталась с другими аномалиями костных структур черепа и позвоночника (платибазией, базилярной импрессией, *spina bifida posterior*), в 31% случаев – с АК. Хирургическая декомпрессия краниовертебрального перехода потребовалась 77% пациентам, 2/3 которых имели признаки сирингомиелии.

Заключение. Хотя МК чаще обнаруживается у женщин, манифестация ее клинических проявлений, которая становится причиной госпитализации, у мужчин наступает в более молодом, самом трудоспособном возрасте. Вероятность выявления МК выше у брахицефалов. У половины пациентов с МК возможно ее сочетание с другими аномалиями краниовертебрального перехода, чаще всего с АК.

Ключевые слова: мальформация Киари; аномалия Арнольда–Киари; аномалия Киммерле, краниовертебральный переход; компьютерная томография; КТ; ультразвуковая доплерография.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Михайлова М.Н., Кострова О.Ю., Святочевский П.А., Меркулова Л.М., Стручко Г.Ю., Павлов Ю.И., Семенов А.Ю. Выявляемость мальформации Киари и других аномалий краниовертебрального перехода при проведении компьютерной томографии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(4): 186–193. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-186-193>

Для корреспонденции: Михайлова Марина Николаевна, E-mail: mar3007@mail.ru

Статья поступила 21.03.2024

После доработки 10.07.2024

Принята к печати 13.08.2024

Detectability of Chiari Malformation and Other Craniovertebral Junction Anomalies Using Computed Tomography

Marina N. Mikhailova¹, Olga Yu. Kostrova¹, Pavel A. Svyatochevskiy², Larisa M. Merkulova¹, Gleb Yu. Struchko³, Yuriy I. Pavlov², Aleksey Yu. Semenov³

¹ Ulyanov Chuvash State University,

Moskovskiy prospekt, 45, Cheboksary, 428017, Chuvash Republic, Russian Federation

² Republican Clinical Hospital,

Moskovskiy prospekt, 9, Cheboksary, 428018, Chuvash Republic, Russian Federation

³ Mari State University,

pl. Lenina, 1, Yoshkar-Ola, 424000, Mari El Republic, Russian Federation

Marina N. Mikhailova, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Normal and Topographic Anatomy with Operative Surgery, Faculty of Medicine, Ulyanov Chuvash State University;
<http://orcid.org/0000-0001-6957-940X>

Olga Yu. Kostrova, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Faculty Therapy, Faculty of Medicine, Ulyanov Chuvash State University;
<http://orcid.org/0000-0002-7057-9834>

Pavel A. Svyatochevskiy, Head of Neurosurgical Department, Republican Clinical Hospital (Chuvash Republic);
<http://orcid.org/0000-0001-6996-4068>

Larisa M. Merkulova, Dr. Med. Sc., Professor, Chair of Normal and Topographic Anatomy with Operative Surgery, Faculty of Medicine, Ulyanov Chuvash State University;
<http://orcid.org/0000-0001-7460-6791>

Gleb Yu. Struchko, Dr. Med. Sc., Professor, Director, Medical Institute, Mari State University;
<http://orcid.org/0000-0002-0549-5116>

Yuriy I. Pavlov, Radiologist, Republican Clinical Hospital (Chuvash Republic)

Aleksey Yu. Semenov, Senior Lecturer, Medical Institute, Mari State University;
<http://orcid.org/0000-0002-6562-4223>

Abstract

Background. Due to development of new diagnostic technologies, craniovertebral junction anomalies have begun to be detected more frequently. The most clinically significant is the Chiari malformation (CM), or Arnold–Chiari anomaly.

Objective: to analyze the incidence of various types of CM, Kimmerle anomaly (KA) and other craniovertebral anomalies, assess its dependence on craniometric parameters according to the protocols of radiological studies and neurosurgical department data for 5 years.

Material and methods. The results of computed tomography (CT) and Doppler ultrasound performed in patients of the Republican Clinical Hospital (Chuvash Republic) in 2017–2021 were studied. Craniometry was carried out using CT data, and the incidence of craniovertebral anomalies was assessed depending on skull shape. Discharge reports of patients from the neurosurgical department were analyzed for the same period.

Results. According to CT results, detection rate for CM causing hospitalization in the neurosurgical department was 7.6–7.8 cases per year. CM was 1.5–3 times more common in female patients, but in males it manifested at a younger age. The likelihood of this pathology was highest in persons with brachycephalic skull. CM was combined with other anomalies of skull and spine bone structure (platybasia, basilar impression, *spina bifida posterior*) in 18.4% of observations, and with KA in 31% of cases. Surgical decompression of craniovertebral junction was required in 77% of patients, 2/3 of which had signs of syringomyelia.

Conclusion. CM is more often found in female patients, however, its clinical manifestations, which cause hospitalization in neurosurgical department, occur in males at a younger, most able-bodied age. The

likelihood of detecting this anomaly is higher in patients with brachyrania. In almost half of CM patients, it may be combined with other craniovertebral junction anomalies, most commonly with KA.

Keywords: Chiari malformation; Arnold–Chiari anomaly; Kimmerle anomaly; craniovertebral junction; computed tomography; CT; Doppler ultrasound.

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

For citation: Mikhailova MN, Kostrova OYu, Svyatochevskiy PA, Merkulova LM, Struchko GYu, Pavlov Yul, Semenov AYU. Detectability of Chiari malformation and other craniovertebral junction anomalies using computed tomography. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(4): 186–193 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-186-193>

For corresponding: Marina N. Mikhailova, E-mail: mar3007@mail.ru

Received March 21, 2024

Revised July 10, 2024

Accepted August 13, 2024

Введение / Introduction

Аномалии краниовертебрального перехода изучаются уже более двух столетий и первоначально в связи с трудностями диагностики обнаруживались редко, поэтому рассматривались в качестве анатомических курьезов [1]. В настоящее время в связи с активным развитием прижизненных неинвазивных современных методов диагностики, таких как компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), они стали выявляться значительно чаще. Среди аномалий краниовертебральной области наиболее часто встречаются аномалия Киммерле (АК), мальформация Киари (МК), платибазия, ассимиляция атланта, базилярная импрессия, синдром Клиппеля–Фейля и др. [1–3]. Разные типы краниовертебральных дисплазий могут встречаться как изолированно, так и в сочетании друг с другом [4]. При этом они могут проявляться различной неврологической симптоматикой, связанной со сдавлением структур ромбовидного мозга, нарушениями ликвородинамики и кровотока по сосудам вертебробазиллярного бассейна.

Среди всех аномалий в области соединения черепа и позвоночника клинически наиболее значима мальформация Киари (МК), или аномалия Арнольда–Киари. Она была описана в конце XIX века как патологическое состояние, связанное с опущением миндалин мозжечка ниже большого затылочного отверстия (БЗО) [5]. В настоящее время считается, что данная патология включает группу врожденных аномалий развития головного мозга, основной причиной которых является нарушение эмбрионального развития головного мозга в сочетании с аномалией задней черепной ямки. Также МК может развиваться в результате травмы спинного мозга при врожденном дефекте позвоночника [6].

Наблюдения последних лет показали, что величина дислокации мозжечка при ее небольшой степени не всегда соответствует клинической картине [4, 7], поэтому среди исследователей до сих пор нет единого мнения о том, какой уровень эктопии мозжечка по отношению к БЗО считать нор-

мальным, а какой – патологическим. Минимальное смещение миндалин мозжечка в позвоночный канал во многих случаях ничем себя не проявляет и становится случайной находкой при проведении рентгенографии, КТ и МРТ [8, 9]. Однако выявление при этом «Киари-подобных» неврологических симптомов даже при отсутствии смещения мозжечка (или оно не превышает 2 мм) позволило выделить МК 0-го типа. А.Т. Файзутдинова и др. (2020 г.) обосновали выделение подтипа МК 0,5 при смещении мозжечка на 2–4 мм [10]. МК 1-го типа принято определять при опущении части мозжечка ниже БЗО более чем на 5 мм или при смещении мозжечка вниз более чем на 2 мм в случае сочетания с сирингомиелией [11, 12]. Выделяют также подтип МК 1,5 в случае сочетания эктопии мозжечка более чем на 5 мм с выраженным опущением ствола головного мозга [13]. МК 2-го типа проявляется уже в детском возрасте в связи с опущением не только миндалин мозжечка, но и продолговатого мозга и IV желудочка ниже БЗО, сочетается с поясничным менингомиелоцеле, сирингомиелией и гидроцефалией [2, 7, 8, 12, 14]. МК 3-го и 4-го типов – тяжелые, часто не совместимые с жизнью врожденные пороки развития.

МК 1-го типа наблюдаются у 0,5–3,5% населения в целом с небольшим преобладанием женщин. МК 2-го типа встречается в 0,44 случая на 1000 рождений без преобладания пола. Остальные типы МК обнаруживаются значительно реже. МК 3-го типа является наиболее распространенным из этих других вариантов, составляющих 1–4,5% всех МК [6].

Еще одна наиболее часто встречающаяся патология краниовертебрального перехода – аномалия Киммерле (АК). Она возникает в результате образования дополнительной костной дужки (кольца) над задней дугой атланта и бороздой позвоночной артерии с одной или с обеих сторон [15]. В литературе обсуждаются два варианта патогенеза развития АК:

– кольцо образуется за счет оксификации ко-
сой атлантоокипитальной связки;

– кольцо представляет собой крайнюю степень дисплазии атланта в области борозды позвоночной артерии, которая сочетается с другими диспластическими нарушениями краниовертебрального перехода.

Частота встречаемости АК в популяции составляет около 8%. Показано, что она сочетается с вариантами ангиодисплазий артериального круга большого мозга, магистральных артерий головы и интракраниальной части венозной системы и может приводить к гемодинамически значимым нарушениям церебрального кровообращения [1, 15, 16].

Цель – анализ частоты встречаемости различных типов МК, АК и других аномалий развития краниовертебральной области, оценка ее зависимости от краниометрических показателей по протоколам лучевых методов исследования и данным нейрохирургического отделения за 5 лет.

Материал и методы / Material and methods

Изучены результаты КТ и ультразвуковой доплерографии (УЗДГ), полученные на базе отделений лучевой и ультразвуковой диагностики в БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии за 2017–2021 гг. Проанализированы протоколы КТ-исследований, проведенных на мультисрезовом компьютерном томографе Aquilion-64 (Toshiba, Япония). Проведена краниометрия по КТ с использованием мультипланарной реконструкции, позволяющей детально изучать состояние костных структур в сагиттальной, аксиальной и фронтальной плоскостях.

Для оценки зависимости наличия МК от формы и размеров черепа, а также обнаружения других патологий задней черепной ямки и краниовертебральной зоны были измерены поперечный (ПОР), передне-задний (ПЗР), вертикальный размеры черепа с вычислением черепного индекса по формуле $\text{ПОР} / \text{ПЗР} \times 100$, а также некоторые краниометрические показатели:

– линия Чемберлена (нёбно-затылочная линия), соединяющая заднюю часть твердого нёба и задний край БЗО (opistion);

– расстояние (перпендикуляр) от линии Чемберлена до верхушки зуба осевого позвонка (в норме не более 2–3 мм);

– линия Фижгольда (де ля Пти), соединяющая верхушки сосцевидных отростков височной кости);

– расстояние (перпендикуляр) от линии Фижгольда до верхушки зуба осевого позвонка (в норме не более 2–3 мм);

– линия Twinning – расстояние от бугорка турецкого седла до внутреннего затылочного выступа (inion);

– индекс Клауса – высота перпендикуляра, проведенного от линии Twinning до верхушки зуба осевого позвонка;

– линия Мак Рея – расстояние от basion до opistion (между передним и задним краями БЗО);

– длина ската (в норме не менее 32 мм, в среднем 40–41 мм);

– угол Богарта между двумя линиями: первая проводится через наиболее выступающую верхнезаднюю точку спинки турецкого седла и basion (вдоль ската), вторая соединяет basion и opistion (линия Мак Рея) (в норме не более 135°);

– базальный (сфеноидальный) угол между линией вдоль верхней поверхности тела клиновидной кости и скатом (в норме не более 129°).

Для сравнения краниометрических показателей в основную группу исследования были включены больные, у которых краниовертебральная патология, в частности МК и АК, была выявлена рентгенологически и радиологически, в контрольную группу – пациенты без изменений в области краниовертебрального перехода.

Кроме того, проанализированы выписные эпикризы нейрохирургического отделения БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии 2017–2021 гг.

Обработку цифровых данных проводили с помощью электронных таблиц Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft, США) и программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США) с использованием стандартных методов параметрической и непараметрической статистики. Тип распределения устанавливали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса. В случае нормального распределения данных применяли t-критерий Стьюдента и такие стандартные статистические показатели, как средняя арифметическая величина (M) и ее средняя ошибка (m). При распределении, отличном от нормального, использовали U-критерий Манна–Уитни для двух групп, при этом выборки описывали через медиану (Me), нижний и верхний квартили ($Q1$ и $Q3$). Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,01$.

Результаты / Results

Анализ данных КТ и УЗДГ

За 5 лет при проведении КТ головы признаки МК были диагностированы у 38 пациентов, при этом у женщин данная патология встречалась в 1,5 раза чаще, чем у мужчин (табл. 1). У мужчин МК выявлялась в более молодом возрасте (средний возраст 40,9 года), чем у женщин (58,6 года). Наиболее часто обнаруживалась МК 1-го типа, несколько реже – МК 0–0,5-го типов. МК 2-го типа была диагностирована лишь у 1 молодой девушки 19 лет.

Краниометрия и вычисление черепного индекса показали, что вероятность наличия МК наи-

Таблица 1

Частота встречаемости мальформации Киари (МК) при компьютерной томографии в зависимости от пола и возраста пациентов

Table 1

The incidence of Chiari malformation (CM) in computed tomography depending on patient gender and age

Тип МК / CM type	Женщины / Females			Мужчины / Males			Всего, n / Total, n
	Число, n / Number, n	Возраст, лет/ Age, years		Число, n / Number, n	Возраст, лет/ Age, years		
		M±m	Me (Q1; Q3)		M±m	Me (Q1; Q3)	
0–0,5	11	58,2±16,5	54 (41; 79)	6	35,2±12,2	35 (30; 38)	17
1	11	62,5±8,5	62 (56; 65)	9	44,8±20,2	45 (28; 59)	20
2	1	19		–	–	–	1
Всего / Total	23	58,6±15,4	59 (53; 70)	15	40,9±17,6	38 (28; 57)	38

более высока при брахикрании (черепной индекс более 80), на 23,8% реже – при долихокрании (черепной индекс менее 75) и на 27,3% реже – при мезокрании (рис. 1).

При изучении краниовертебрального перехода у 1 пациентки обнаружено незаращение задней дуги атланта – *spina bifida posterior*. У 4 женщин МК сочеталась с признаками платибазии – уплощением задней черепной ямки, о чем свидетельствует увеличение угла Богарта более 135°. У 2 человек (1 женщина, 1 мужчина) выявлена базилярная импрессия, при которой из-за смещения вверх переднего отдела базилярной части затылочной кости и внедрения в полость черепа зуба второго шейного позвонка уменьшается индекс Клауса.

У 12 (31,6%) пациентов МК сочеталась с АК, 2/3 из них – женщины. При этой патологии борозда позвоночной артерии, располагающаяся на задней дуге атланта, превращается в канал вследствие частичного обызвествления атлантоокипитальной связки и образования костного мостика над этой бороздой. При этом выделяют полный и неполный, а также односторонний и двусторонний вариан-

ты аномалии. У 7 человек из 12 (58%), имеющих АК, наблюдался ее полный вариант с обеих сторон. Изолированная АК без сочетания с другими изменениями в области краниовертебрального перехода была обнаружена у 24 пациентов: 16 (67%) женщин (средний возраст 57,9 года) и 8 (33%) мужчин (средний возраст 41,1 года), из них большинство имели полный вариант аномалии.

Большинству пациентов с АК была проведена УЗДГ сосудов головы и шеи, которая показала непрямолинейный ход и малый диаметр позвоночных артерий, а также нарушение линейной скорости кровотока в артериях вертебробазилярного бассейна у всех обследованных.

Анализ выписных эпикризов

Анализ выписных эпикризов нейрохирургического отделения БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии за 2017–2021 гг. показал, что ежегодно в отделении с диагнозом «синдром Арнольда–Киари» проходили лечение 7–9 человек (табл. 2). Всего за 5 лет было 39 пациентов с впервые установленным диагнозом, большинство из них женщины – 29 чело-

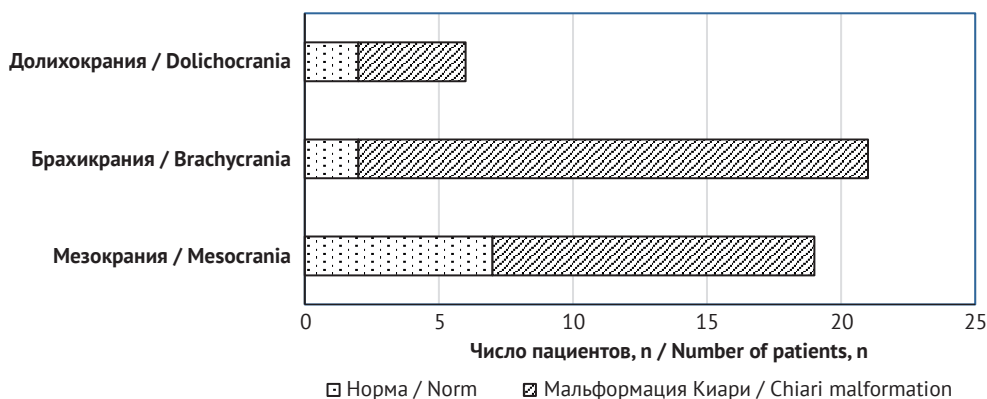


Рис. 1. Встречаемость мальформации Киари при различных формах черепа
Fig. 1. Incidence of Chiari malformation in various skull shapes

век, средний возраст 51,8 года, Ме (Q1; Q3) = 53 (48; 60). Мужчины оказывались в отделении значительно реже (10 случаев), однако в более молодом возрасте: средний возраст составил 30,8 года, Ме (Q1; Q3) = 29 (24; 32).

По результатам ранее проведенных КТ, МРТ среди госпитализированных признаки гидромиелии, сирингомиелии и (или) сирингобульбии были диагностированы у 22 (56,4%) пациентов, из них 17 женщин (см. табл. 2).

Оперативное лечение для декомпрессии краниовертебрального перехода (резекция чешуи затылочной кости в проекции червя и медиальных участков полушарий мозжечка с удалением заднего края БЗО, ламинэктомия задней дуги атланта с частичным вскрытием твердой оболочки головного мозга и ее последующей пластикой) проведено 30 больным (77% поступивших в отделение), 9 пациентов проходили консервативную терапию. Среди оперированных более половины (19 человек) имели признаки гидромиелии, сирингомиелии и (или) сирингобульбии и соответствующую более выраженную клиническую симптоматику. Во всех случаях оперативное лечение привело к значительному улучшению состояния больных и регрессии мозговых симптомов.

Обсуждение / Discussion

Многие выявленные аномалии краниовертебрального перехода были бессимптомными и являлись случайной находкой при проведении КТ по другим показаниям (подозрение на инсульт, травмы головы и др.). Обычно только высокая степень пролабирования ствола головного мозга ниже БЗО

при МК сопровождается выраженной неврологической симптоматикой.

Клиническая симптоматика появляется, как правило, при МК 1–2-го типов, очень редко может быть при МК 0–0,5 типов. Церебральные симптомы клинических проявлений МК обусловлены хронической компрессией каудального отдела ствола головного мозга [12]. Компрессия вызывается уменьшением задней черепной ямки и приводит к изменению топографии ствола и черепных нервов на уровне ската и БЗО, сдавлению нижних отделов мозжечка и верхних шейных сегментов спинного мозга. Пациенты жалуются на головную боль, боли в шее, головокружение, шаткость при ходьбе, тошноту, иногда рвоту, шум в голове, в ушах, двоение предметов, расплывчатость предметов перед глазами, общую слабость.

Хроническая компрессия ствола головного мозга приводит к развитию гидроцефалии – соответственно, гидромиелии, сирингомиелии и сирингобульбии. Гидромиелия – это образование интрамедуллярной полости в области центрального канала [17, 18]. Сирингомиелия – формирование в спинном мозге продольных полостей, выходящих за пределы центрального канала, с клиническими признаками миелопатии, а сирингобульбия – образование полости в продолговатом мозге. Эти полости заполняются ликвором и появляются вследствие нарушения ликвородинамики из-за блока субарахноидального пространства на уровне БЗО. По данным разных авторов, частота сирингомиелии при МК составляет от 56% до 80%. Спинальные симптомы вследствие сдавления вещества спинного мозга проявляются сегментар-

Таблица 2

Пациенты с мальформацией Киари в нейрохирургическом отделении БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии за 2017–2021 гг., n

Table 2

Patients with Chiari malformation in the neurosurgical department of the Republican Clinical Hospital (Chuvashia) for 2017–2021, n

Параметр / Parameter	Год / Year					Всего / Total
	2017	2018	2019	2020	2021	
Мальформация Киари / Chiari malformation	8	8	9	7	7	39
мужчины / males	2	3	3	1	1	10
женщины / females	6	5	6	6	6	29
Сиринго-/гидро-/бульбомиелия // Syringo-/hydro-/bulbomyelia	3	7	5	4	3	22
мужчины / males	0	2	2	1	0	5
женщины / females	3	5	3	3	3	17
Оперативное лечение / Surgical treatment	6	6	8	5	5	30
у пациентов с сиринго-/гидро-/бульбомиелией // in patients with syringo-/hydro-/bulbomyelia	3	5	5	3	3	19

ной и проводниковой гипестезией, дизестезией с иррадиацией в верхние конечности, развитием хронического нейропатического болевого синдрома в зонах иннервации верхних шейных миотомов и дерматомов, характеризующегося жжением, покалыванием, ощущением натяжения кожи, миофасциальными болями, двигательной слабостью.

Лечение МК зависит от наличия симптомов заболевания. Если дефект был обнаружен случайно при проведении КТ или МРТ, то больной находится под динамическим наблюдением, чтобы не упустить момент появления первых клинических симптомов компрессии головного мозга [12, 14]. Если аномалия проявляется слабо выраженным гипертензионно-гидроцефальным синдромом, предпринимаются попытки консервативного лечения. Используются дегидратационные препараты для уменьшения количества спинномозговой жидкости, нестероидные противовоспалительные препараты для уменьшения боли, миорелаксанты при наличии мышечного напряжения в области шеи. При отсутствии эффекта или появлении у пациента признаков других неврологических синдромов прибегают к хирургическим методам лечения. Оперативное вмешательство при МК проводится с целью восстановить отток цереброспинальной жидкости и уменьшить давление на мозжечок и задний мозг путем декомпрессии задней черепной ямки. Операция рекомендуется для пациентов с персистирующими симптомами и подтвержденным поражением миндалин мозжечка. Наилучшие хирургические результаты наблюдаются, если операцию проводят в течение 2 лет после появления симптомов.

При АК, если происходит значительное сдавление позвоночных артерий на уровне атлантового сегмента, то, как правило, это приводит к гемодинамически значимым нарушениям церебрального кровообращения и хронической ишемии задних отделов головного мозга [15, 16]. К хирургическому лечению АК прибегают лишь при прогрессирующей вертебробазилярной недостаточности, которая проявляется повторяющимися эпизодами

преходящих нарушений мозгового кровообращения, такими как приступы drop-attack, транзиторные ишемические атаки и синкопальные приступы, связанные с поворотом головы, но только при подтвержденном ангиографией стенозе позвоночной артерии в аномальном кольце. При этом проводят резекцию аномальных костных мостиков на задней дуге атланта с последующим выделением позвоночной артерии из рубцовых тканей.

Заключение / Conclusion

Среди различных типов краниовертебральных аномалий МК является наиболее клинически значимой. Выявляемость МК, которая служит причиной госпитализации в стационар нейрохирургического отделения, при проведении КТ в БУ ЧР «Республиканская клиническая больница» Минздрава Чувашии составила в среднем 7,6–7,8 случая. Преобладала МК 1-го типа. Среди госпитализированных пациентов 56,4% имели признаки синингомиелии (гидромиелии, в части случаев синингобульбии).

Мальформация Киари в 1,5–3 раза чаще встречается у женщин, при этом манифестация клинических проявлений, требующих решения вопроса о хирургическом вмешательстве, у них наступает в среднем в возрасте 51 год, тогда как у мужчин это происходит в более молодом возрасте – 30 лет. Хирургическая декомпрессия краниовертебрального перехода потребовалась 77% пациентам, 2/3 которых имели признаки синингомиелии.

Вероятность наличия мальформации Киари наиболее высока при брахикрании. Краниометрия также показала наличие у 18,4% пациентов с МК ее сочетания с другими аномалиями костных структур черепа и позвоночника (платибазия, базилярная импрессия, *spina bifida posterior*).

В 31% случаев МК сочеталась с АК, более половины таких пациентов имели полный двусторонний вариант аномалии. АК также диагностировалась при проведении КТ головы. При наличии АК у всех пациентов по УЗДГ выявлялись непрямолинейный ход и сужение диаметра позвоночной артерии.

Литература

1. Лобзин С.В., Юркина Е.А. Краниовертебральные аномалии: принципы систематизации, теории возникновения, клинические проявления (обзор литературы). Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова. 2014; 6(4): 86–93.
2. Авраменко Т.В., Шевченко А.А., Гордиенко И.Ю. Мальформация Арнольда–Киари. Пренатальные и клинические наблюдения. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2014; 13(2): 87–95.
3. Овсова О.В., Львова О.А. Аномалии краниовертебральной области (литературный обзор). Системная интеграция в здравоохранении. 2010; 4: 36–50.
4. Новикова Л.Б., Аюбян А.П., Гайнанов А.Ф. Краниовертебральные аномалии в амбулаторной практике невролога. Неврологический вестник. 2004; 36(1–2): 27–30.
5. Chiari H. Concerning alterations in the cerebellum resulting from cerebral hydrocephalus. *Pediatr Neurosci*. 1987; 13(1): 3–8. <https://doi.org/10.1159/000120293>.
6. Hidalgo JA, Tork CA, Varacallo M. Arnold–Chiari malformation (updated 2022 Sep 5). In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
7. Кантимирова Е.А., Шнайдер Н.А., Петрова М.М. и др. Встречаемость аномалии Арнольда–Киари в практике невролога. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2015; 7(4): 18–22. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2015-4-18-22>.
8. Крупина Н.Е. Семейные случаи краниовертебральных аномалий.

- малий, мальформации Киари и синингомиелии (обзор литературы). Вестник Уральской медицинской академической науки. 2016; 3: 75–84. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2016-15-3-75-84>.
9. Meadows J, Kraut M, Guarnieri M, et al. Asymptomatic Chiari type I malformation identified on magnetic resonance imaging. *J Neurosurg.* 2000; 92(6): 920–6. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.92.6.0920>.
 10. Файзутдинова А.Т., Богданов Э.И. Клинико-радиологическое обоснование выделения подтипов первичной мальформации Киари 1-го типа. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120(8): 64–9. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012008164>.
 11. Каххаров Р.А., Флегонтов А.Н., Мохов Н.В. Опыт использования различных вариантов пластики твердой мозговой оболочки в лечении больных с аномалией (мальформацией) Киари I типа. Вестник Российского государственного медицинского университета. 2016; 4: 62–8.
 12. Valchkevich D, Trifoniuk I, Vorobey H. The Arnold–Chiari anomaly: a review of literature. *Am J Biomed Sci Res.* 2022; 16(1): AIBSR.MS.ID.002193. <https://doi.org/10.34297/AIBSR.2022.16.002193>.
 13. Tubbs R, Iskandar B, Bartolucci A, Oakes W. A critical analysis of the Chiari 1.5 malformation. *J Neurosurg.* 2004; 101(2 Suppl): 179–83. <https://doi.org/10.3171/ped.2004.101.2.0179>.
 14. Сафин Ш.М. (ред.) Аномалия Арнольда–Киари. Уфа: Башкирский государственный медицинский университет; 2020: 76 с.
 15. Комяхов А.В., Ключева Е.Г., Митрофанов Н.А. Особенности церебральной гемодинамики у пациентов с аномалией Киммерле. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2011; 4-1: 112–6.
 16. Луцик А.А., Пеганов А.И., Казанцев В.В., Раткин И.К. Вертебробазилярная недостаточность, обусловленная костными аномалиями краниовертебрального перехода. Хирургия позвоночника. 2016; 3(4): 49–55. <https://doi.org/10.14531/ss2016.4.49-55>.
 17. Менделевич Е.Г., Курбанова А.А. Гидромиелия: эволюция представлений и критериев диагностики. Практическая медицина. 2023; 21(3): 19–23. <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2023-3-19-23>.
 18. Национальные клинические рекомендации. Синингомиелия. 2017. URL: https://evidence-neurology.ru/evidentiary-medicine/klinicheskie-rekomendatsii_249/klinicheskie-rekomendatsii/siringomieliia-2017-g/ (дата обращения 14.03.2024).

References

1. Lobzin SV, Yurkina EA. Craniovertebral abnormalities: the systematization principles, theories, clinical manifestations (literature review). *Herald of North-Western State Medical University Named After I.I. Mechnikov.* 2014; 6(4): 86–93 (in Russ).
2. Avramenko TV, Shevchenko AA, Gordienko IYu. Arnold–Chiari malformation. Prenatal and clinical observations. *Vitebsk Medical Journal.* 2014; 13(2): 87–95 (in Russ).
3. Ovsova OV, L'vova OA. The craniovertebral anomalies. *System Integration in Health Care.* 2010; 4: 36–50 (in Russ).
4. Novikova LB, Akopjan AP, Gainanov AF. Craniovertebral abnormalities in a neurologist ambulatory practice. *Neurology Bulletin.* 2004; 36(1–2): 27–30 (in Russ).
5. Chiari H. Concerning alterations in the cerebellum resulting from cerebral hydrocephalus. *Pediatr Neurosci.* 1987; 13(1): 3–8. <https://doi.org/10.1159/000120293>.
6. Hidalgo JA, Tork CA, Varacallo M. Arnold–Chiari malformation (updated 2022 Sep 5). In: *StatPearls.* Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
7. Kantimirova EA, Shnaider NA, Petrova MM, et al. The incidence of Arnold–Chiari malformation in neurological practice. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika / Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2015; 7(4): 18–22 (in Russ). <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2015-4-18-22>.
8. Krupina NE. Familial cases of the craniovertebral anomalies, chiari malformation and syringomyelia (literary review). *Journal of Ural Medical Academic Science.* 2016; 3: 75–84 (in Russ). <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2016-15-3-75-84>.
9. Meadows J, Kraut M, Guarnieri M, et al. Asymptomatic Chiari type I malformation identified on magnetic resonance imaging. *J Neurosurg.* 2000; 92(6): 920–6. <https://doi.org/10.3171/jns.2000.92.6.0920>.
10. Faizutdinova AT, Bogdanov EI. Clinical and radiological rationale for distinguishing subtypes of primary Chiari I malformation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2020; 120(8): 64–9 (in Russ). <https://doi.org/10.17116/jnevro202012008164>.
11. Kakhkharov RA, Flegontov AN, Mokhov NV. Using different duraplasty variants in the treatment of patients with Chiari malformation type I. *Bulletin of Russian State Medical University.* 2016; 4: 62–8 (in Russ).
12. Valchkevich D, Trifoniuk I, Vorobey H. The Arnold–Chiari anomaly: a review of literature. *Am J Biomed Sci Res.* 2022; 16(1): AIBSR.MS.ID.002193. <https://doi.org/10.34297/AIBSR.2022.16.002193>.
13. Tubbs R, Iskandar B, Bartolucci A, Oakes W. A critical analysis of the Chiari 1.5 malformation. *J Neurosurg.* 2004; 101(2 Suppl): 179–83. <https://doi.org/10.3171/ped.2004.101.2.0179>.
14. Safin ShM (Ed). Arnold–Chiari anomaly. Ufa: Bashkir State Medical University; 2020: 76 pp (in Russ).
15. Komyakhov AV, Klocheva EG, Mitrofanov NA. Cerebral hemodynamics in patients with Kimmerle anomaly. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Medicine. Pharmacy.* 2011; 4-1: 112–6 (in Russ).
16. Lutsik AA, Peganov AI, Kazantsev VV, Ratkin IK. Vertebrobasilar insufficiency due to osseous abnormalities of the craniovertebral junction. *Khirurgiya pozvonochnika / Russian Journal of Spine Surgery.* 2016; 3(4): 49–55 (in Russ). <https://doi.org/10.14531/ss2016.4.49-55>.
17. Mendelevich EG, Kurbanova AA. Hydromyelia: evolution of ideas and diagnostic criteria. *Practical Medicine.* 2023; 21(3): 19–23 (in Russ). <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2023-3-19-23>.
18. National clinical guidelines. Syringomyelia. 2017. Available at: https://evidence-neurology.ru/evidentiary-medicine/klinicheskie-rekomendatsii_249/klinicheskie-rekomendatsii/siringomieliia-2017-g/ (in Russ) (accessed 14.03.2024).



Особенности оценки диффузионно-взвешенных изображений и результатов ASL-перфузии почек при остром повреждении почек

Шкуратова Ю.Ю., Морозова Т.Г.

ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Крупской, 28, Смоленск, 214019, Российская Федерация

Шкуратова Юлия Юрьевна, аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России;
<http://orcid.org/0009-0000-0153-6040>

Морозова Татьяна Геннадьевна, д. м. н., доцент, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0003-4983-5300>

Резюме

Цель: оценить особенности диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и результатов перфузии почек с маркированием артериальных спинов (arterial spin labeling, ASL) при остром повреждении почек (ОПП).

Материал и методы. В реанимационном отделении ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» (г. Смоленск) с 2021 по 2024 гг. обследованы 58 пациентов с ОПП. Всем больным в течение 1–3 сут проводили магнитно-резонансную томографию почек с включением последовательностей ДВИ и ASL-перфузии, а также ультразвуковую доплерографию. Группа контроля была сформирована из 55 здоровых добровольцев с целью стандартизации полученных результатов.

Результаты. Проведен анализ данных в сопоставлении с причинным фактором ОПП. Статистические результаты имели пороги отсечения, позволяющие прогнозировать причину ОПП, но требовался комплексный анализ количественного критерия ASL-перфузии почек, качественного и количественного критериев ДВИ ($r=0,947$). Показатели ASL-перфузии при всех этиологических причинах в сравнении с нормой были статистически значимы ($r=0,995$). Определение причинного фактора ОПП важно для тактики ведения пациента: при прerenальной причине необходимо активное введение плазмозамещающих растворов, при ренальной – рестриктивная тактика инфузионной терапии. Увеличение показателей ASL-перфузии почек положительно сказывалось на клинико-лабораторной картине пациентов ($r=0,903$).

Заключение. Особенностью совместного применения ДВИ и ASL-перфузии почек при ОПП является комплексная оценка качественного и количественного критериев по данным ДВИ и количественного – по данным ASL-перфузии. Комплексные результаты ДВИ и ASL-перфузии почек позволяют прогнозировать причину ОПП.

Ключевые слова: острое повреждение почек; ОПП; диффузионно-взвешенные изображения; ДВИ; ASL-перфузия; магнитно-резонансная томография; МРТ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шкуратова Ю.Ю., Морозова Т.Г. Особенности оценки диффузионно-взвешенных изображений и результатов ASL-перфузии почек при остром повреждении почек. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(4): 194–201. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-194-201>

Для корреспонденции: Шкуратова Юлия Юрьевна, E-mail: juliyamilosh@yandex.ru

Статья поступила 18.09.2024

После доработки 02.11.2024

Принята к печати 05.11.2024

Features of Evaluating Renal Diffusion-Weighted Images and ASL-Perfusion Results in Acute Kidney Injury

Yulia Yu. Shkuratova, Tatiana G. Morozova

Smolensk State Medical University,
ul. Krupskoy, 28, Smolensk, 214019, Russian Federation

Yulia Yu. Shkuratova, Postgraduate, Chair of Radiation Diagnostics and Therapy with a Course of Additional Professional Education, Smolensk State Medical University;
<http://orcid.org/0009-0000-0153-6040>

Tatiana G. Morozova, Dr. Med. Sc., Associate Professor, Chief of Chair of Radiation Diagnostics and Therapy with a Course of Additional Professional Education, Smolensk State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0003-4983-5300>

Abstract

Objective: to evaluate the features of renal diffusion-weighted images (DWI) and arterial spin labeling (ASL) perfusion results in acute kidney injury (AKI).

Material and methods. In the intensive care unit of Clinical Hospital No. 1 (Smolensk), 58 AKI patients were examined from 2021 to 2024. All patients underwent renal magnetic resonance imaging for 1–3 days with the inclusion of DWI sequences and ASL perfusion as well as ultrasound dopplerography. The control group was formed from 55 healthy volunteers to standardize the obtained results.

Results. The data were analyzed in comparison with AKI causal factor. The statistical results had cut-off thresholds that allowed predicting the cause of AKI, but a comprehensive analysis of the quantitative criterion of renal ASL perfusion, qualitative and quantitative criteria of DWI ($r=0.947$) was required. ASL perfusion indicators for all etiological causes were statistically significant in comparison with the normal ones ($r=0.995$). The determination of AKI causal factor was important for the subsequent management of patients: for a prerenal cause, active administration of plasma-substituting solutions, and for a renal one, restrictive infusion therapy tactics were needed. It was also noted that an increase in kidney ASL perfusion values had a positive effect on clinical and laboratory picture of AKI patients ($r=0.903$).

Conclusion. The feature of joint application of renal DWI and ASL perfusion in AKI is the comprehensive assessment of qualitative and quantitative criteria according to DWI data, and quantitative criterion according to ASL perfusion data. In assessing DWI, color mapping should be used. The complex results of renal DWI and ASL perfusion allow predicting AKI cause.

Keywords: acute kidney injury; AKI; diffusion-weighted images; DWI; ASL-perfusion; magnetic resonance imaging; MRI.

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

For citation: Shkuratova YuYu, Morozova TG. Features of evaluating renal diffusion-weighted images and ASL perfusion results in acute kidney injury. Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2024; 105(4): 194–201 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-194-201>

For corresponding: Yulia Yu. Shkuratova, E-mail: juliyamilosh@yandex.ru

Received September 18, 2024

Revised November 2, 2024

Accepted November 5, 2024

Введение / Introduction

Термин «острая почечная недостаточность» на данный момент не рекомендуется к применению, поскольку характеризует крайнюю стадию острого повреждения почек (ОПП) по диагностическим критериям KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) с вовлечением всех нефронов в патологический процесс [1, 2]. Его необходимо использовать только в отношении наиболее тяжелых случаев ОПП [3]. Поэтому патологический процесс в почках, возникающий под воздействием ренальных или экстраренальных повреждающих факторов, принято называть «острым повреждением почек» [1–4]. На основании критериев гипоперфузии почек, непосредственно интерстициальных изменений, нарушения архитектоники сосудов либо обструктивного процесса причины возникновения данной патологии могут быть разделены на прerenальные (функциональные), интarenальные (структурные) и постренальные (обтурационные) [2, 4].

При прerenальной причине ОПП происходит снижение почечного кровотока, уменьшается

гидростатическое давление в капиллярной сети клубочков, падает скорость клубочковой фильтрации (СКФ). Следует отметить, что прerenальное функциональное заболевание протекает в условиях, когда почки сами по себе здоровы, анализ мочи обычно нормален, за исключением появления повышенного числа гиалиновых и зернистых цилиндров. Почка отвечает на сниженную перфузию интенсивной реабсорбцией солей и воды для сохранения объема циркулирующей крови [5]. ОПП, вызванное внутрипочечными процессами, характеризуется потерей целостности и функции клетки почечного канальца. «Острый канальцевый некроз» остается наиболее приемлемым термином для описания этого сложного клинического нарушения [3, 5]. Таким образом, происходит изменение внутри- и межклеточной составляющих, причем длительность и тяжесть ишемических поражений существенно отличаются: у одних больных всего несколько минут ишемии сопровождаются острым некрозом канальцев, тогда как у других даже длительная ишемия вызывает лишь

проходящую дисфункцию почек [4]. Постренальное ОПП может иметь две причины (внепочечную и внутрипочечную) и может протекать также как острый некроз канальцев [3].

«Золотым стандартом» в постановке диагноза ОПП являются лабораторные методы исследования, но маркеры проявлений ОПП могут запаздывать, а процесс в почках – протекать активно на фоне нормальных показателей [1, 2, 6, 7]. Следовательно, рассматривая возможности стандартного лабораторно-инструментального алгоритма, требуется расширить диагностический минимум обследования пациентов с ОПП, включив такие методы исследования, которые позволили бы ответить на вопросы об изменениях в структуре почки до проявлений в лабораторных исследованиях.

Методика перфузии почек с маркированием артериальных спинов (arterial spin labeling, ASL) основана на магнитном маркировании протонов водорода молекул воды артериальной крови, позволяющем оценить перфузию органа [8, 9]. Для диагностики патологии почек оценка ASL-перфузии актуальна за счет архитектоники почечного кровотока (приносящая, выносящая артериолы, капсула Боумена–Шумлянского). Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) также применяются в диагностике заболеваний почек. Хорошо изучены показатели ДВИ и измеряемого коэффициента диффузии (ИКД) при хронической болезни почек [10, 11]. Данные методы являются перспективными, неинвазивными, простыми в применении, незначительно увеличивающими диагностический алгоритм. Поэтому необходимо более детальное их изучение для внедрения в рутинную практику врачей.

Цель – оценить особенности ДВИ и результатов ASL-перфузии почек при ОПП.

Материал и методы / Material and methods

Обследованы 58 пациентов с ОПП, поступивших в реанимационное отделение ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» (г. Смоленск). Среди них было 38 (65,5%) мужчин и 20 (34,5%) женщин, средний возраст составил 47±8,9 года. Наблюдение проводилось с 2021 по 2024 гг. Распределение пациентов в соответствии с клинической причиной ОПП представлено в таблице 1. Группа контроля, сформированная с целью стандартизации полученных результатов ДВИ и ASL-перфузии почек, была представлена 55 добровольцами без ОПП. Согласие на участие в исследовании получено от пациентов или их законных представителей.

В обязательный диагностический минимум входило проведение ультразвукового исследования (УЗИ) почек с доплерографией. Всем пациентам в течение 1–3 сут пребывания в стационаре выполнена МРТ почек с включением последовательностей ДВИ и ASL-перфузии (рис. 1). Исследование проводилось на МР-томографе Vantage Titan 1.5 T (Toshiba, Япония), 16-канальная абдоминальная катушка располагалась на передней брюшной стенке, что позволяло захватывать зону интереса – область почек. В ходе МРТ-исследования врач имеет возможность получить обширные и точные изображения органа в разных проекциях, провести оценку мягких тканей, сосудов, определить локализацию повреждения или опухолей.

ДВИ актуальны для патологии почек в силу особенностей их функции (азото-, водо-, электролито-, кислотовыделительной, осморегули-

Таблица 1

Распределение пациентов в зависимости от этиологии острого повреждения почек (ОПП), n (%)

Table 1

Distribution of patients depending on etiology of acute kidney injury (AKI), n (%)

Клиническая причина ОПП / AKI clinical cause	Пол / Gender		Всего / Total
	Мужской / Male	Женский / Female	
Острое нарушение мозгового кровообращения / Acute stroke	9 (15,5)	7 (12,1)	16 (27,6)
Кардиогенный шок / Cardiogenic shock	12 (20,7)	5 (8,6)	17 (29,3)
Синдром быстро прогрессирующего гломерулонефрита / Rapidly progressive glomerulonephritis	3 (5,2)	1 (1,7)	4 (6,9)
Застойная сердечная недостаточность / Congestive heart failure	9 (15,5)	6 (10,4)	15 (25,9)
Острый панкреатит / Acute pancreatitis	2 (3,4)	–	2 (3,4)
Обструкция мочевого пузыря / непроходимость мочеточника // Bladder/ureteral obstruction	3 (5,2)	1 (1,7)	4 (6,9)
Всего / Total	38 (65,5)	20 (34,5)	58 (100)

ИП	Плоскость	TR, мс	TE, мс	ST, мм	N	FOV, см	MTX	Длитель ность, мин:с
T2 Heavy (FASE)	Корональная	15000	150	6	45	43x38	256x256	0:30
T2 Heavy (FASE)	Аксиальная	15000	60	6	34	34x41	192x256	0:45
T2 (BH)	Аксиальная	2200	90	6	45	34x41	192x320	0:55
T2 FS(BH)	Аксиальная	2400	102	6	45	34x41	192x304	1:00
T1 in/out	Аксиальная	130	2,4/ 4,8	6	27	36x41	192x256	0:52
3D ASL TI 1800	Аксиальная	6,2	2,4	8	13	25x25	64x64	5:15
3D ASL TI 2600	Аксиальная	6,2	2,4	8	13	25x25	64x64	0,52
ДВИ b=1000	Аксиальная	10560	100	6	45	34x41	128x112	5:26

a

b

Рис. 1. Техника проведения магнитно-резонансной томографии почек для пациентов с острым повреждением почек:

a – выбор импульсных последовательностей на рабочей станции; b – усовершенствованный протокол с включением диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и перфузии почек с маркированием артериальных спинов (arterial spin labeling, ASL)

Fig. 1. Technique for conducting renal magnetic resonance imaging for patients with acute kidney injury:

a – selection of pulse sequences on the workstation; b – improved protocol with the inclusion of diffusion-weighted images (DWI) and arterial spin labeling (ASL) perfusion

рующей) и механизмов, их обеспечивающих (фльтрация, реабсорбция и секреция). Это специфический метод МРТ, который оценивает движение, главным образом, протонов воды в ткани, а ИКД является наиболее часто используемой мерой ДВИ и дает полезную информацию о воспалении, перфузии и локальном расщеплении клеток. Наше исследование предусматривало оценку не только серовещного картирования ДВИ, но и цветного. Особенность почечного кровотока, перфузионное давление, баланс тонуса афферентных и эфферентных артериол клубочка послужили для нас критериями диагностического поиска в оценке возможностей ASL-перфузии почек для пациентов с ОПП.

Обработку и статистический анализ данных проводили в программах Excel 2019 (Microsoft, США) и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Описательная статистика приведена в тексте в виде среднего значения со стандартным отклонением ($M \pm SD$). Достоверность различий изучаемых параметров подтверждали с помощью критерия χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера. Для группового сравнения применяли тест Манна-Уитни. Корреляционный анализ выполняли с использованием вычисления рангового коэффициента корреляции Спирмена. В качестве вероятности ошибки применяли величину $p=0,05$.

Результаты / Results

Предварительно проводили анализ основных УЗИ-признаков, которые служили критериями

оценки изменений почек: размеры, толщина коры и паренхимы, экзогенность, наличие кист (табл. 2).

Таким образом, в группе пациентов с ОПП при каждом этиологическом факторе мы сталкивались более чем в 50% случаев с нормальными УЗИ-признаками, что не позволяло достоверно судить об ОПП. Особенностью пациентов в нашем исследовании также являлось то, что отсутствовала возможность полноценного сбора анамнеза с целью понимания причинного фактора развития патологии почек (в 40% случаев пациенты поступали с нарушенным сознанием различной степени выраженности). Исходя из патогенетических особенностей кровоснабжения почечного русла, клиническая симптоматика превалирует над возможным обнаружением изменений по данным инструментальных методов исследования, в частности УЗИ. С целью оценки возможностей ДВИ и ASL-перфузии проведен анализ данных в сопоставлении с причинным фактором ОПП (табл. 3).

Статистический анализ показал, что результаты имели пороги отсека, позволяющие прогнозировать причину ОПП, но требуется комплексный анализ количественного критерия ASL-перфузии почек, качественного и количественного критериев ДВИ ($r=0,947$). Показатели ASL-перфузии при всех этиологических причинах в сравнении с нормой были статистически значимы, отмечена высокая корреляционная связь ($r=0,995$). На рисунке 2 представлены результаты МРТ почек здорового добровольца в сравнении с показателями МРТ пациента с ОПП.

Таблица 2

Основные ультразвуковые признаки при остром повреждении почек (ОПП), n (%)

Table 2

Main ultrasound signs of acute kidney injury (AKI), n (%)

Клиническая причина ОПП / AKI clinical cause	Размеры / Size		Толщина коры и/или паренхимы // Thickness of renal cortex and/or parenchyma		Эхогенность / Echogenicity		Кисты / Cysts	
	Норма	↑	Норма	↓	Норма	↑	Нет	Да
Острое нарушение моз- гового кровообращения / Acute stroke	26 (86,7)	4 (13,0)	20 (66,7)	10 (33,3)	17 (56,7)	13 (43,3)	28 (93,3)	2 (6,7)
Кардиогенный шок / Cardiogenic shock	18 (90,0)	2 (10,0)	19 (95,0)	1 (5,0)	17 (85,0)	3 (15,0)	20 (100,0)	–
Синдром быстро прогрессирующего гломерулонефрита / Rapidly progressive glomerulonephritis	7 (87,5)	1 (12,5)	7 (87,5)	1 (12,5)	5 (62,5)	3 (37,5)	7 (87,5)	1 (12,5)
Застойная сердечная недостаточность / Congestive heart failure	–	3 (100)	–	3 (100,0)	–	3 (100,0)	2 (66,7)	1 (33,3)
Острый панкреатит / Acute pancreatitis	1 (33,3)	2 (66,7)	1 (33,3)	2 (66,7)	–	3 (100,0)	3 (100,0)	–

Таблица 3

Качественные и количественные критерии исследуемых методов в зависимости от этиологии острого повреждения почек

Table 3

Qualitative and quantitative criteria of the studied methods depending on acute kidney injury etiology

Клиническая причина ОПП / AKI clinical cause	Метод / Method		
	ДВИ / DWI		АСЛ-перфузия, мл/100 г/мин // ASL perfusion, ml/100 g/min
	Ограничение диффузии / Diffusion limitation	ИКД, $\times 10^{-3}$ мм ² /с // ADC, $\times 10^{-3}$ мм ² /с	
Острое нарушение мозгового кровообращения* / Acute stroke*	Нет / No	1,8–2,1	100–115
Кардиогенный шок* / Cardiogenic shock*	Нет / No	1,8–2,1	100–115
Синдром быстро прогрессирующего гломерулонефрита** / Rapidly progressive glomerulonephritis**	Есть / Yes	<1,79	100–115
Застойная сердечная недостаточность* / Congestive heart failure*	Нет / No	1,8–2,1	100–115
Острый панкреатит* / Acute pancreatitis*	Нет / No	1,8–2,1	100–115
Обструкция мочевого пузыря/непроходимость мочеточника*** // Bladder/ureteral obstruction***	Есть / Yes	<1,79	120–249
Группа контроля / Control group	Нет / No	1,8–2,1	>470

Примечание. ОПП – острое повреждение почек; ДВИ – диффузионно-взвешенное изображение; ИКД – измеряемый коэффициент диффузии; ASL (arterial spin labeling) – маркирование артериальных спинов. * Преренальная причина. ** Ренальная причина. *** Постренальная причина.

Note. AKI – acute kidney injury; DWI – diffusion-weighted image; ADC – apparent diffusion coefficient; ASL – arterial spin labeling. * Prerenal cause. ** Renal cause. *** Postrenal cause.

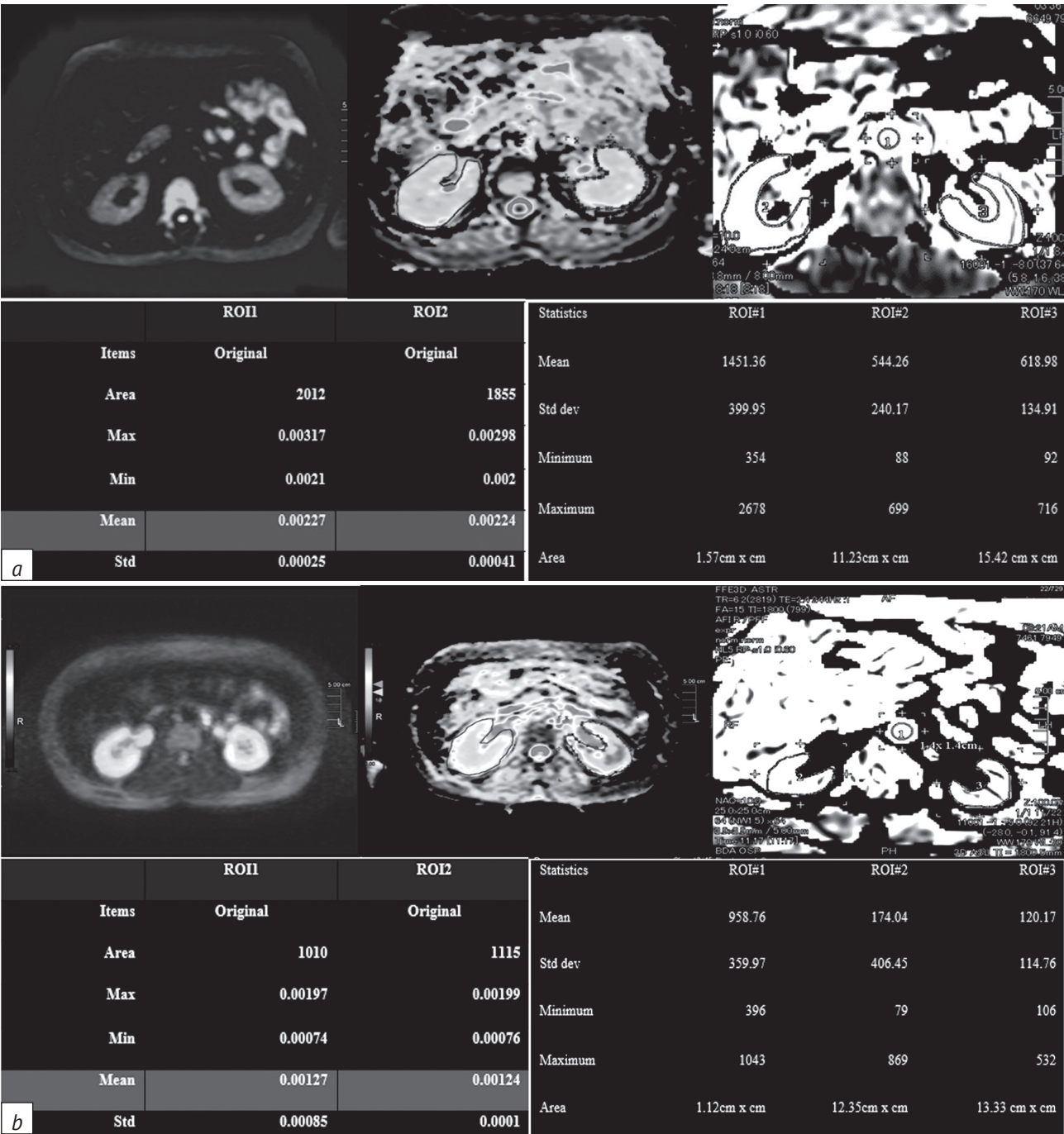


Рис. 2. Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) и результаты перфузии с маркированием артериальных спинов (arterial spin labeling, ASL):

a – вариант нормы (пациент А., 50 лет), отсутствуют признаки острого повреждения почек (ОПП): качественно на ДВИ признаков ограничения диффузии не выявлено, количественно измеряемый коэффициент диффузии (ИКД, среднее значение) – правая почка (ROI1) $2,27 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, левая почка (ROI2) $2,242,24 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, ASL-перфузия (среднее значение) – правая почка (ROI2) 544,26 мл/100 г/мин, левая почка (ROI3) 618,98 мл/100 г/мин; *b* – ОПП (пациентка Е., 42 года): качественно на ДВИ ограничение диффузии, количественно ИКД (среднее значение) – правая почка (ROI1) $1,272,24 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, левая почка (ROI2) $1,242,24 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, ASL-перфузия (среднее значение) – правая почка (ROI2) 174,04 мл/100 г/мин, левая почка (ROI3) 120,17 мл/100 г/мин, имеет место постренальная причина

Fig. 2. Diffusion-weighted images (DWI) and results of renal arterial spin labeling (ASL) perfusion:
a – normal variant (patient A., 50 years old), no signs of acute kidney injury (AKI): qualitatively, DWI revealed no signs of diffusion limitation, quantitatively apparent diffusion coefficient (ADC, mean) – right kidney (ROI1) $2.27 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, left kidney (ROI2) $2.24 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, ASL perfusion (mean) – right kidney (ROI2) 544.26 ml/100 g/min, left kidney (ROI3) 618.98 ml/100 g/min; *b* – AKI (patient E., 42 years old): qualitatively DWI shows diffusion limitation, quantitatively ICD (mean) – right kidney (ROI1) $1.27 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, left kidney (ROI2) $1.24 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, ASL perfusion (mean) – right kidney (ROI2) 174.04 ml/100 g/min, left kidney (ROI3) 120.17 ml/100 g/min; there is a postrenal cause

Дополнительное определение причины ОПП позволяет клиницисту разработать индивидуальную тактику лечения, что особенно актуально для пациентов, у которых показатели СКФ не отражают изменений в мочевыделительной системе. Определение причинного фактора ОПП важно для последующей тактики ведения больного. Так, при прerenальной причине необходимо активное введение плазмозамещающих растворов, при ренальной парентеральное введение жидкости требует предельной осторожности. Также обращает на себя внимание тот факт, что увеличение показателей ASL-перфузии почек положительно сказывалось на клинко-лабораторной картине у пациентов с ОПП ($r=0,903$).

Обсуждение / Discussion

Нами представлен способ комплексной оценки, который позволяет установить диагноз ОПП до манифестации в лабораторных исследованиях. Учитывая, что ДВИ показывают наличие ограничения диффузии как патологический маркер, в совокупности с количественным показателем ИКД они применимы для диагностики повреждения почек. Дополнительное использование ASL-перфузии дает возможность оценивать динамику процесса. Благодаря совместному применению ДВИ и ASL-перфузии можно выявить причинный фактор патологии.

Если рассматривать процесс на примере прerenального ОПП, то вначале на фоне дефицита объема циркулирующей крови происходит снижение перфузии почки (которое при МРТ-исследовании отражается в виде снижения ASL-перфузии), выражающееся в уменьшении СКФ и эффективного почечного кровотока, что клинически проявляется темпом диуреза менее 0,5 мл/кг/ч. Происходящая одновременно активация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы приводит к активации реабсорбции натрия первичной мочи и воды. На задержку жидкости в нефронах почки указывают изменение показателя ИКД и ограничение диффузии (поскольку ДВИ отражают диффузию молекул воды во внеклеточном пространстве, которая при патологических процессах нарушается) [10].

Ранняя оценка ОПП, несомненно, важна, поскольку при своевременной диагностике и грамотном лечении возможно частичное или полное восстановление почечной функции с сохранением работоспособности и качества жизни пациента.

Заключение / Conclusion

Особенностью совместного применения ДВИ и ASL-перфузии почек при ОПП является комплексная оценка качественного и количественного критериев по данным ДВИ и количественного критерия по данным ASL-перфузии. Результаты такого исследования позволяют прогнозировать причину ОПП.

Литература

1. Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract.* 2012; 120(4): 179–84. <https://doi.org/10.1159/000339789>.
2. KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney Int Suppl.* 2012; 2: 1–138. <https://doi.org/10.1038/kisup.2012.3>.
4. Смирнов А.В., Каюков И.Г., Добронравов В.А., Румянцев А.Ш. Острое повреждение почек: концептуальные проблемы. *Нефрология.* 2014; 18(2): 8–24.
3. Остерманн М. Острое повреждение почек у пациентов в критическом состоянии как общемировая проблема. *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2019; 16(2): 83–95. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-2-83-95>.
5. Морозов Ю.А., Марченко Т.В. Патолофизиологические аспекты острого почечного повреждения. *Почки.* 2012; 2: 72–7.
6. Ricci Z, Cruz D, Ronco C. The RIFLE classification for acute kidney injury definition. *Kidney Int.* 2008; 73(5): 538–46. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002743>.
7. Cruz DN, Bagshaw SM, Ronco C, Ricci Z. Acute kidney injury: classification and staging. *Contrib Nephrol.* 2010; 164: 24–32. <https://doi.org/10.1159/000313717>.
8. Franklin SL, Bones IK, Hartevelde AA, et al. Multi-organ comparison of flow-based arterial spin labeling techniques: spatially non-selective labeling for cerebral and renal perfusion imaging. *Magn Reson Med.* 2021; 85(5): 2580–94. <https://doi.org/10.1002/mrm.28603>.
9. Труфанов Г.Е., Фокин В.А., Асатурян Е.Г. и др. Методика артериального спинового маркирования: клиническое применение. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2019; 9(4): 129–47. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-4-129-147>.
10. De Perrot T, Sadjo Zoua C, Glessgen CG, et al. Diffusion-weighted MRI in the genitourinary system. *J Clin Med.* 2022; 11(7): 1921. <https://doi.org/10.3390/jcm11071921>.
11. Sugiyama K, Inoue T, Kozawa E, et al. Reduced oxygenation but not fibrosis defined by functional magnetic resonance imaging predicts the long-term progression of chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant.* 2020; 35(6): 964–70. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfy324>.

References

1. Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract.* 2012; 120(4): 179–84. <https://doi.org/10.1159/000339789>.
2. KDIGO clinical practice guideline for acute kidney injury. *Kidney Int Suppl.* 2012; 2: 1–138. <https://doi.org/10.1038/kisup.2012.3>.
4. Smirnov AV, Kayukov IG, Dobronravov VA, Rumyantsev ASH. Acute kidney injury: conceptual problems. *Nephrology*

- (Saint-Petersburg). 2014; 18(2): 8–24 (in Russ).
3. Ostermann M. Acute kidney injury during critical illness – a global challenge. *Messenger of Anesthesiology and Resuscitation*. 2019; 16(2): 83–95 (in Russ). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2019-16-2-83-95>.
 5. Morozov Yu.A., Marchenko T.V. Pathophysiological aspects of acute renal injury. *Pochki / Kidneys*. 2012; 2: 72–7 (in Russ).
 6. Ricci Z, Cruz D, Ronco C. The RIFLE classification for acute kidney injury definition. *Kidney Int*. 2008; 73(5): 538–46. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5002743>.
 7. Cruz DN, Bagshaw SM, Ronco C, Ricci Z. Acute kidney injury: classification and staging. *Contrib Nephrol*. 2010; 164: 24–32. <https://doi.org/10.1159/000313717>.
 8. Franklin SL, Bones IK, Harteveld AA, et al. Multi-organ comparison of flow-based arterial spin labeling techniques: spatially non-selective labeling for cerebral and renal perfusion imaging. *Magn Reson Med*. 2021; 85(5): 2580–94. <https://doi.org/10.1002/mrm.28603>.
 9. Trufanov GE, Fokin VA, Asaturyan EG, et al. Arterial spin labeling: clinical applications. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2019; 9(4): 129–47 (in Russ). <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2019-9-4-129-147>.
 10. De Perrot T, Sadjo Zoua C, Glessgen CG, et al. Diffusion-weighted MRI in the genitourinary system. *J Clin Med*. 2022; 11(7): 1921. <https://doi.org/10.3390/jcm11071921>.
 11. Sugiyama K, Inoue T, Kozawa E, et al. Reduced oxygenation but not fibrosis defined by functional magnetic resonance imaging predicts the long-term progression of chronic kidney disease. *Nephrol Dial Transplant*. 2020; 35(6): 964–70. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfy324>.



Редкий случай рецидивирующей липосаркомы забрюшинного пространства с метастазированием в мягкие ткани

Магомедова У.М.¹, Нечаев В.А.¹, Куликова Е.А.¹, Юдин А.Л.², Юматова Е.А.²

¹ ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина ДЗМ», Коломенский пр-д, 4, Москва, 115446, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, 1, Москва, 117513, Российская Федерация

Магомедова Уамат Муртазалиевна, врач-рентгенолог ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина ДЗМ»; <http://orcid.org/0009-0005-9187-1390>

Нечаев Валентин Александрович, к. м. н., заведующий центром комплексной диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0002-6716-5593>

Куликова Евгения Александровна, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина ДЗМ»; <http://orcid.org/0000-0002-0319-4934>

Юдин Андрей Леонидович, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-0310-0889>

Юматова Елена Анатольевна, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и терапии медико-биологического факультета ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; <https://orcid.org/0000-0002-6020-9434>

Резюме

В статье представлен клинический случай рецидивирующей липосаркомы забрюшинного пространства с редко встречающимся типом отдаленного метастазирования в мягкие ткани на фоне проводимого хирургического и химиотерапевтического лечения. Проанализированы история болезни и результаты компьютерной томографии (КТ) пациента, находящегося на лечении и диспансерном наблюдении в филиале «Онкологический центр № 1» ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина ДЗМ» с мая 2021 г. по настоящее время. Применение КТ остается чрезвычайно важным этапом обследования больных с забрюшинной липосаркомой для оценки местной распространенности опухоли и выявления отдаленных вторичных очагов поражения, в том числе в мягких тканях.

Ключевые слова: липосаркома забрюшинного пространства; рецидив; дедифференцированная липосаркома; компьютерная томография; КТ.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Магомедова У.М., Нечаев В.А., Куликова Е.А., Юдин Л.А., Юматова Е.А. Редкий случай рецидивирующей липосаркомы забрюшинного пространства с метастазированием в мягкие ткани. Вестник рентгенологии и радиологии. 2024; 105(4): 202–207. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-202-207>

Для корреспонденции: Магомедова Уамат Муртазалиевна, E-mail: magomedovaum23@mail.ru

Статья поступила 09.09.2024

После доработки 02.11.2024

Принята к печати 05.11.2024

A Rare Case of Recurrent Retroperitoneal Liposarcoma with Metastasis to Soft Tissues

Uamat M. Magomedova¹, Valentin A. Nechaev¹, Evgenia A. Kulikova¹, Andrey L. Yudin², Elena A. Yumatova²

¹ Yudin City Clinical Hospital,
Kolomenskiy proezd, 4, Moscow, 115446, Russian Federation
² Pirogov Russian National Research Medical University,
ul. Ostrovityanova, 1, Moscow, 117513, Russian Federation

Umamat M. Magomedova, Radiologist, Yudin City Clinical Hospital;
<http://orcid.org/0009-0005-9187-1390>

Valentin A. Nechaev, Cand. Med. Sc., Head of Center for Complex Diagnostics, Yudin City Clinical Hospital;
<http://orcid.org/0000-0002-6716-5593>

Evgenia A. Kulikova, Head of Department of Radiation Diagnostics, Yudin City Clinical Hospital;
<http://orcid.org/0000-0002-0319-4934>

Andrey L. Yudin, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Faculty of Medicine and Biology, Pirogov Russian National Research Medical University;
<http://orcid.org/0000-0002-0310-0889>

Elena A. Yumatova, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Faculty of Medicine and Biology, Pirogov Russian National Research Medical University;
<https://orcid.org/0000-0002-6020-9434>

Abstract

The article describes a clinical case of recurrent retroperitoneal liposarcoma with a rare type of distant metastasis in a patient undergoing surgical and chemotherapy treatment in Cancer Center No. 1 (branch of Yudin City Clinical Hospital) since May 2021. The patient's medical history and computed tomography (CT) results were analyzed. The use of CT remains an extremely important stage in the examination of patients with retroperitoneal liposarcoma for assessing local prevalence, identifying distant secondary lesions, including ones to soft tissues.

Keywords: retroperitoneal liposarcoma; relapse; dedifferentiated liposarcoma; computed tomography; CT.

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

For citation: Magomedova UM, Nechaev VA, Kulikova EA, Yudin AL, Yumatova EA. A rare case of recurrent retroperitoneal liposarcoma with metastasis to soft tissues. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(4): 202–207 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-202-207>

For corresponding: Umamat M. Magomedova, E-mail: magomedovaum23@mail.ru

Received September 9, 2024

Revised November 2, 2024

Accepted November 5, 2024

Введение / Introduction

Липосаркома – наиболее часто встречающаяся забрюшинная мезенхимальная опухоль, которая составляет около 13% от всех видов сарком мягких тканей [1]. Локализация отдаленных метастазов весьма вариабельна и в ряде случаев зависит от морфологического вида новообразования. К примеру, плеоморфная липосаркома метастазирует преимущественно в легкие, а миксоидная – в кости и мягкие ткани. При этом частота вторичного поражения костей выше, чем легких (17% против 14%) [2].

Совершенствование диагностики и тактики ведения пациентов с неорганными забрюшинными липосаркомками актуально, поскольку отдаленные результаты лечения этой патологии зачастую остаются неудовлетворительными. В настоящее время наиболее эффективным методом лечения является хирургический [3].

Лучевые методы диагностики играют важную роль в оценке распространенности первичной опухоли и выявлении вторичных изменений, а также

в динамическом контроле для исключения рецидива заболевания. Основным методом является компьютерная томография (КТ) с внутривенным контрастным усилением, которая должна включать визуализацию органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза. Магнитно-резонансная томография может быть проведена в случаях сомнительных результатов КТ, при наличии у пациентов аллергии на йодсодержащий контрастный препарат или для детальной оценки органов малого таза, в частности при вовлечении мышц, костей, нервных корешков или крупных сосудов, а также в случае плановой предоперационной лучевой терапии для оценки локальной протяженности опухоли и отека тканей. Позитронно-эмиссионная томография с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой также может быть использована для выявления отдаленных метастазов, однако ее применение не является рутинным [4].

В статье приведено клиническое наблюдение, которое демонстрирует редкую локализацию и характеристики метастаза забрюшинной липосаркомы.

мы, сложности лечения и возможности эффективного контроля течения заболевания с помощью КТ.

Описание случая / Case report

Пациенту С. 48 лет в августе 2020 г. в рамках диспансеризации проведено ультразвуковое исследование органов брюшной полости, при котором отмечено объемное образование забрюшинного пространства слева. С целью уточнения распространенности выявленных изменений выполнена КТ органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза с внутривенным контрастным усилением. По результатам исследования забрюшинно слева визуализировалось образование жировой плотности неправильной формы с неровными нечеткими контурами размерами 111×93 мм, оттесняющее окружающие органы и ткани (рис. 1).

В том же году пациенту было проведено хирургическое удаление опухоли с последующей гистологической верификацией – липосаркома забрюшинного пространства. Впоследствии при динамическом наблюдении в марте 2021 г. был выявлен рецидив опухоли, по поводу чего выполнялась повторная операция: удаление рецидивной опухоли забрюшинного пространства с левосторонней нефрэктомией и гемиколэктомией слева. По результатам гистологического исследования – высокодифференцированная липосаркома забрюшинного пространства.

В дальнейшем при контрольном обследовании в октябре 2021 г. по данным КТ в S6-сегменте правого легкого определялось одиночное солидное образование округлой формы с четкими ровными контурами жировой плотности диаметром 14 мм (рис. 2). Данных за дополнительные образования на уровне сканирования, рецидив в об-

ласти оперативного вмешательства не получено. В ноябре 2021 г. проведена видеоассистированная S6-сегментэктомия правого легкого с последующим гистологическим исследованием: рост веретенчатой опухоли с поражением нижней доли правого легкого.

В 2023 г. по результатам очередной проведенной КТ в зоне ранее удаленной забрюшинной опухоли выявлено образование жировой плотности

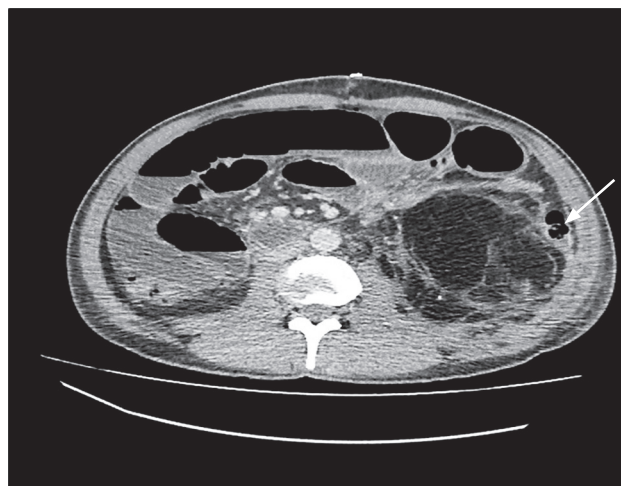


Рис. 1. Компьютерная томограмма (КТ) органов брюшной полости с внутривенным контрастным усилением, аксиальная плоскость (венозная фаза). Образование забрюшинно слева, неоднородной плотности с жировым компонентом и нечеткими контурами (стрелка), тесно прилегающее к левой большой поясничной мышце

Fig. 1. Abdominal computed tomography (CT) scan with intravenous contrast enhancement, axial plane (venous phase). A space-occupying mass is retroperitoneal on the left, with heterogeneous density, fatty component, and clear contours (arrow), closely adjacent to the left large lumbar muscle

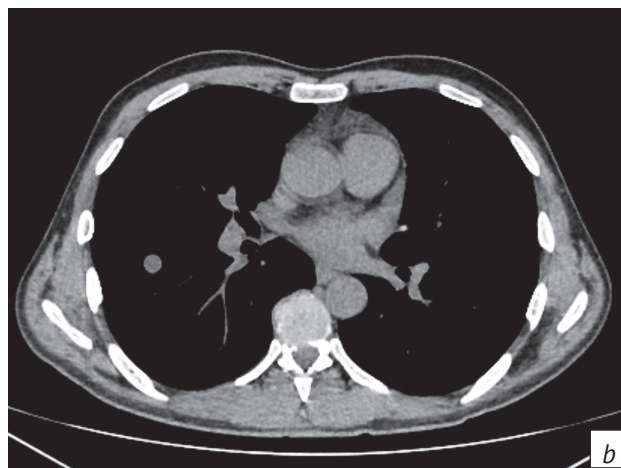


Рис. 2. КТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость (a, b). В S6-сегменте правого легкого одиночный солидный очаг округлой формы с четкими ровными контурами и наличием в структуре жирового компонента (-6 HU)

Fig. 2. Thoracic CT-scan, axial plane (a, b). In S6 segment of the right lung there is one solid rounded nodule with clear contours with fat component (-6 HU)

с облаковидным уплотнением, тонкими стенками, размерами 71×59 мм, тесно прилежащее к телу поджелудочной железы, расцененное как рецидив (рис. 3). Кроме того, в толще ягодичных мышц



справа определялось образование овальной формы с четкими неровными контурами, неоднородно накапливающее контрастный препарат, размерами 91×57 мм (рис. 4). При ретроспективном анализе данные изменения в мягких тканях правой ягодичной области можно было заподозрить на предыдущем исследовании (рис. 5).

Пациенту выполнена трепанбиопсия мягкотканного образования правой ягодичной области и по результатам гистологического и иммуногистохимического исследований получены данные

Рис. 3. КТ органов брюшной полости, аксиальная плоскость, венозная фаза. В области резекции опухоли забрюшинного пространства слева – образование неправильной формы жировой плотности (стрелка)

Fig. 3. Abdominal CT scan, axial plane, venous phase. In the area of retroperitoneal tumor resection on the left, there is a mass of irregular form with fat density (arrow)

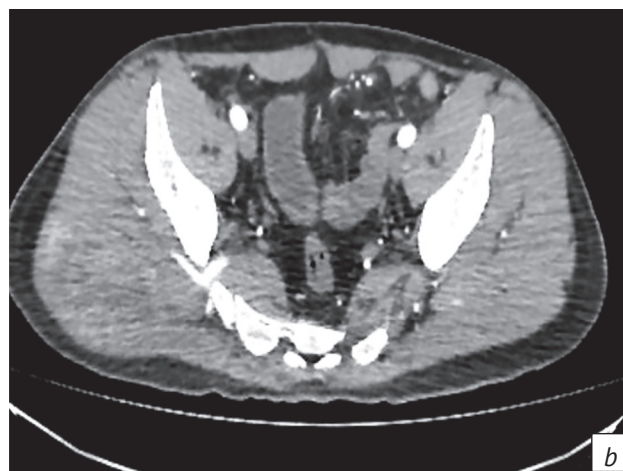
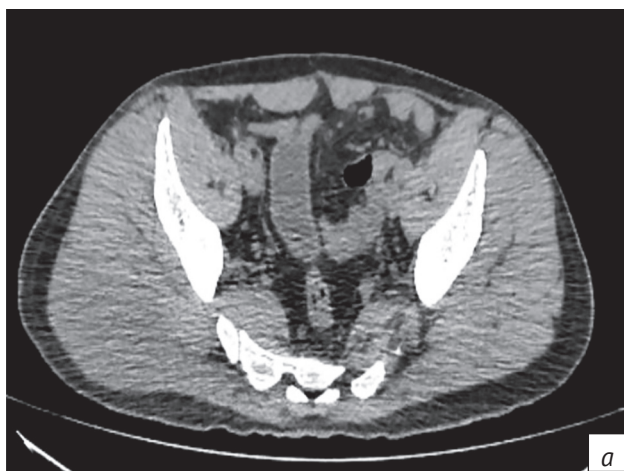


Рис. 4. КТ органов малого таза в аксиальной плоскости в нативной (а), артериальной (b), венозной (c), отсроченной (d) фазах контрастирования. В правой ягодичной области мягкотканное образование, неоднородно накапливающее контрастный препарат от периферии к центру, с максимальным накоплением к отсроченной фазе сканирования

Fig. 4. Pelvic CT-scan, axial plane; native (a), arterial (b), venous (c), delayed (d) contrast phases. In the right gluteal region, there is a soft tissue mass heterogeneously accumulating the contrast agent from the periphery to the center, with maximum accumulation towards the delayed phase of scanning

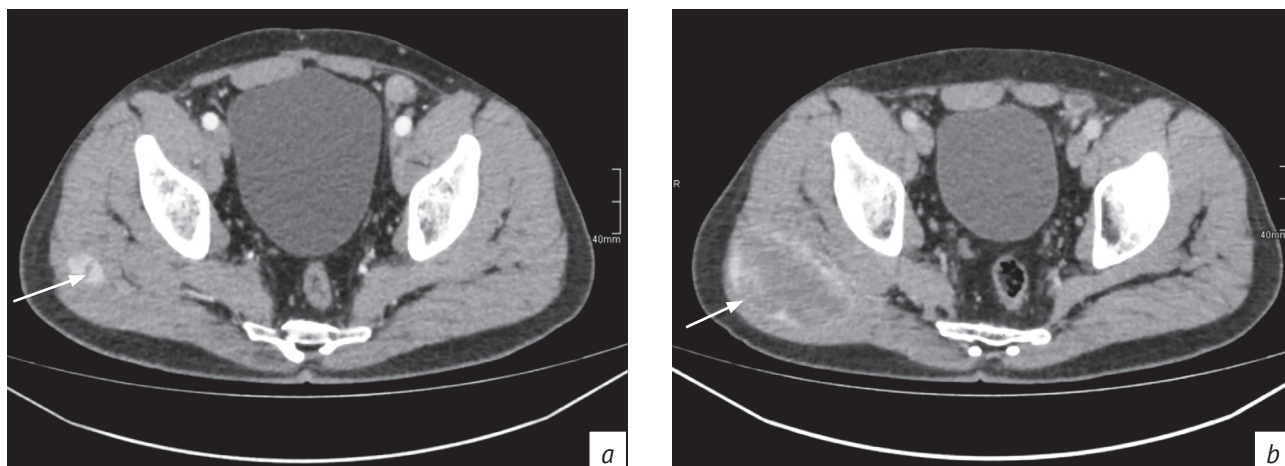


Рис. 5. КТ органов малого таза, аксиальная плоскость, венозная фаза. Представлена динамика роста мягкотканного образования в правой ягодичной области (стрелки) на исследованиях от ноября 2022 г. (а) и апреля 2023 г. (b)

Fig. 5. Pelvic CT scans, axial plane, venous phase. Growth dynamics of soft tissue mass in the right gluteal region (arrows) are presented on studies dated November, 2022 (a) and April, 2023 (b)

о росте дедифференцированной липосаркомы мягких тканей правой ягодичной области.

На междисциплинарном онкологическом консилиуме в мае 2023 г., учитывая морфологический вариант опухоли, распространенность процесса, рекомендовано проведение паллиативной химиотерапии по схеме «доксорубицин + ифосфамид».

В июле 2023 г. выполнена очередная контрольная КТ органов грудной клетки, брюшной полости и малого таза с внутривенным контрастированием, по результатам которой отмечен рост размеров образования в забрюшинном пространстве слева, а также увеличение размеров образования в мягких тканях правой ягодичной области.

По результатам онкоконсилиума от июля 2023 г., учитывая стадию заболевания, морфологический тип опухоли, недостаточный эффект первой линии лекарственной противоопухолевой терапии, рекомендовано оперативное лечение в объеме удаления рецидивной опухоли забрюшинного пространства (проведено в августе 2023 г.). Инвазии опухоли в окружающие органы и сосуды не выявлено. Пациенту проведено три курса химиотерапии по схеме GemTax (в редуцированных дозах) без положительного эффекта. На контрольных КТ-исследованиях наблюдается продолженный рост метастаза в мягких тканях правой ягодичной области. В феврале 2024 г. больному выполнено оперативное вмешательство в объеме широкого иссечения новообразования мягких тканей правой ягодичной области. Морфологическая картина не противоречит дедифференцированной липосаркоме с признаками неполного морфологического регресса в опухоли на фоне лечения.

На контрольном КТ-исследовании от апреля 2024 г. данных за продолженный рост в зоне резек-

ции правой ягодичной области не выявлено. В настоящий момент пациент находится под динамическим наблюдением.

Обсуждение / Discussion

Клинические признаки липосаркомы неспецифичны, симптомы появляются при значительных размерах опухоли, ее смещении, компрессии соседних органов, магистральных сосудов и нервных пучков. Появление симптомов определяется локализацией и размерами опухоли, зачастую пациенты жалуются на разлитые боли в животе или спине, отеки нижних конечностей, а также боль, характерную для почечной колики [5, 6].

Забрюшинные липосаркомы подразделяются на четыре гистологических типа с разными клиническим течением и прогнозом [3]:

- атипичная липоматозная опухоль / высокодифференцированная липосаркома (низкой степени злокачественности, G-1);
- миксоидная (G-2);
- плеоморфная (G-3);
- дедифференцированная (высокозлокачественная, G-3).

Встречаемость дедифференцированной липосаркомы составляет 15% от всех липосарком. Данный гистологический тип характеризуется как высокозлокачественная саркома, возникающая из высокодифференцированной липосаркомы, которая приобретает метастатический потенциал [7]. Частота метастазов забрюшинной дедифференцированной липосаркомы сравнительно ниже, чем у других подтипов, и варьируется в пределах от 1% до 18% [8]. Однако частота рецидивов выше, чем количество отдаленных метастазов: на долю местных рецидивов приходится от 40% до 60%,

частота отдаленных метастазов колеблется от 10% до 15% [9–11].

Особый интерес в нашем наблюдении представляет локализация и структура отдаленного метастаза в мягких тканях правой ягодичной области, не схожая с первичной опухолью и представляющая трудности в диагностике. В доступной мировой литературе описано три подобных случая метастазирования забрюшинной липосаркомы [9, 11].

В публикации Н.У. Huang et al. (2005 г.) [11] представлены результаты клинического наблюдения отдаленного метастазирования дедифференцированных забрюшинных липосарком. Авторами рассмотрено 354 случая с подтвержденным диагнозом забрюшинной липосаркомы, из которых 7 пациентов имели отдаленные метастазы. Объектами метастазирования были легкие у 4 больных, мягкие ткани у 2 и печень у 1. У всех 7 больных в первичной опухоли выявлены дедифференцированные элементы [11].

В нашем клиническом наблюдении частота рецидивов была больше числа отдаленных метастазов. Несмотря на хирургическое вмешательство на первом этапе, отмечался ранний рецидив заболевания и метастазирование в легкое с последующим его хирургическим лечением. Однако через некоторое время на контрольных обследованиях были выявлены неоднократные рециди-

вы основного заболевания, а также нетипичный метастаз в мягкие ткани ягодичной области. На сегодняшний день этот метастаз невосприимчив к химиотерапевтическому лечению, которое оказалось невозможным ввиду больших размеров и распространения метастаза.

Не всегда наличие местных рецидивов является первостепенным. Так, К. Yoshida et al. (2019 г.) [9] описывают случай отдаленного метастаза забрюшинной липосаркомы в легкие, который не имел местного рецидива после хирургической резекции.

Закключение / Conclusion

Представленный клинический случай демонстрирует редкую локализацию и нетипичную структуру отдаленного метастаза липосаркомы забрюшинного пространства в мягкие ткани, а также сложности лечения основного заболевания ввиду его агрессивного течения, поэтому представляет повышенный интерес для онкологов, хирургов, а также для рентгенологов.

В сравнении с другими инструментальными исследованиями КТ играет первостепенную роль в выявлении забрюшинных липосарком, предоперационном планировании, определении послеоперационных осложнений, динамическом контроле, а также в оценке эффективности проводимого лечения.

Литература [References]

- Dehner CA, Hagemann IS, Chrisinger JSA. Retroperitoneal dedifferentiated liposarcoma. *Am J Clin Pathol*. 2021; 156 (5): 920–5. <https://doi.org/10.1093/ajcp/aqab051>.
- Волков А.Ю., Неред С.Н., Козлов Н.А. и др. Прогностические группы при забрюшинных высокодифференцированных и дедифференцированных липосаркомах. *Медицинский совет*. 2021; 45: 94–102. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-45-94-102>. [Volkov AYU, Nered SN, Kozlov NA, et al. Prognostic groups in retroperitoneal well-differentiated and dedifferentiated liposarcomas. *Meditsinskiy sovet / Medical Council*. 2021; 45: 94–102 (in Russ). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2021-45-94-102>.]
- Волков А.Ю., Неред С.Н., Любченко Л.Н. Забрюшинные неорганные липосаркомы: современный взгляд на проблему. *Сибирский онкологический журнал*. 2019; 18(5): 86–96. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2019-18-5-86-96>. [Volkov AYU, Nered SN, Lyubchenko LN. Retroperitoneal non-organ liposarcomas: the modern concept. *Siberian Journal of Oncology*. 2019; 18(5): 86–96 (in Russ). <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2019-18-5-86-96>.]
- Jolissaint JS, Raut CP, Fairweather M. Management of recurrent retroperitoneal sarcoma. *Curr Oncol*. 2023; 30(3): 2761–9. <https://doi.org/10.3390/curroncol30030209>.
- Improta L, Tzanis D, Bouhadiba T, et al. Overview of primary adult retroperitoneal tumours. *Eur J Surg Oncol*. 2020; 46(9): 1573–9. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2020.04.054>.
- Casciani E, Poletini E, Sollaku S, et al. Imaging of primary retroperitoneal neoplasms. *Ann Ital Chir*. 2022; 93: 489–503.
- Petronella P, Scorzelli M, Iannacci G. Clinical considerations on the retroperitoneal liposarcomas. *Ann Ital Chir*. 2012; 83(1): 35–9.
- Masaki N, Onozawa M, Inoue T, et al. Clinical features of multiply recurrent retroperitoneal liposarcoma: a single-center experience. *Asian J Surg*. 2021; 44(1): 380–5. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2020.10.015>.
- Yoshida K, Yoshida M, Haisa M, et al. A case report of left lower lobe segmentectomy for pulmonary metastasis from retroperitoneal liposarcoma. *Int J Surg Case Rep*. 2019; 61: 169–73. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2019.07.059>.
- Tseng WW, Madewell JE, Wei W, et al. Locoregional disease patterns in well-differentiated and dedifferentiated retroperitoneal liposarcoma: implications for the extent of resection? *Ann Surg Oncol*. 2014; 21(7): 2136–43. <https://doi.org/10.1245/s10434-014-3643-4>.
- Huang HY, Brennan M, Singer S, Antonescu CR. Distant metastasis in retroperitoneal dedifferentiated liposarcoma is rare and rapidly fatal: a clinicopathological study with emphasis on the low-grade myxofibrosarcoma-like pattern as an early sign of dedifferentiation. *Mod Pathol*. 2005; 18(7): 976–84. <https://doi.org/10.1038/modpathol.3800381>.



Сложный случай диагностики шванномы мягких тканей грудной стенки

Переведенцев М.В.¹, Подольская Е.А.², Воротынцева Н.С.², Кретьова Е.Н.¹

¹ ОБУЗ «Курский онкологический научно-клинический центр им. Г.Е. Островерхова», ул. Елисеева, 1, Курская обл., хутор Кислино, 305524, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. К. Маркса, 3, Курск, 305000, Российская Федерация

Переведенцев Михаил Владимирович, врач ультразвуковой диагностики центра лучевой диагностики ОБУЗ «Курский онкологический научно-клинический центр им. Г.Е. Островерхова»; <http://orcid.org/0009-0008-3793-1649>

Подольская Елена Анатольевна, д. м. н., профессор кафедры лучевой диагностики и терапии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-1028-1964>

Воротынцева Наталья Сергеевна, д. м. н., профессор, заведующая кафедрой лучевой диагностики и терапии ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России; <http://orcid.org/0000-0002-5216-327X>

Кретьова Елена Николаевна, врач-рентгенолог центра лучевой диагностики ОБУЗ «Курский онкологический научно-клинический центр им. Г.Е. Островерхова»; <http://orcid.org/0009-0001-0456-6946>

Резюме

В статье приведено клиническое наблюдение пациентки 1963 г.р., обследованной и пролеченной в ОБУЗ «Курский онкологический научно-клинический центр им. Г.Е. Островерхова» в 2024 г. Проиллюстрирована сложность дооперационной диагностики шванномы: полное несоответствие жалоб и клинических проявлений, редкая для шванномы локализация (мягкие ткани грудной стенки, забрюшинное пространство), разночтения результатов комплексной предоперационной диагностики (мультисрезовая компьютерная томография, ультразвуковое исследование, позитронно-эмиссионная томография с компьютерной томографией), проблемы гистологического исследования биопсийного материала, полученного при core-биопсии опухоли под ультразвуковым контролем. Окончательный диагноз удалось установить только после выполнения радикальной операции с резекцией ребра. Данная публикация может помочь рентгенологам, врачам ультразвуковой диагностики, морфологам, онкологам, хирургам накопить клинический опыт для выбора оптимальных методов диагностики, разработки алгоритма ведения пациентов.

Ключевые слова: шваннома; ультразвуковая диагностика; core-биопсия; мягкие ткани грудной стенки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Переведенцев М.В., Подольская Е.А., Воротынцева Н.С., Кретьова Е.Н. Сложный случай диагностики шванномы мягких тканей грудной стенки. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(4): 208–213. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-208-213>

Для корреспонденции: Подольская Елена Анатольевна, e-mail: ear25@mail.ru

Статья поступила 14.09.2024

После доработки 02.11.2024

Принята к печати 05.11.2024

Chest Soft Tissue Schwannoma: a Difficult Case of Diagnosis

Mikhail V. Perevedentsev¹, Elena A. Podolskaya², Natalia S. Vorotyntseva², Elena N. Kretova¹

¹ Ostroverkhov Kursk Oncology Scientific and Clinical Center, ul. Eliseeva, 1, Kursk region, khutor Kisliino, 305524, Russian Federation

² Kursk State Medical University, ul. K. Marksa, 3, Kursk, 305000, Russian Federation

Mikhail V. Perevedentsev, Ultrasound Diagnostician, Center for Radiation Diagnostics, Ostroverkhov Kursk Oncology Scientific and Clinical Center; <http://orcid.org/0009-0008-3793-1649>

Elena A. Podolskaya, Dr. Med. Sc., Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Kursk State Medical University; <http://orcid.org/0000-0002-1028-1964>

Natalia S. Vorotyntseva, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Kursk State Medical University; <http://orcid.org/0000-0002-5216-327X>

Elena N. Kretova, Radiologist, Center for Radiation Diagnostics, Ostroverkhov Kursk Oncology Scientific and Clinical Center; <http://orcid.org/0009-0001-0456-6946>

Abstract

The article presents a clinical case of a patient born in 1963, examined and treated at Ostroverkhov Kursk Oncology Scientific and Clinical Center in 2024. The complexity of schwannoma preoperative diagnosis was illustrated: a complete discrepancy between complaints and clinical manifestations, rare localization for schwannoma (chest wall soft tissues, retroperitoneal space), discrepancies in the results of comprehensive preoperative diagnosis (multislice computed tomography, ultrasound, positron emission tomography with computed tomography), problems of histological examination of biopsy material obtained during tumor core biopsy under ultrasound control. The final diagnosis was established only after performing a radical operation with rib resection. The publication can help radiologists, ultrasound diagnosticians, morphologists, oncologists, surgeons to accumulate clinical experience for choosing optimal diagnostic methods and developing an algorithm for patient management.

Keywords: schwannoma; ultrasound diagnostics; core biopsy; chest wall soft tissues.

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

For citation: Perevedentsev MV, Podolskaya EA, Vorotyntseva NS, Kretova EN. Chest soft tissue schwannoma: a difficult case of diagnosis. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(4): 208–213 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-2024-105-4-208-213>

For corresponding: Elena A. Podolskaya, e-mail: eap25@mail.ru

Received September 14, 2024

Revised November 2, 2024

Accepted November 5, 2024

Введение / Introduction

Шванномы (нейролеммомы) – это опухоли оболочки нерва, как правило, доброкачественные, солитарные, медленно растущие, имеющие капсулу, составляющие около 5% всех опухолей мягких тканей. Образования часто бессимптомные и могут быть случайными находками при визуализирующих исследованиях [1].

Важную роль в диагностике играют лучевые методы исследования, однако, несмотря на широкий спектр радиологических характеристик шванном, в большинстве случаев на предоперационном этапе не удается установить окончательный диагноз и провести дифференциальную диагностику между доброкачественной и злокачественной формами [2]. «Диагностической загадкой» для врачей назвали в своей статье опухоль из оболочек периферических нервов забрюшинной локализации Н.Э. Атаханова и др. [3].

При анализе публикаций обращает на себя внимание преобладание описаний отдельных клинических случаев шванном различных локализаций. Практически во всех статьях присутствует описание ультразвуковой картины: размеры опухоли, структура, локализация, васкуляризация и пр. Ультразвуковое исследование (УЗИ) может проводиться в качестве не только скринингового, но и основного метода диагностики опухолей нервов, однако ценность диагностической информации зависит от опыта и квалификации врача при отсутствии уста-

новленного стандартного протокола УЗИ при обследовании пациентов с опухолями нервов [4–6].

Отдельно необходимо отметить проблемы морфологической верификации шванном на дооперационном этапе. Для данной цели применяется пункционная тонкоигольная биопсия под ультразвуковой навигацией, при этом, по данным разных авторов, удается верифицировать от 23% до 68% новообразований [7]. Диагностическая ценность цитологического исследования материала тонкоигольных пункций образований мягких тканей остается спорной, и в случае с доброкачественными пролиферативными процессами или саркомами низкой степени злокачественности цитологическое заключение часто носит описательный и даже двусмысленный характер [1]. Публикаций, описывающих использование core-биопсии для дооперационной верификации данных опухолей, очень мало. В одном клиническом случае, представленном в статье И.Б. Барановой и др., описана успешная гистологическая верификация по трепан-биоптату, в другом иллюстрируется неинформативность биопсийного материала [1].

Ввиду сложностей дооперационной диагностики шванномы считаем целесообразным представить собственное клиническое наблюдение.

Описание случая / Case report

Пациентка С. 1963 г.р. находилась на обследовании и лечении в ОБУЗ «Курский онкологический

научно-клинический центр им. Г.Е. Островерхова» в 2024 г.

Диагноз при поступлении: «Очаговое образование мягких тканей грудной стенки слева. **Жалобы при поступлении:** тяжесть в нижних отделах живота, правом подреберье.

Анамнез жизни. В 2015, 2019 гг. стентирование коронарных артерий. Рак волосистой части головы. Широкое иссечение опухоли в 2018 г.

Анамнез заболевания. Считает себя больной с декабря 2023 г., когда появились вышеперечисленные жалобы.

Обследована в частном медицинском центре, выполнена **мультирезовая компьютерная томография** (МСКТ) органов брюшной полости с внутривенным болюсным усилением (Ультравист® 370–100 мл): слева в параренальной клетчатке по заднему контуру на уровне 11-го межреберья определяется образование с четкими контурами, размерами 18×30×20 мм, со средними значениями плотности 28 HU, однородной структуры, не отделяющееся от заднего листка фасции Героты, с пролабированием в периренальную клетчатку (между почкой и образованием прослеживается узкая полоска клетчатки) и межреберный промежуток без отделения от внутренней косой мышцы живота (рис. 1). Описанное образование равномерно накапливает контраст, плотность в венозную фазу повышается до 58 HU. **Заключение:** объемное образование забрюшинного пространства слева (дифференциальный диагноз между внеорганным образованием и образованием, исходящим из мышцы).

Пациентка была направлена на **УЗИ** с целью определения доступа для биопсии образования забрюшинного пространства слева. **УЗИ** проводилось на аппарате Samsung RS80A с линейным датчиком 3–12 МГц, конвексным датчиком 1–7 МГц. По внутреннему контуру реберной дуги слева, под межреберными мышцами в жировой клетчатке лоцировалось горизонтально ориентированное гипозоногенное, несколько неоднородное образование с четким ровным контуром, размерами 34×16×22 мм. Данное образование интимно прилежало к фасции Героты, деформируя ее, и к контуру левой почки без признаков прорастания в паренхиму (рис. 2). **Заключение:** очаговое образование мягких тканей грудной стенки слева по внутреннему контуру реберной дуги (подозрение на невриному). Доступ для биопсии адекватный.

По данным **позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией** (ПЭТ/КТ), в мягких тканях грудной клетки слева на уровне 11-го межреберья выявлено мягкотканное образование размерами до 29×19 мм, распространяющееся в заднее параренальное пространство, с повышенной активностью фтордезоксиглюкозы (ФДГ) (SUV_{max} 3,32). **Заключение:**

метаболически активная опухоль мягких тканей на уровне 11-го межреберья слева (злокачественный рост); на остальных уровнях сканирования признаков наличия метаболически активной ткани, характерной для ФДГ-позитивного неопластического процесса, не обнаружено.

Выполнена **core-биопсия** образования полуавтоматической иглой 16G под местной анестезией и ультразвуковым контролем. Во время манипуляции отмечена болезненность. Взято четыре фрагмента ткани. Наложена асептическая повязка. **Макроскопически гистологический препарат:** четыре фрагмента ткани. **Микроскопическая картина гистологического препарата:** в биоптате стромальная веретеноклеточная опухоль с мноморфными ядрами; митозы не выявляются, индекс пролиферации Ki-67 – 0. При **иммуногистохимическом исследовании** (ИГХ) в опухоли выявляется экспрессия виментина, S100, рецепторов PR; не выявляется экспрессия ОЦК, ER, SMA. **Заключение:** по иммуноморфологической картине более вероятно веретеноклеточная опухоль нейрогенного гистогенеза.

Пациентке выполнено **дополнительное обследование:**

- **УЗИ** молочных желез с регионарными лимфоузлами (фиброзно-кистозная мастопатия BI-RADS 2 справа, 2 слева);
- контраст-усиленная маммография (плотность по ACR II (13), яркость по VIDAR 1 справа, 1 слева, категория BI-RADS 2 справа, 2 слева);
- видеокOLONOSКОПИЯ (единичные дивертикулы сигмовидной кишки);
- КТ грудной клетки (данных за очаговые и инфильтративные изменения в легких не получено).

Пациентка госпитализирована в хирургическое отделение онкологического центра, где было выполнено удаление внеорганный опухоли.

Описание оперативного вмешательства. Под эндотрахеальным наркозом в асептических условиях после разметки под ультразвуковым контролем в положении пациентки на правом боку выполнен разрез до 4,0 см, окаймляющий 11-е ребро с опухолевидным образованием. Послойно рассечены межреберные мышцы, прошиты сосудистые структуры. Вскрыта плевральная полость. В пределах здоровых тканей выполнена резекция 11-го ребра с опухолевидным образованием с участком диафрагмы, фасции Героты слева. Оставшаяся часть ребра обработана, укрыта надкостницей. Идентифицирован межреберный нерв, перевязан на уровне резекции. Поставлен плевральный дренаж, ушита плевральная полость, рана послойно зашита. Наложены асептические повязки.

Макроскопическое описание операционного гистологического материала. Доставлен лоскут кожи размерами 6×1,5 см с прилежащей

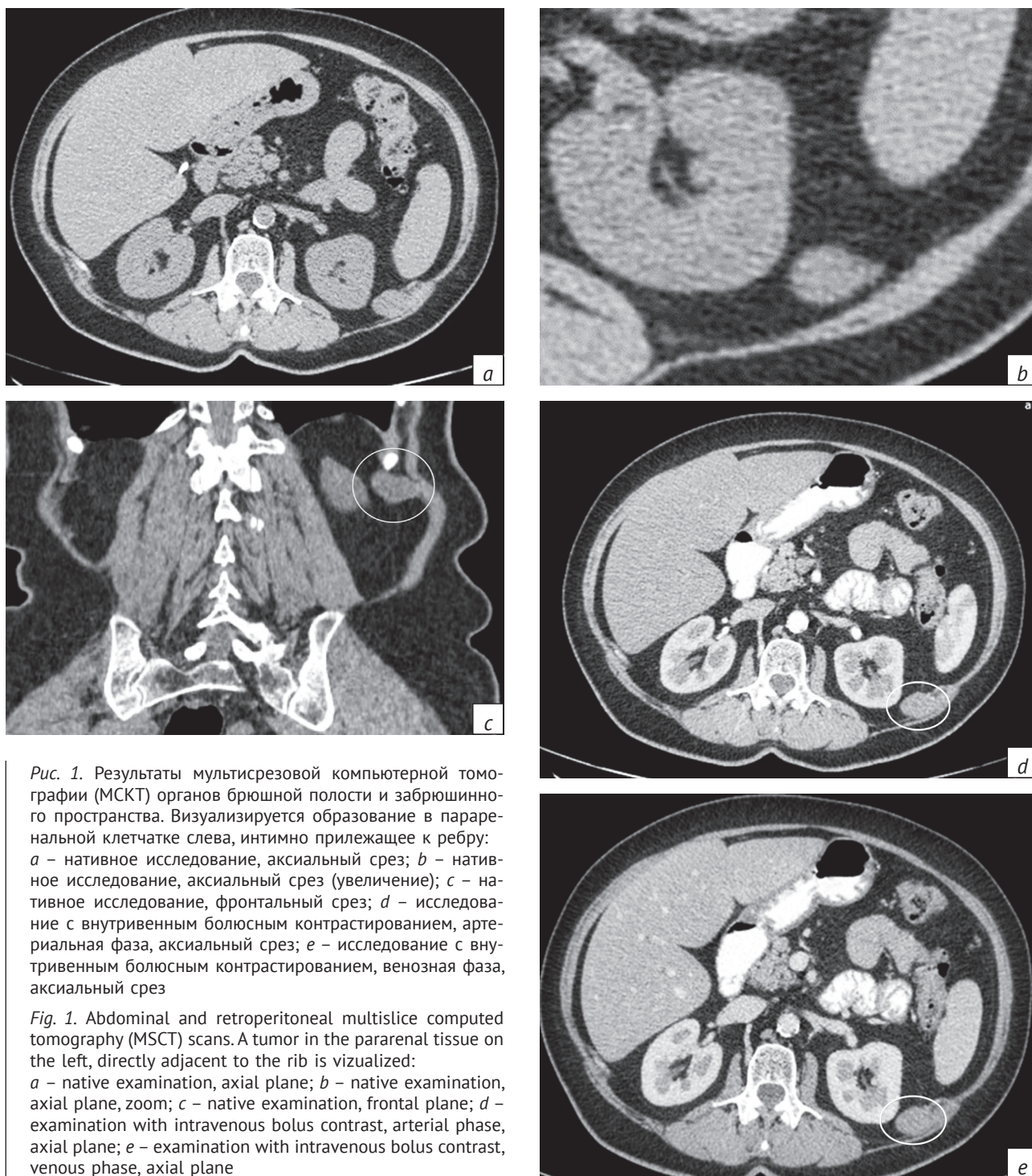


Рис. 1. Результаты мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) органов брюшной полости и забрюшинного пространства. Визуализируется образование в параренальной клетчатке слева, интимно прилежащее к ребру: *a* – нативное исследование, аксиальный срез; *b* – нативное исследование, аксиальный срез (увеличение); *c* – нативное исследование, фронтальный срез; *d* – исследование с внутривенным болюсным контрастированием, артериальная фаза, аксиальный срез; *e* – исследование с внутривенным болюсным контрастированием, венозная фаза, аксиальный срез

Fig. 1. Abdominal and retroperitoneal multislice computed tomography (MSCT) scans. A tumor in the pararenal tissue on the left, directly adjacent to the rib is visualized: *a* – native examination, axial plane; *b* – native examination, axial plane, zoom; *c* – native examination, frontal plane; *d* – examination with intravenous bolus contrast, arterial phase, axial plane; *e* – examination with intravenous bolus contrast, venous phase, axial plane

подкожно-жировой клетчаткой, участком поперечно-полосатой мышцы толщиной 4 см и фрагментом костной ткани размерами 3×1×0,2 см. К мышечной и, частично, костным тканям прилежит узловое образование размерами 3×1,5×1,5 см плотной консистенции, на разрезе серого цвета, зернистого вида. Хирургический край резекции в данной зоне прокрашен синей тушью. На остальном протяжении в толще мягких тканей уплотнений и узловых образований не обнаружено.

Микроскопическое описание операционного гистологического материала. Клеточная шваннома (нейролеммома) тип Антони А. Прилежащие к опухоли фрагменты костной и поперечно-полосатой мышечной тканей обычного гистологического строения. ИГХ: в опухоли выявлена экспрессия S100 (диффузная реакция), не выявляется экспрессия NSF, SMA, индекс Ki-67 до 10% (рис. 3, 4).

Диагноз после оперативного лечения: «Шваннома (нейролеммома) грудной стенки слева».

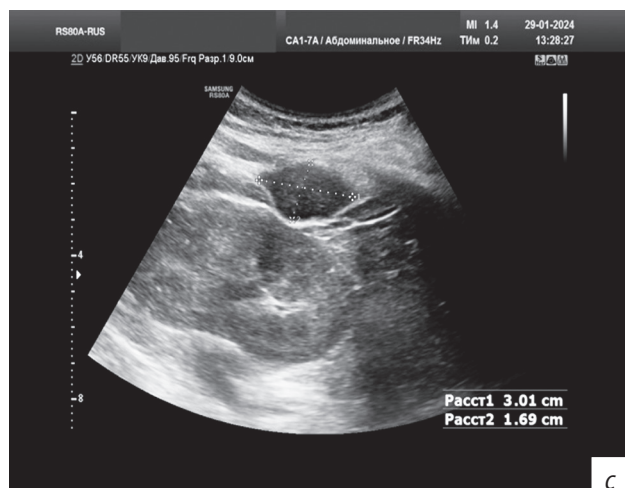
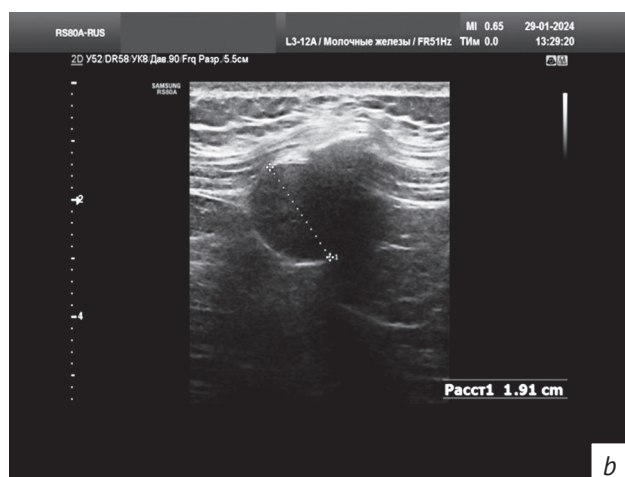
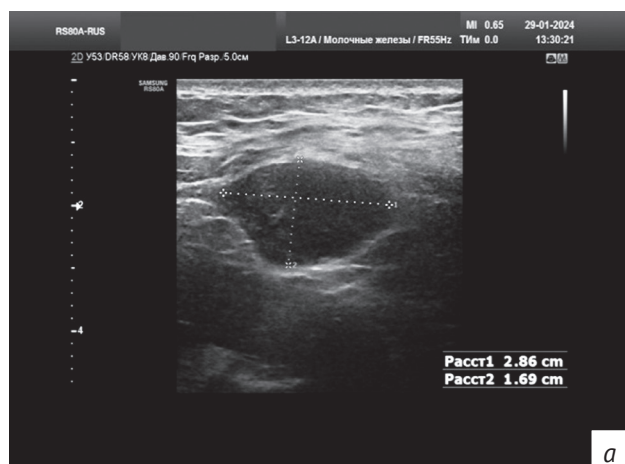


Рис. 2. Эхограммы шванномы, деформирующей фасцию Героты, без инвазии в паренхиму почки. Сканирование через межреберье, В-режим:

a – линейный датчик; *b* – с частичной визуализацией ребра, линейный датчик; *c* – конвексный датчик

Fig. 2. Ultrasound examination of schwannoma deforming the Gerota fascia without invasion into renal parenchyma. Scanning through intercostal space, B-mode:

a – linear probe; *b* – with partial visualization of the rib, linear probe; *c* – convex probe

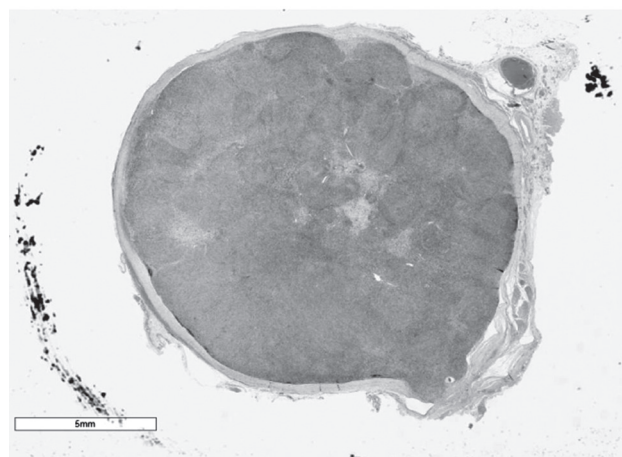


Рис. 3. Гистологическое исследование операционного материала (окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 20$)

Fig. 3. Histological examination of the surgical material (hematoxylin and eosin staining, magnification $\times 20$)

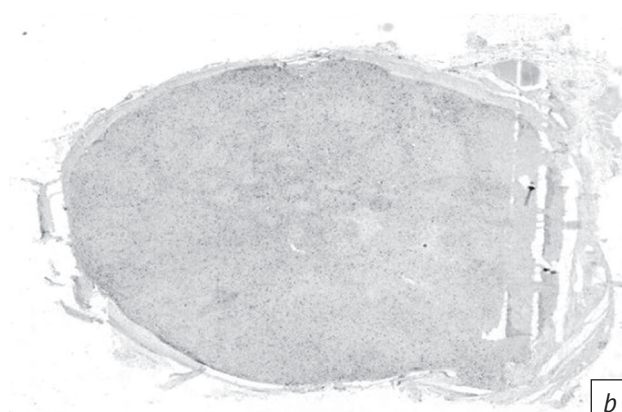
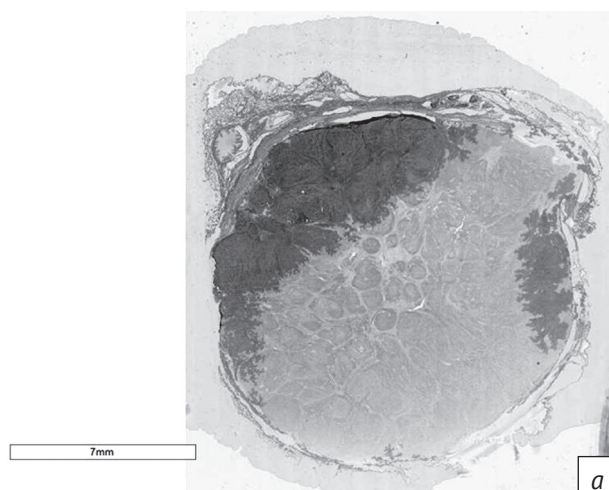


Рис. 4. Иммуногистохимическое исследование операционного материала (увеличение $\times 20$):

a – экспрессия S100; *b* – экспрессия Ki-67

Fig. 4. Immunohistochemical examination of the surgical material (magnification $\times 20$):

a – S100 expression; *b* – Ki-67 expression

Обсуждение / Discussion

В представленном клиническом случае проиллюстрирована сложность дооперационной диагностики шванномы: полное несоответствие жалоб и клинических проявлений, редкая для шванномы локализация (мягкие ткани грудной стенки, забрюшинное пространство).

Диагностика нетипично начата с МСКТ, при выполнении которой случайной находкой было внеоргannое образование забрюшинного пространства слева. УЗИ-диагностика была добавлена в план обследования для навигационных целей. При исследовании заподозрена опухоль нерва, но ультразвуковая картина не была типичной: отсутствовали жидкостные включения, которые описаны в большинстве клинических наблюдений [3, 6, 8, 9]. ПЭТ/КТ благодаря повышенной активности ФДГ позволила сделать заключение о наличии злокачественной опухоли мягких тканей.

Выполнена core-биопсия опухоли под ультразвуковым контролем, при этом отмечена болезненность манипуляции, несмотря на использование стандартной местной анестезии. Гисто-

логическое исследование четырех полученных фрагментов опухоли не позволило определить вид патологического процесса. И только выполнение радикальной операции с резекцией ребра, послеоперационное морфологическое исследование привели к установке диагноза. Действительно, по данным литературы, при выявлении у пациента на дооперационном этапе подозрения на шванному большинство хирургов придерживаются активной хирургической тактики, без предварительных попыток верификации [2, 8].

Заключение / Conclusion

Шванномы – сложные для предоперационной диагностики и морфологической верификации опухоли. МСКТ и УЗИ позволяют четко определить до операции размеры, структуру и васкуляризацию опухоли, отношение к близлежащим органам, сосудам, нервам. Для совершенствования лучевой диагностики в связи с редкой встречаемостью нейролемм, их разнообразной локализацией и внутренней структурой необходимо проведение глубокого мультицентрового исследования.

Литература

1. Баранова И.Б., Славнова Е.Н., Петров А.Н. Цитологическая диагностика шванномы: 3 клинических наблюдения. Новости клинической цитологии России. 2023; 27(2): 25–9. <https://doi.org/10.24412/1562-4943-2023-2-0004>.
2. Бугаев В.Е., Никулин М.П., Меликов С.А. Особенности диагностики и хирургического лечения больных забрюшинными шванномами (обзор литературы). Современная онкология. 2017; 19(4): 28–35.
3. Атаханова Н.Э., Турсунова Н.И., Яхяева В.К. и др. Клинический случай хирургического лечения злокачественной опухоли из оболочек периферических нервов забрюшинной локализации. Хирургия и онкология. 2023; 13(4): 62–7. <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2023-13-4-62-67>.
4. Грешнова О.Г., Чехонацкая М.Л., Ильясова Е.Б., Бахметьев А.С. Ультразвуковая диагностика шванномы (клинический случай). Саратовский научно-медицинский журнал. 2022; 18(3): 380–3.
5. Дружинин Д.С., Карапетян А.С., Новиков М.Л., Дружинина Е.С. Опухоли периферических нервов у взрослых и детей: клинико-диагностические характеристики. Нейрохирургия. 2023; 25(3): 69–77. <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2023-25-3-69-77>.
6. Салтыкова В.Г., Карпов И.Н., Никитина И.В., Шток А.В. Возможности ультразвукового исследования в диагностике опухолей периферических нервов. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2009; 3: 48–59.
7. Меликов С.А. Современные методы диагностики и лечения нейрогенных опухолей забрюшинного пространства (обзор литературы). Русский медицинский журнал. 2012; 3(2): 47–54.
8. Степанова Ю.А., Гришанков С.А., Карельская Н.А. и др. Неоргannая забрюшинная шваннома (клиническое наблюдение). Клиническая практика. 2016; 2: 58–66.
9. Корнев А.И., Борискин А.А., Кожухов Д.А., Шастина В.Р. Доброкачественная забрюшинная шваннома. Лечение и профилактика. 2019; 9(2): 69–72.

References

1. Baranova IB, Slavnova EN, Petrov AN. Cytological diagnosis of schwannoma: 3 case reports. Russian News of Clinical Cytology. 2023; 27(2): 25–9 (in Russ). <https://doi.org/10.24412/1562-4943-2023-2-0004>.
2. Bugaev VE, Nikulin MP, Melikov SA. Features of diagnosis and surgical treatment of patients with retroperitoneal schwannomas (literature review). Journal of Modern Oncology. 2017; 19(4): 28–35 (in Russ).
3. Atakhanova NE, Tursunova NI, Yahyaev VK, et al. Clinical case of surgical treatment of a malignant tumor from the sheaths of peripheral nerves of retroperitoneal localization. Surgery and Oncology. 2023; 13(4): 62–7 (in Russ). <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2023-13-4-62-67>.
4. Greshnova OG, Chekhonatskaya ML, Ilyasova EB, Bahmetiev AS. Ultrasound diagnosis of schwannoma (clinical case). Saratov Journal of Medical Scientific Research. 2022; 18(3): 380–3 (in Russ).
5. Druzhinin DS, Karapetyan AS, Novikov ML, Druzhinina ES. Peripheral nerve tumors in adults and children: clinical and diagnostic characteristics. Russian Journal of Neurosurgery. 2023; 25(3): 69–77 (in Russ). <https://doi.org/10.17650/1683-3295-2023-25-3-69-77>.
6. Saltykova VG, Karpov IN, Nikitina IV, Shtok AV. The value of ultrasound in periphery nerves tumors diagnosis. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2009; 3: 48–59 (in Russ).
7. Melikov SA. Modern methods of diagnosis and treatment of retroperitoneal neurogenic tumors (literature review). Russian Medical Journal. 2012; 3(2): 47–54 (in Russ).
8. Stepanova YuA, Grishankov SA, Karelskaya NA, et al. Retroperitoneal schwannoma (clinical case). Clinical Practice. 2016; 2: 58–66 (in Russ).
9. Kornev AI, Boriskin AA, Kozhukhov DA, Shastina VR. Benign retroperitoneal schwannoma. Treatment and Prevention. 2019; 9(2): 69–72 (in Russ).



Опыт применения прямой магнитно-резонансной холангиографии и фистулографии в диагностике осложнений желчнокаменной болезни и послеоперационном лечении холедохолитиаза

Волков А.А.¹, Кононова А.О.², Белосельский Н.Н.¹, Прибытков Ю.Н.¹,
Прибытков А.Ю.¹

¹ ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России,
ул. Революционная, 5, Ярославль, 150000, Российская Федерация

² ГАУЗ ЯО «Клиническая больница № 9»,
Тутаевское ш., 31, Ярославль, 150042, Российская Федерация

Волков Алексей Александрович, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0002-9605-7305>

Кононова Анна Олеговна, врач-рентгенолог ГАУЗ ЯО «Клиническая больница № 9»;
<http://orcid.org/0009-0003-2035-8889>

Белосельский Николай Николаевич, д. м. н., профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0002-7691-2458>

Прибытков Юрий Николаевич, д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России;
<http://orcid.org/0000-0003-0270-3909>

Прибытков Антон Юрьевич, к. м. н., доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России

Резюме

В статье представлены четыре клинических наблюдения пациентов, перенесших лечение желчнокаменной болезни, осложненной холедохолитиазом, которым проведена магнитно-резонансная томография (МРТ) с введением контрастного вещества (КВ). МРТ брюшной полости выполнена на МР-томографе Amira 1.5T (Siemens, Германия) по стандартным протоколам с последующим введением КВ в виде 20 мл парамагнетика (Омнискан®), разведенного в 50 мл физраствора: трем пациентам – в дренажные трубки холедоха, одной пациентке – в зонд, введенный в свищевой ход передней брюшной стенки. Показано, что разведение 20 мл препарата Омнискан® в 50 мл физраствора с целью увеличения объема КВ существенно не влияет на МР-свойства парамагнетика. Методика позволяет оценить проходимость внепеченочных желчевыводящих протоков, обладает высоким потенциалом в выявлении желчеистечения как осложнения оперативного лечения холедохолитиаза, но не дает возможности визуализировать непосредственно просветы дренажных трубок и свищевых ходов, что требует дальнейшего ее совершенствования.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; МРТ; контрастное вещество; холангиография; фистулография; желчнокаменная болезнь; холедохолитиаз.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Волков А.А., Кононова А.О., Белосельский Н.Н., Прибытков Ю.Н., Прибытков А.Ю. Опыт применения прямой магнитно-резонансной холангиографии и фистулографии в диагностике осложнений желчнокаменной болезни и послеоперационном лечении холедохолитиаза. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(4): 214–223. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-214-223>

Для корреспонденции: Волков Алексей Александрович, E-mail: neartist@bk.ru

Статья поступила 28.09.2024

После доработки 02.11.2024

Принята к печати 19.11.2024

Experience in Using Direct Magnetic Resonance Cholangiography and Fistulography in the Diagnosis of Cholelithiasis Complications and Postoperative Treatment for Choledocholithiasis

Alexey A. Volkov¹, Anna O. Kononova², Nikolay N. Belosel'skiy¹, Yuriy N. Pribytkov¹, Anton Yu. Pribytkov¹

¹ Yaroslavl State Medical University,
ul. Revolyutsionnaya, 5, Yaroslavl, 150000, Russian Federation

² Clinical Hospital No. 9,
Tutaevskoe shosse, 31, Yaroslavl, 150042, Russian Federation

Alexey A. Volkov, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Yaroslavl State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0002-9605-7305>

Anna O. Kononova, Radiologist, Clinical Hospital No. 9 (Yaroslavl);
<http://orcid.org/0009-0003-2035-8889>

Nikolay N. Belosel'skiy, Dr. Med. Sc., Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Yaroslavl State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0002-7691-2458>

Yuriy N. Pribytkov, Dr. Med. Sc., Professor, Chief of Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Yaroslavl State Medical University;
<http://orcid.org/0000-0003-0270-3909>

Anton Yu. Pribytkov, Cand. Med. Sc., Associate Professor, Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Yaroslavl State Medical University

Abstract

The article presents four clinical observations of patients who underwent contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) after treatment for cholelithiasis complicated by choledocholithiasis. Abdominal MRI was performed using Amira 1.5T MR tomograph (Siemens, Germany) according to standard protocols with subsequent injection of contrast agent in the form of 20 ml of paramagnetic (Omniscan®) diluted in 50 ml of saline solution: in three patients – into the common bile duct drainage tubes, and in one patient – through a probe inserted into the fistulous tract of the anterior abdominal wall. It was shown that dilution of 20 ml of Omniscan® in 50 ml of saline solution to increase the volume of the contrast agent does not significantly affect MR properties of the paramagnetic. The technique allowed identifying the patency of extrahepatic bile ducts and showed high potential in detecting bile discharge as a complication of surgical treatment for choledocholithiasis, but it did not visualize directly the lumen of drainage tubes and fistula passages, which requires further improvement.

Keywords: magnetic resonance imaging; MRI; contrast agent; cholangiography; fistulography; cholelithiasis; choledocholithiasis.

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

For citation: Volkov AA, Kononova AO, Belosel'skiy NN, Pribytkov YuN, Pribytkov AY. Experience in using direct magnetic resonance cholangiography and fistulography in the diagnosis of cholelithiasis complications and postoperative treatment for choledocholithiasis. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(4): 214–223 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-214-223>

For corresponding: Alexey A. Volkov, E-mail: neartist@bk.ru

Received September 28, 2024

Revised November 2, 2024

Accepted November 19, 2024

Введение / Introduction

Магнитно-резонансная томография (МРТ) прочно зарекомендовала себя как эффективный метод диагностики патологий гепатопанкреатобилиарной системы, что отмечено многими отечественными и зарубежными авторами. Большинство заболеваний этой системы проявляют себя механической желтухой – в 50–60% случаев причиной блокирования оттока желчи является желч-

нокаменная болезнь, второе место занимают опухолевые заболевания этой сферы [1].

На сегодняшний день разработано и проанализировано множество вариантов хирургического лечения желчнокаменной болезни, в частности холедохолитиаза [1–3], а также изучены возможные осложнения лечения данного вида патологии [4]. МРТ способна своевременно диагностировать такие осложнения, как панкреатит, внутрибрюшные

абсцессы, «забытые» конкременты, – зачастую более достоверно, чем при холангиографии, ультразвуковом исследовании (УЗИ) или рентгеновской компьютерной томографии.

В свою очередь, распознать такие осложнения оперативного лечения, как желчеистечение, ятрогенные повреждения внепеченочных протоков, миграция стента, свищи брюшной стенки, возможно с помощью МРТ с дополнительным введением парамагнетика в дренажи, установленные в желчные протоки или непосредственно в свищевые ходы. Сама по себе МР-фистулография – распространенная процедура изучения свищевых ходов аноректальной области, при которой в качестве контрастного вещества (КВ) используется традиционный парамагнетик. Некоторые исследователи в качестве КВ используют парамагнетик, разведенный в 3% перекиси водорода [5]. Однако наиболее широко применяются рентгеновские методы диагностики осложнений оперативного лечения у пациентов после панкреатодуоденальной резекции с введением рентгеновского КВ в дренажные трубки для выявления панкреатических свищей [6], а также послеоперационная рентгеновская холангиография у больных, перенесших холедохолитотомию с дренированием холедоха.

По нашему мнению, сочетание МРТ гепатопанкреатобилиарной системы с возможностью выявления инфильтративных процессов брюшной полости в целом, в том числе возникающих в послеоперационном периоде, а также осложнений у пациентов после хирургического вмешательства на органах этой зоны с дополнительным контрастированием дренажей и свищевых ходов позволит повысить диагностическую эффективность исследования. Вместе с тем эта тема, имеющая существенное практическое значение и научный интерес, остается в настоящее время недостаточно изученной.

Представляем четыре собственных клинических наблюдения с целью анализа возможностей МРТ с введением КВ у пациентов, перенесших лечение желчнокаменной болезни, осложненной холедохолитиазом.

Описание случаев / Case reports

В период с декабря 2023 г. по март 2024 г. МРТ брюшной полости проведена трем пациентам с установленными в холедох дренажами, перенесшим разное хирургическое лечение холедохолитиаза, и одной больной с хроническим калькулезным холециститом, осложнившимся формированием свища передней брюшной стенки.

Все исследования выполнялись на томографе Amira 1.5T (Siemens, Германия) и включали следующие традиционные импульсные последовательности:

- T2, T1, T2 FS в корональной проекции;
- T2 в сагиттальной проекции;
- T2, DWI b0, 400, 800, ADC в аксиальной проекции с толщиной срезов 4 мм;
- T1 FS в аксиальной и корональной проекциях нативно и после введения контраста с толщиной срезов 3 мм.

В каждом случае поле обзора определяли по индивидуальному антропометрическому особенностям пациента. Сканирование проводили на свободном дыхании или при задержке дыхания в зависимости от состояния больного.

В качестве КВ, вводимого в дренажные трубки и свищевой ход, использовали 20 мл Омнискан® в дозе 0,5 ммоль/мл, разведенный с целью увеличения объема препарата в 50 мл физиологического раствора. КВ вводили непосредственно в помещении томографа. После получения нативных изображений в дренажные трубки или через зонд диаметром 3 мм с помощью одноразового шприца вводили нужный объем КВ с температурой 20–25 °С. Время от окончания введения КВ до начала сканирования варьировалось в пределах 5–7 с. Длительность сканирования первой постконтрастной серии составила 10 с. Вторая серия выполнялась через 35–40 с после окончания введения КВ. Дополнительное внутривенное контрастирование не применялось. Осложнений в течение 2 нед после процедуры не наблюдалось.

Пациент А., 41 год

Диагноз: калькулезный холецистит, холедохолитиаз. На рисунке 1 представлены результаты дооперационной МРТ брюшной полости в последовательности T2 в корональной проекции. Визуализированы конкременты в желчном пузыре, пузырном протоке и средней трети холедоха. Фрагмент паренхимы головки поджелудочной железы однородной структуры.

На 4-е сутки после оперативного лечения (холецистэктомия, холедохолитотомия, дренирование холедоха) выполнена контрольная МРТ (рис. 2). В целом картина соответствовала этапу лечения: положение Т-образного дренажа удовлетворительное, билиарной гипертензии нет. В ложе удаленного желчного пузыря небольшое количество выпота, головка поджелудочной железы без особенностей.

На 15-е сутки после оперативного лечения из-за резкого ухудшения общего состояния пациента проведено контрольное исследование: Т-образный дренаж удален, билиарной гипертензии нет, внепеченочные желчные протоки свободны, не расширены, интрапанкреатический сегмент холедоха равномерно сужен. В ложе желчного пузыря небольшое количество осумкованной неоднородной жидкости, в головке поджелудочной железы

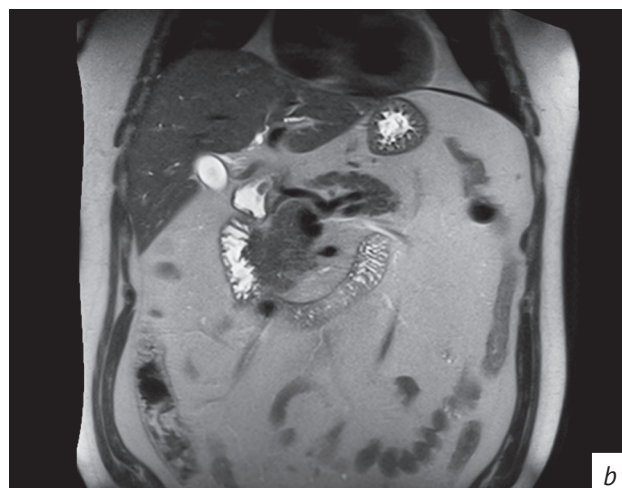
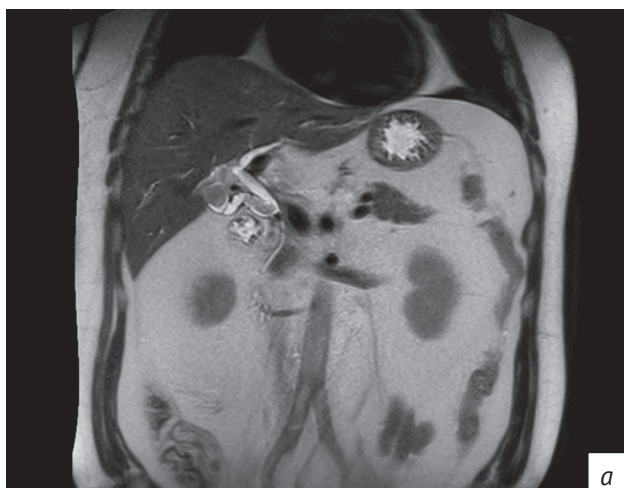


Рис. 1. Пациент А. Дооперационная магнитно-резонансная томография (МРТ) брюшной полости, T2 в корональной проекции: *a* – конкременты в желчном пузыре, пузырном протоке, холедохе; *b* – однородная паренхима головки поджелудочной железы

Fig. 1. Patient A. Preoperative abdominal magnetic resonance imaging (MRI), T2, coronal plane: *a* – concretions in gallbladder, cystic duct, choledochus; *b* – homogeneous pancreatic head parenchyma

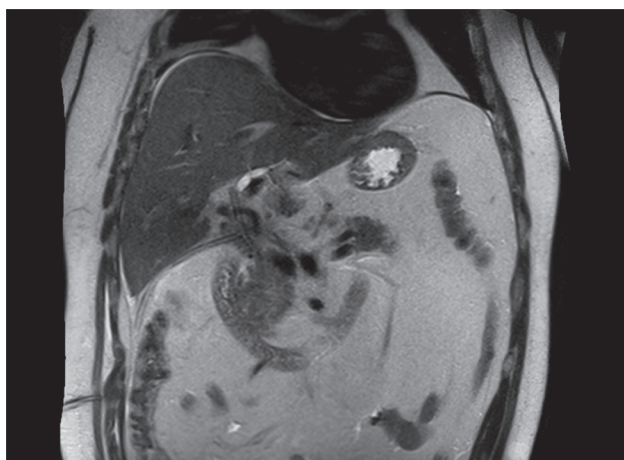


Рис. 2. Пациент А. МРТ брюшной полости на 4-е сутки после оперативного лечения. T2 в корональной проекции. Состояние соответствует этапу лечения

Fig. 2. Patient A. Abdominal MRI on the 4th day after surgical treatment. T2, coronal plane. The condition corresponds to the stage of treatment

множественные полости неправильной формы. Кпереди от нижней горизонтальной части петли двенадцатиперстной кишки (ДПК) скопление жидкости округлой формы, исходящее из паренхимы головки железы (рис. 3).

Высказано предположение о желчеистечении. Принято решение о введении КВ через зонд, проведенный через пищевод, желудок и ДПК в холедох. Ввиду тяжелого состояния пациента постконтрастное сканирование проводилось на свободном дыхании. Получены изображения T1 FS в аксиальной и корональной проекциях через 10 и 35 с соответственно после окончания введения

контраста. Часть КВ заполняло собой полости в головке поджелудочной железы (рис. 4, *a*), полость кпереди от нижней горизонтальной части петли ДПК (рис. 4, *b*) и книзу и кпереди от правой доли печени (рис. 4, *c*). Отмечено прохождение контраста в дистальные отделы ДПК (рис. 4, *d*).

На основе полученных данных был сделан вывод, что у пациента в послеоперационном периоде сформировались множественные сообщения между просветом ДПК и паренхимой головки поджелудочной железы с затеками кпереди в ложе желчного пузыря.

На рисунке 5 представлены данные контрольного исследования на 28-е сутки после соответствующего лечения. Отмечена положительная динамика. В дальнейшем пациент был выписан в удовлетворительном состоянии.

Пациентка 3., 34 года

Диагноз: калькулезный холецистит. Состояние после чрескожной чреспеченочной холангиостомии. По данным УЗИ высказано предположение о наличии конкрементов в холедохе.

На МРТ брюшной полости визуализировались конкременты в желчном пузыре (рис. 6, *a*). В ходе исследования выявлен мелкий конкремент в интрапанкреатическом сегменте холедоха (рис. 6, *b*).

С целью определения проходимости холедоха на участке дистальнее конкремента в дренаж было введено КВ. Зафиксировано его продвижение по холедоху до уровня конкремента (изображения T1 FS в корональной проекции, полученные через 10 с после контрастирования) и распространение в желудок и ДПК (изображения T1 FS в аксиальной проекции через 30 с после контрастирования (рис. 7).

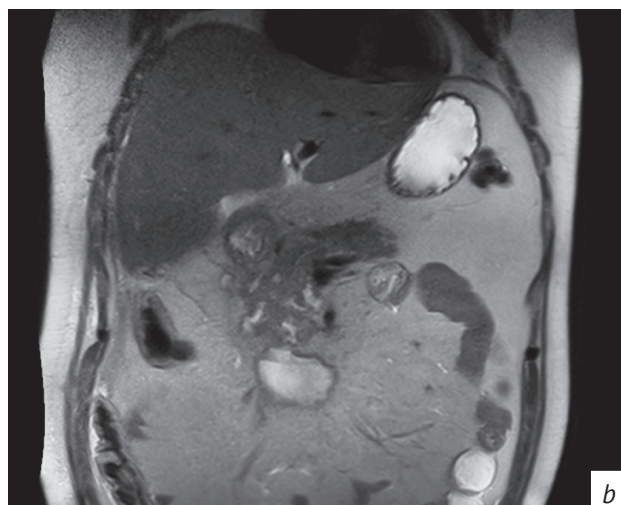
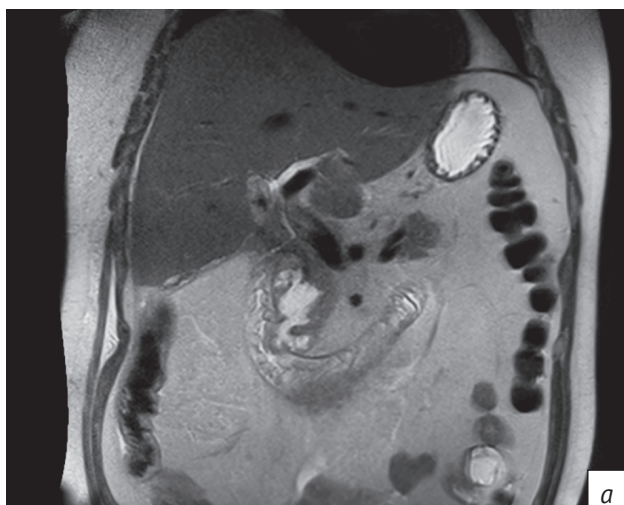


Рис. 3. Пациент А. МРТ брюшной полости на 15-е сутки после оперативного лечения, T2:

a – корональная проекция, полость неправильной формы в головке поджелудочной железы; *b* – корональная проекция, скопление жидкости кпереди от двенадцатиперстной кишки; *c* – сагиттальная проекция, скопление жидкости кпереди от двенадцатиперстной кишки

Fig. 3. Patient A. Abdominal MRI on the 15th day after surgical treatment, T2:

a – coronal plane, an irregularly shaped cavity in pancreatic head; *b* – coronal plane, fluid accumulation anteriorly from duodenum; *c* – sagittal plane, fluid accumulation anteriorly from duodenum

На основании полученных данных сделан вывод о наличии калькулезного холецистита, холедохолитиаза при сохраненной проходимости холедоха. Пройодимость холедоха подтверждена фиксацией небольшого количества желчи в просвете ДПК при фиброгастродуоденоскопии.

Пациентка П., 35 лет

Диагноз: хронический калькулезный холецистит. Свищ на передней брюшной стенке. Со слов пациентки, отмечается скудное жидкое отделяемое зеленоватого цвета. По результатам осмотра и УЗИ высказано предположение о распространении свища в парапузырную клетчатку.

По данным нативной МРТ выявлен одноканальный свищевой ход, распространяющийся с поверхности кожи в правом фланге ко дну желчного пузыря (рис. 8).

С целью выявления потенциального сообщения свищевое хода с полостью желчного пузыря принято решение о проведении МР-фистулографии. Получены МРТ-изображения в последовательности T1 FS в корональной и аксиальной проекциях (рис. 9). Отмечено нахождение КВ в полости желчного пузыря через 10 и 30 с после окончания его введения.

Пациентка К., 70 лет

В анамнезе деструктивный панкреатит. Диагностирован рубцово-фиброзный процесс вокруг головки поджелудочной железы. Выполнена холецистэктомия, холедохолитотомия, установлен Т-образный дренаж. В послеоперационном периоде наблюдалось чрезмерное отделение желчи по дренажу. По результатам эндоскопии в просвете ДПК отмечено минимальное количество желчи. Высказано предположение о дистальном блоке

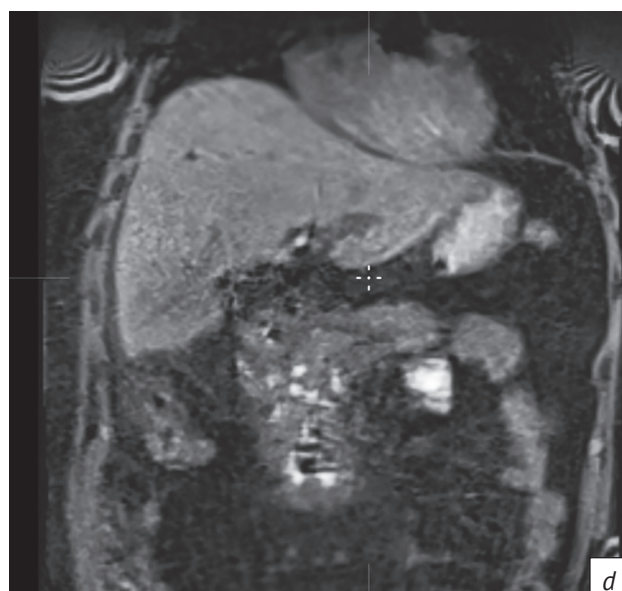
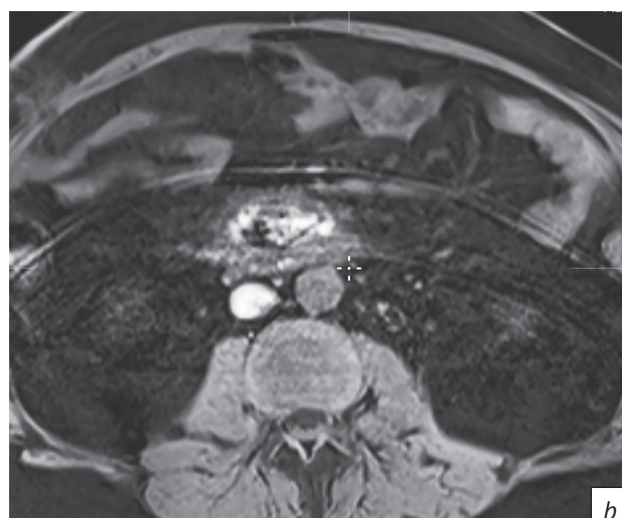
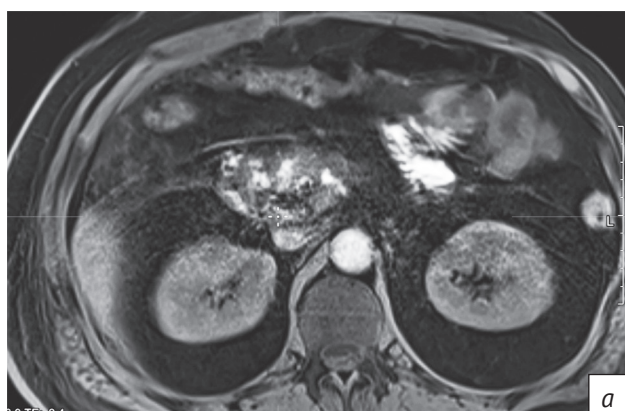


Рис. 4. Пациент А. МРТ брюшной полости на 15-е сутки после оперативного лечения, T1 FS:

a – аксиальная проекция, 10 с после введения контрастного вещества (КВ) в дренаж, КВ заполняет полости в головке поджелудочной железы; *b* – аксиальная проекция, 10 с после введения КВ в зонд, КВ заполняет полости кпереди от двенадцатиперстной кишки; *c* – аксиальная проекция, 10 с после введения КВ в дренаж, КВ распространяется кпереди и книзу от правой доли печени; *d* – корональная проекция, 35 с после введения КВ в дренаж, КВ в двенадцатиперстной кишке

Fig. 4. Patient A. Abdominal MRI on the 15th day after surgical treatment, T1 FS:

a – axial plane, 10 sec after contrast agent (CA) injection into drainage, CA fills the pancreatic head cavities; *b* – axial plane, 10 sec after CA injection into probe, CA fills the cavities anteriorly from duodenum; *c* – axial plane, 10 sec after CA injection into drainage, CA spreads anteriorly and downwards from liver right lobe; *d* – coronal plane, 35 sec after CA injection into drainage, CA in duodenum

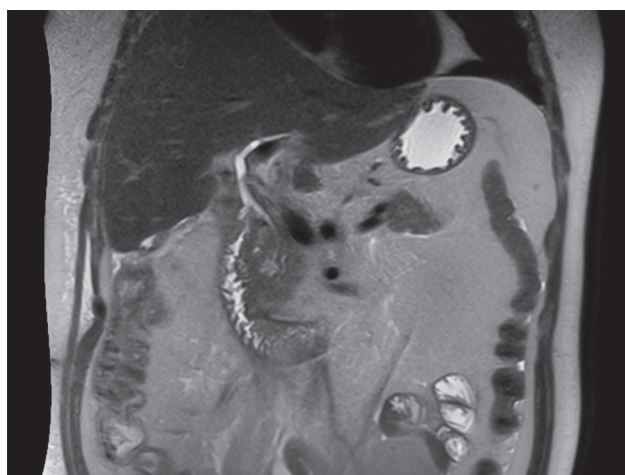


Рис. 5. Пациент А. МРТ брюшной полости на 28-е сутки после оперативного вмешательства и лечения осложнений. T2 в корональной проекции. Положительная динамика, значительное уменьшение размеров полостей в паренхиме головки поджелудочной железы

Fig. 5. Patient A. Abdominal MRI on the 28th day after surgery and treatment of complications. T2, coronal plane. Positive dynamics, significantly reduced size of pancreatic head parenchyma cavities

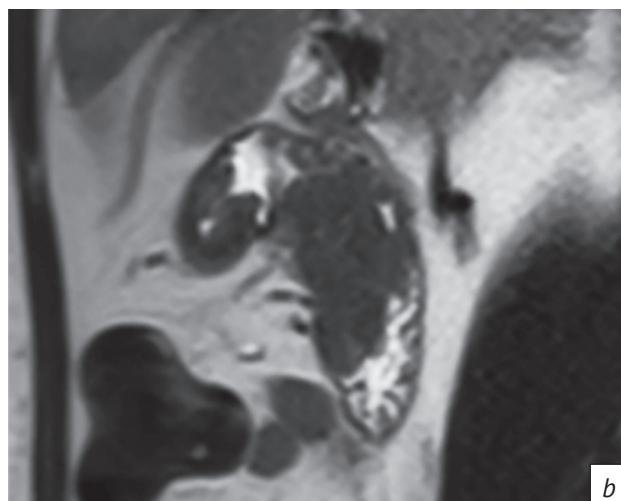
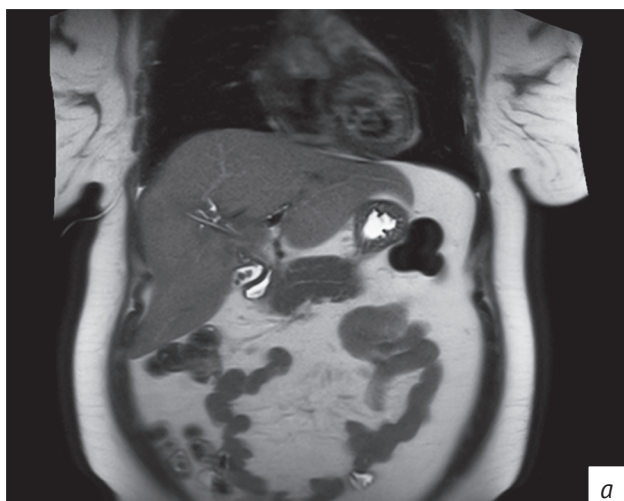


Рис. 6. Пациентка З. МРТ брюшной полости, T2:

a – корональная проекция, конкременты в желчном пузыре, состояние после чрескожного чреспеченочного дренирования холедоха; *b* – сагиттальная проекция, мелкий конкремент в холедохе

Fig. 6. Patient Z. Abdominal MRI, T2:

a – coronal plane, concretions in gallbladder, a condition after percutaneous transhepatic drainage of choledochus; *b* – sagittal plane, a small concretion in choledochus

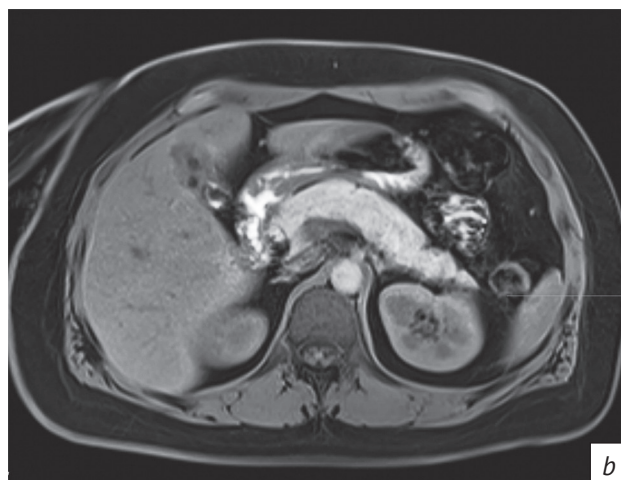


Рис. 7. Пациентка З. МРТ брюшной полости, T1 FS:

a – корональная проекция через 10 с после окончания контрастирования (выделена контрастированная до уровня конкремента дистальная треть холедоха); *b* – аксиальная проекция через 30 с после окончания контрастирования, КВ в двенадцатиперстной кишке и желудке

Fig. 7. Patient Z. Abdominal MRI, T1 FS:

a – coronal plane 10 sec after the end of CA injection (the distal third of choledochus contrasted to the level of concretion is highlighted); *b* – axial plane 30 sec after the end of CA injection, CA in duodenum and stomach

холедоха ниже места установки дренажа или желчеистечения.

По данным нативной МРТ на свободном дыхании достоверно зафиксировано сужение холедоха ниже места установки Т-образного дренажа на небольшом протяжении за счет фиброзно-рубцового

процесса в окружающей клетчатке. Интрапанкреатическая часть холедоха удовлетворительного диаметра, свободна от содержимого (рис. 10).

После введения КВ в дренаж зафиксировано его нахождение в выходных отделах ДПК. В дренаже и холедохе контраст отсутствовал (рис. 11).

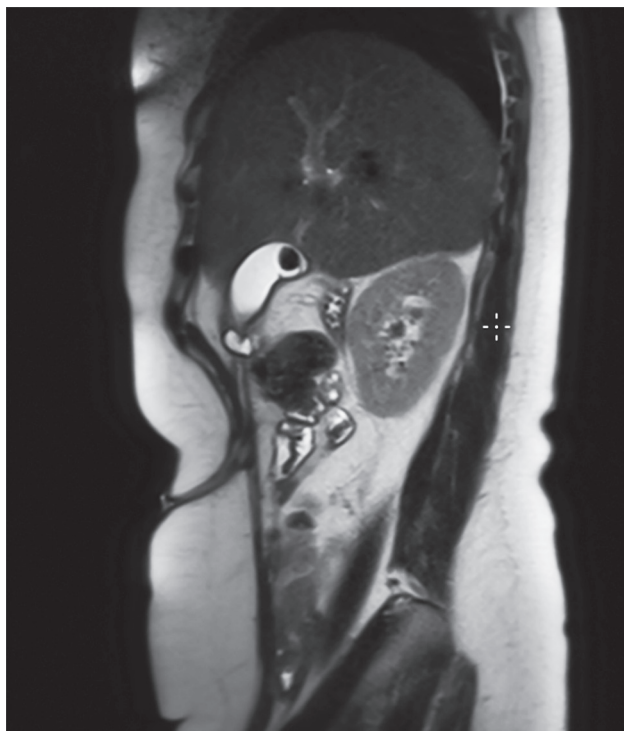


Рис. 8. Пациентка П. МРТ брюшной полости, T2 в сагитальной проекции. Конкремент в желчном пузыре. Свищевой ход передней брюшной стенки, распространяющийся в область дна желчного пузыря

Fig. 8. Patient P. Abdominal MRI, T2 in sagittal projection. A concretion in gallbladder. Fistulous passage of the anterior abdominal wall, extending into the area of gallbladder bottom

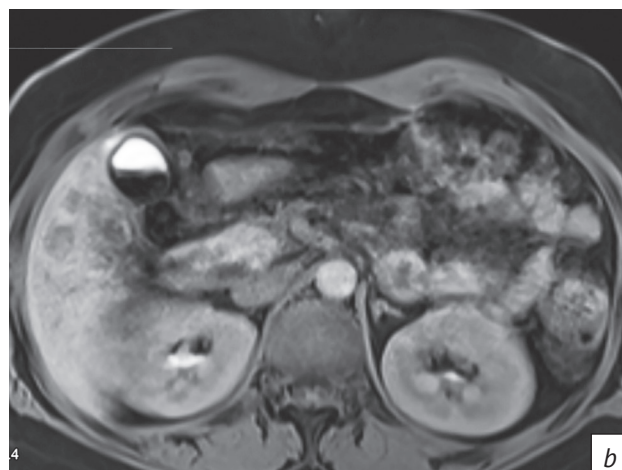
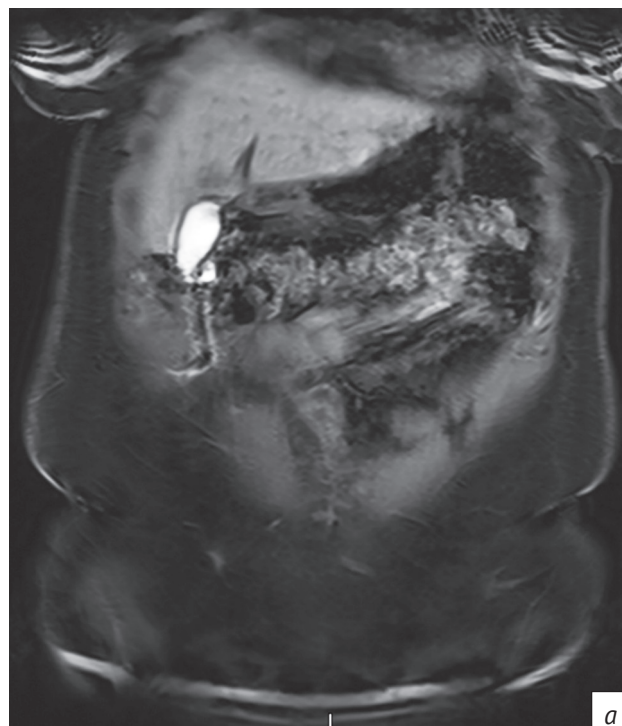


Рис. 9. Пациентка П. МРТ брюшной полости, T1 FS:

a – корональная проекция через 10 с после окончания контрастирования, КВ в полости желчного пузыря; *b* – аксиальная проекция через 30 с после окончания контрастирования, КВ в полости желчного пузыря, седиментация содержимого пузыря

Fig. 9. Patient P. Abdominal MRI, T1 FS:

a – coronal plane 10 sec after the end of CA injection, CA in gallbladder cavity; *b* – axial plane 30 sec after the end of CA injection, CA in gallbladder cavity, sedimentation of bladder contents

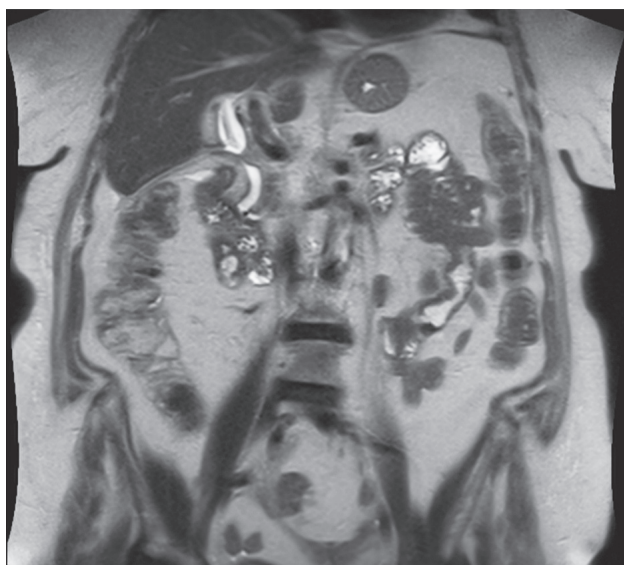


Рис. 10. Пациентка К. МРТ брюшной полости, T2 в корональной проекции. Состояние после холецистэктомии, холедохолитотомии, дренирования холедоха. Сужение холедоха на уровне дистальной бранши дренажа извне

Fig. 10. Patient K. Abdominal MRI, T2, coronal plane. Condition after cholecystectomy, choledocholithotomy, drainage of choledochus. Choledochus narrowing at the level of drainage distal branch from the outside

Обсуждение / Discussion

Применение бесконтрастной МР-холангиографии в приведенных случаях представляется нецелесообразным, так как качество изображения зависит от реологических свойств самой желчи, а излишняя ее вязкость уменьшает интенсивность

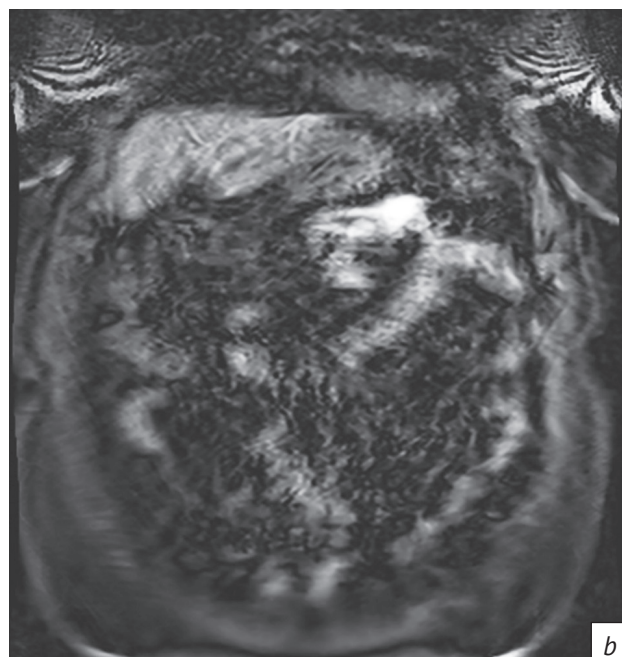
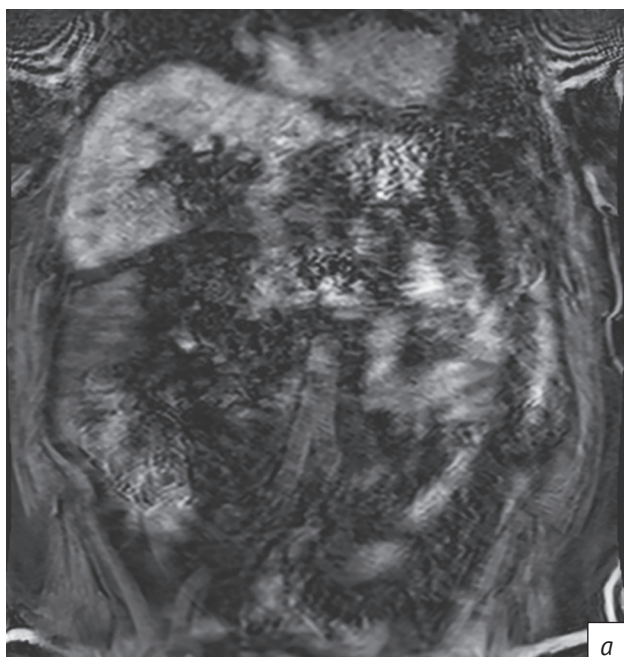


Рис. 11. Пациентка К. МРТ брюшной полости, T1 FS в корональной проекции через 10 с после окончания контрастирования: а – КВ в дренаже и холедохе отсутствует; б – КВ в выходных отделах двенадцатиперстной кишки

Fig. 11. Patient K. Abdominal MRI, T1 FS, coronal plane 10 sec after the end of CA injection: а – no CA in drainage and choledoch; б – CA in duodenal outlet sections

сигнала. Желчные протоки небольшого диаметра при этом не всегда отображаются достоверно. Кроме того, отсутствует возможность фиксации истечения желчи через свищи и продвижения ее в просвет ДПК.

Как следует из приведенных наблюдений, применение контрастирования дренажей и свищей дает важные дополнительные диагностические возможности. В частности, отображение соседних паренхиматозных и полых органов, связь свищевых ходов и дренажей с ними, отображение окружающих дренажи и свищи тканей позволяют выбрать наиболее эффективный вид лечения.

Следует отметить, что использованное нами увеличение объема КВ за счет физиологического раствора существенно не повлияло на МР-свойства парамагнетика, поскольку интенсивность сигнала оставалась достаточной для решения поставленных задач. Способность разведенного препарата Омнискан® проникать через суженные внепеченочные протоки, по всей вероятно-

сти, связана с его реологическими свойствами и меньшей вязкостью по сравнению с желчью, что хорошо демонстрируется в одном из наблюдений расслоением густой желчи и более жидкого КВ в полости желчного пузыря (см. рис. 8, b). В свою очередь, эта особенность может способствовать более эффективному выявлению желчеистечения, что также наблюдалось в одном из примеров (Пациент А.). Однако ни в одном из приведенных случаев получить желательное количество КВ непосредственно в дренаже и свищевом ходе пока не удалось.

Заключение / Conclusion

МРТ брюшной полости, дополненное введением КВ в дренажи и свищи, имеет дополнительные диагностические возможности при выявлении осложнений заболеваний желчевыводящей системы и некоторых осложнений хирургического лечения холедохолитиаза. Методика нуждается в дальнейшем развитии и изучении.

Литература

- Багненко С.Ф., Корольков А.Ю., Попов Д.Н. и др. Механическая желтуха: маршрутизация, диагностика, тактика лечения. *Анналы хирургической гепатологии*. 2023; 28 (4): 24–31. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-4-24-31>.
- Ринчинов В.Б., Поеханов А.Н., Лудопова Е.Ю. Оценка эффективности различных эндоскопических транспапиллярных
- вмешательств по поводу крупного холедохолитиаза. *Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова*. 2019; 6: 60–4. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201906160>.
- Цеймах А.Е., Штофин С.Г., Шойхет Я.Н., Цеймах Е.А. Комплексное лечение больных холедохолитиазом, осложненным механической желтухой с применением антеградных

методов декомпрессии желчевыводящих протоков. Бюллетень медицинской науки. 2023; 1: 60–6. <https://doi.org/10.31684/25418475-2023-1-60>.

4. Асланова К.Д., Байрамов Н.Ю., Рустам А.М. Осложнения хирургического лечения холецистохоледохолитиаза различными техниками, их профилактика и лечения. Биомедицина. 2017; 2: 40–6.
5. Waniczek D, Adamczyk T, Arendt J, Kluczevska E. Direct

MRI fistulography with hydrogen peroxide in patients with recurrent perianal fistulas: a new proposal of extended diagnostics. Med Sci Monit. 2015; 21: 439–45. <https://doi.org/10.12659/MSM.891232>.

6. Tomimaru Y, Tanaka K, Noguchi K, et al. Significance of fistulography findings to the healing time of postoperative pancreatic fistula after pancreaticoduodenectomy. Surg Today. 2020; 50 (6): 577–84. <https://doi.org/10.1007/s00595-019-01932-4>.

References

1. Bagnenko SF, Korolkov AY, Popov DN, et al. Obstructive jaundice: routing, diagnostics, treatment tactics. Annaly khirurgicheskoy gepatologii / Annals of HPB Surgery. 2023; 28 (4): 24–31 (in Russ). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-4-24-31>.
2. Rinchinov VB, Plekhanov AN, Ludupova EYu. Various endoscopic transpapillary interventions for choledocholithiasis. Pirogov Russian Journal of Surgery. 2019; 6: 60–4 (in Russ). <https://doi.org/10.17116/hirurgia201906160>.
3. Tseimakh AE, Shtofin SG, Shoikhet YN, Tseimakh EA. Antegrade methods of bile ducts decompression for complex treatment of patients with choledocholithiasis complicated by mechanical jaundice. Bulletin of Medical Science. 2023; 1: 60–6 (in Russ). <https://doi.org/10.31684/25418475-2023-1-60>.
4. Aslanova KD, Bayramov NY, Rustam AM. Complications of surgical treatment of cholecystocholedocholithiasis various techniques, their prevention and treatment. Journal Biomed. 2017; 2: 40–6 (in Russ).
5. Waniczek D, Adamczyk T, Arendt J, Kluczevska E. Direct MRI fistulography with hydrogen peroxide in patients with recurrent perianal fistulas: a new proposal of extended diagnostics. Med Sci Monit. 2015; 21: 439–45. <https://doi.org/10.12659/MSM.891232>.
6. Tomimaru Y, Tanaka K, Noguchi K, et al. Significance of fistulography findings to the healing time of postoperative pancreatic fistula after pancreaticoduodenectomy. Surg Today. 2020; 50 (6): 577–84. <https://doi.org/10.1007/s00595-019-01932-4>.



К вопросу о применении фокусированного ультразвука высокой интенсивности в клинической онкологии

Паньшин Г.А.¹, Нуднов Н.В.^{1,2}

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

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

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

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

Резюме

Традиционными противоопухолевыми методами специального лечения злокачественных новообразований (ЗНО) являются открытая хирургия, химио- и лучевая терапия, а в последние годы – иммунотерапия. Вместе с тем они связаны с рядом неблагоприятных для пациентов факторами (в первую очередь, при хирургическом этапе специального лечения), например длительными периодами времени пребывания пациента в стационаре и последующего восстановления. Одной из основных целей технологических и медицинских исследований в области борьбы с ЗНО является значительное уменьшение местных, региональных и системных побочных эффектов по сравнению с традиционными методами лечения и предоставление дополнительных терапевтических возможностей в случаях, когда традиционные методы неэффективны. Не так давно в клиническую практику были введены относительно новые методы противоопухолевой терапии, такие как радиочастотная, лазерная, микроволновая и криоабляция, а также высокоинтенсивный фокусированный ультразвук (high intensity focused ultrasound, HIFU), который в настоящее время интенсивно совершенствуется как неинвазивный способ лечения целого ряда первичных, а также рецидивных солидных опухолей и метастатических заболеваний. В статье в довольно краткой форме приведены этапы становления метода HIFU, методические аспекты и физические основы HIFU-терапии и уже достигнутые весьма положительные результаты клинического применения данного метода в лечении ЗНО.

Ключевые слова: злокачественные опухоли; злокачественные новообразования; ЗНО; противоопухолевое лечение; фокусированный ультразвук высокой интенсивности; HIFU-терапия; обзор.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Паньшин Г.А., Нуднов Н.В. К вопросу о применении фокусированного ультразвука высокой интенсивности в клинической онкологии. Вестник рентгенологии и радиологии. 2024; 105(4): 224–231. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-224-231>

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

Статья поступила 07.09.2024

После доработки 02.11.2024

Принята к печати 05.11.2024

Using High-Intensity Focused Ultrasound in Clinical Oncology

Georgiy A. Pan'shin¹, Nikolay V. Nudnov^{1,2}

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

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

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

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

Abstract

Traditional antitumor methods of special treatment for malignant neoplasms are open surgery, chemo- and radiation therapy, and, in recent years, immunotherapy. At the same time, they are associated with a number of unfavorable factors (primarily during the surgical stage of special treatment), such as long periods of patients' hospital stay and subsequent recovery. One of the main goals of technological and medical research in the field of combating malignant neoplasms is to significantly reduce local, regional and systemic side effects compared with traditional methods of treatment and provide additional therapeutic opportunities in cases where traditional methods are ineffective. Not so long ago, relatively new methods of antitumor treatment have been introduced into clinical practice, such as radiofrequency, laser, microwave and cryoablation, and high-intensity focused ultrasound (HIFU), which is currently being intensively improved as a non-invasive method of treating a number of primary as well as recurrent solid tumors and metastatic diseases. The article presents in a quite brief form the stages of HIFU method formation, methodological aspects and physical foundations of HIFU therapy, as well as very positive results already achieved in clinical application of this method for the treatment of malignant tumors.

Keywords: malignant tumors; malignant neoplasms; antitumor treatment; high-intensity focused ultrasound; HIFU therapy; review.

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

For citation: Pan'shin GA, Nudnov NV. Using high-intensity focused ultrasound in clinical oncology. Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2024; 105(4): 224–231 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-4-224-231>

For corresponding: Georgiy A. Pan'shin, e-mail: g.a.panshin@mail.ru

Received September 7, 2024

Revised November 2, 2024

Accepted November 5, 2024

Введение / Introduction

До настоящего времени традиционным методом специального лечения злокачественных новообразований (ЗНО) считается хирургическая операция. Однако открытое хирургическое вмешательство имеет достаточно высокий уровень осложнений и смертности, вызывает иммуносупрессию, что в какой-то степени увеличивает риск опухолевой диссеминации, а восстановительный период может быть достаточно продолжительным. В то же время технологический прогресс «сдвигает планку» противоопухолевого лечения в пользу менее инвазивных методов. Лапароскопическая хирургия, а также минимально инвазивные методики, такие как радиочастотная, микроволновая, лазерная и криоабляция, все в большей степени замещают открытое хирургическое вмешательство с естественным уменьшением койко-дня, стоимости лечения, а также возможной смертности, связанной непосредственно с хирургической операцией.

Термином «абляция опухоли» обозначается прямое термическое или химическое воздействие на опухолевую ткань с целью ее разрушения. Химическая абляция проводится этиловым спиртом, уксусной кислотой и другими токсическими агентами.

Термическая абляция делится на две группы: холодого (криоабляция) или теплового воздействия. В 1948 г. Н.Н. Pennes описал основные факторы взаимодействия тепловой энергии и тканей путем создания биотермического уравнения, в котором при определении степени теплового повреждения ткани учитывались ее абсорбционные свойства, а также теплопроводность, плотность, уровень метаболического нагревания, степень васкулярной перфузии и соответствующие ей энергопотери [1].

С тех пор были разработаны множественные способы абляции тканей. Среди них в настоящее время наиболее распространенными являются радиочастотная абляция, криоабляция, лазерная интерстициальная абляция и микроволновая абляция, при которых энергия подается к опухоли с помощью специальных проводников – аппликаторов [2]. При радиочастотной абляции это специальные электроды, при микроволновой – «антенны», при лазерной – светопроводящие волокна, при криоабляции – специальная полая игла с парциальной вакуумной изоляцией, через которую к опухоли подается жидкий аргон температурой –196 °С. При ультразвуковой абляции необходимости во введении специальных проводников нет и лечение осу-

ществляется без нарушения целостности кожных покровов или слизистой оболочки.

В целом на сегодняшний день абляция высокоэнергетическим фокусированным ультразвуком (high-intensive focused ultrasound, HIFU) является единственным реально эффективным, экстракорпоральным и, соответственно, неинвазивным, а также неионизирующим методом локальной деструкции опухолевого очага, который ряд авторов справедливо называет «хирургией будущего» [3].

Краткая история развития метода ультразвуковой абляции / A brief history of the development of ultrasonic ablation method

Понятие «акустической» энергии можно отнести ко временам Пифагора (около 570–490 гг. до н.э.), который начал изучать «высоту» звуковых волн два с половиной тысячелетия назад [4]. Аристотель (384–322 до н.э.) постулировал, что звуковая волна резонирует посредством движения воздуха, и эта гипотеза была подтверждена архитектором Витрувием, который в I веке до н.э. определил механизм распространения звуковых волн и использовал эти идеи при проектировании ранних театров [5, 6].

Галилео Галилей (1564–1642) считается автором современных на тот период времени исследований звуковой энергии. Его ранние работы заложили основу для быстрого расширения изучения звука в XVII веке и начале XVIII века, когда французский физик Жозеф Совер провел подробные исследования высоты и частоты звуковых волн и ввел для изучения звука термин «акустика» [7]. Первый письменный документ, посвященный использованию звуковых волн для пространственной ориентации, датируется 1794 г., когда итальянский физик Лаззаро Спалланцани («Труды о физике») проанализировал основные механизмы навигации летучих мышей в темноте и пришел к правильному выводу, что они используют звук, а не свет для ориентации [8].

В 1927 г. R.V. Wood и A.L. Loomis описали тепловые свойства, лежащие в основе HIFU [9]. Впоследствии, в 1942 г., J.G. Lynn et al. использовали генератор фокусированного ультразвука, способный вызывать очаговое термическое повреждение образцов печени *ex vivo*, а также мозга животных через промежуточные участки кожи головы, черепа и мозговые оболочки без их случайного повреждения [10]. В 1950-х гг. W.J. Fry et al. разработали транскраниальную систему HIFU, которую можно было применять после краниотомии для воздействия на глубоко расположенные области мозга у приматов, что способствовало росту интереса к абляции HIFU для лечения двигательных расстройств, таких как синдром Паркинсона [11]. В 1996 г. K. Hynynen et al. впервые описали обра-

тимый и воспроизводимый способ открытия гематоэнцефалического барьера, контролируемый с помощью магнитно-резонансной томографии (MRT) [12].

В 2000 г. С. Moonen et al. продемонстрировали объемное нагревание для локальной гипертермии с помощью фокусированного ультразвука под контролем MRT и обратной связи по температуре в реальном времени в доклинических исследованиях. В 2006 г. Z. Ram et al. инициировали клинические испытания по лечению пациентов с рецидивирующими глиомами и показали, что это потенциально эффективный способ разрушения тканей [13]. В 2017 г. в детской больнице Никлауса (Майами, Флорида, США) начались первые клинические испытания сфокусированного ультразвука при опухолях головного мозга у детей и молодых взрослых [14]. В марте 2021 г. в журнале *Neuro-Oncology* были опубликованы результаты первого исследования на людях, которые показали, что сфокусированный ультразвук увеличивает количество биомаркеров опухолей головного мозга в крови, демонстрируя таким образом несомненный потенциал технологии проведения жидкостной биопсии при опухолях головного мозга, позволяя снизить потребность в инвазивной биопсии высококачественных новообразований головного мозга и гарантировать лучший контроль за проводимым специальным лечением, в частности при глиобластоме [15].

Необходимо подчеркнуть, что отечественные исследователи также внесли свой неоценимый вклад в развитие терапевтического ультразвука в клинической онкологии. Так, уже в 1950-х гг. прошлого столетия роль ультразвука как возможного метода лечения опухолей у человека активно изучалась отечественными исследователями, которые получили важнейшие медико-биологические результаты. Фактически они были первопроходцами в применении высокоинтенсивного ультразвука в онкологии. Валентин Андреевич Буров, будучи в те годы (1956 г.) тогда еще достаточно молодым сотрудником созданной недавно (по подписанному И.В. Сталиным постановлению Политбюро) закрытой лаборатории анизотропных структур, задачей которой было использование мощного ультразвука для лечения онкологических заболеваний, совместно с сотрудниками Института экспериментальной патологии и терапии рака (будущего ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина» Минздрава России) проводил клинико-экспериментальные исследования, в частности воздействия нетепловых и некавитационных механизмов высокоинтенсивного несфокусированного ультразвука на карциномы Брауна–Пирс, которые трансплантировали в яички кроликов. В 60–80% случаев опухоль либо ис-

чезала полностью, либо подвергалась рубцовому перерождению. Примечательно, что наблюдался регресс не только первичной опухоли, но и ее метастазов, на которые ультразвуком не воздействовали, что объяснялось в то время опосредованным иммунным эффектом. В клиническом плане было пролечено 10 человек с терминальной стадией меланомы с применением несфокусированных ультразвуковых лучей. В результате у некоторых из них отмечено полное исчезновение опухоли, что было объяснено развитием индуцирования ультразвуком специфических иммунных реакций [16].

После создания в 1953 г. Акустического института им. Н.Н. Андреева на базе акустической лаборатории Физического института АН СССР им. Лебедева, в 1954 г. заведующим лабораторией ультразвука, а с 1962 г. – заведующим отделом ультразвука и лабораторией акустоэлектроники был назначен профессор Лазарь Давидович Розенберг. На основании его работ, начатых еще в 1950-х гг., в 1970 г. по решению советского правительства в Акустическом институте им. Н.Н. Андреева была сформирована группа исследователей по научным разработкам применения ультразвука, в том числе в онкологии. Этой группой разработаны методы измерения интенсивности акустического воздействия в тканях, а также контроля изменений в них температуры и в целом повышения эффекта ультразвуковой кавитации [17].

После краткого перерыва эти работы были возобновлены и активно продолжаются в настоящее время. Фактическим примером может служить лаборатория промышленного и медицинского ультразвука на кафедре акустики физического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (руководители лаборатории – Олег Александрович Сапожников и Вера Александровна Хохлова). Одним из главных направлений ее работы является изучение мощного фокусированного ультразвука, в том числе в терапии и неинвазивной хирургии [18]. В 2019 г. сотрудник лаборатории Леонид Рафаилович Гаврилов как один из основоположников развития терапевтического ультразвука получил престижную награду за пионерские исследования в этой области от Международного общества по терапевтическому ультразвуку (International Society for Therapeutic Ultrasound, ISTU) и Европейского общества по фокусированному ультразвуку (European Focused Ultrasound Charitable Society, EUFUS) [19, 20]. Кроме того, несомненный приоритет отечественных исследователей в данном направлении медицинской науки в 2023 г. был отмечен знаковым международным событием. За вклад в междисциплинарные исследования в области биомедицинской и физической акустики доктор физико-математических наук В.А. Хохлова была удостоена

престижной почетной награды Американского акустического общества (Acoustical Society of America, ASA) – Серебряной медали Рэля–Гельмгольца. Этой наградой авторитетное сообщество акустиков отметило многолетние успешные исследования Веры Александровны и ее единомышленников по использованию нелинейно-акустических эффектов, в том числе в клинической онкологии [21].

В заключении данного раздела статьи хотелось бы сослаться на пророчество знаменитого французского философа и медика Нострадамуса (1503–1566), который в одном из своих многочисленных (и иногда совпадающих с действительностью) предсказаний высказал предположение о том, что звуковые волны убьют рак в период с 1992 по 1998 гг. Предсказание носит мистический характер, однако нельзя не учитывать то обстоятельство, что действительно именно в это время на нашей планете отмечался своего рода бум по применению фокусированного ультразвука в лечении ЗНО [22, 23].

HIFU-терапия / HIFU therapy

Методические аспекты

В процессе неинвазивной ультразвуковой абляции энергия фокусированного ультразвука доставляется непосредственно в намеченный объем. Так как единичный очаг поражения фокусированным ультразвуком ограничивается несколькими миллиметрами (в поперечнике), необходимо смещать зону фокуса, располагая участки абляции один за другим, до тех пор, пока не будет покрыт весь первоначально обрабатываемый срез. Затем оператор приступает к следующему срезу, пока таким образом не будет пролечен весь объем опухоли.

Следует подчеркнуть, что подобная методика абляции является более эффективной по сравнению с другими видами термического воздействия на опухолевую ткань (радиочастотным, криомикроволновым, лазерным интерстициальным), при использовании которых распределение энергии происходит неравномерно, а ее максимальная концентрация наблюдается вокруг аппликатора или деструктора. Таким образом, периферические отделы опухоли, удаленные от аппликатора, вводимого, в частности, в ее центр, могут оказаться адекватно не пролеченными и являться в последующем потенциальным источником (основой) развития рецидива заболевания.

Физические основы

Повреждающее действие HIFU базируется на трех основных механизмах [24–32]. Первый и основной – это механизм термической абляции. Ультразвук высокой энергии обладает уникальным

свойством проникать через здоровые ткани, не повреждая их, однако при фокусировке за счет линзы излучателя в небольшой зоне опухолевого очага вызывается моментальное (в течение одной доли секунды) повышение температуры практически до 90 °С, чего вполне достаточно для развития коагуляционного некроза. Таким образом, возникает очаг повреждения и некроза. При этом поверхностные и окружающие очаг ткани остаются в целом интактными. Способность ультразвука вызывать некроз в опухоли, расположенной на значительном расстоянии от источника ультразвука, позволяет считать ультразвуковую абляцию методом неинвазивного хирургического лечения.

Вторым механизмом (к сожалению, менее предсказуемым и управляемым) является акустическая кавитация, приводящая к тканевому некрозу в результате действия механического и термического стресса. Наличие кавитации зависит от длины импульса, его частоты и интенсивности [33]. Вероятность подобного явления не существует при воздействии диагностического ультразвука, но при применении HIFU этот фактор, несомненно, должен учитываться.

Повреждение сосудов опухоли, имеющее место в процессе ультразвуковой абляции, – третий механизм повреждения ткани [28–32]. HIFU-воздействие вызывает прямое повреждение сосудов, питающих опухоль, тем самым прекращая подачу кислорода и нарушая трофику ткани опухоли.

В принципе невозможно вычленить хотя бы один из этих механизмов из общего эффекта ультразвуковой абляции, и все они действуют в указанном объеме одновременно. В целом коагуляционный некроз, вызванный HIFU, обусловлен суммарным биологическим эффектом теплового воздействия, кавитации и разрушения сосудов опухоли. Следует отметить, что наблюдаемые изменения опухолевой ткани после воздействия HIFU связаны с появлением зоны гомогенного некроза [34]. При этом граница между зоной некроза и здоровой тканью органа обычно достаточно четкая, а зона перехода составляет всего несколько клеток.

В целом, как правило, объем некротизированных тканей после проведенного ультразвукового воздействия совпадает с объемом первичной опухоли. Однако по канонам онкологии, для того чтобы проведенная HIFU-терапия была как можно более абластной, необходимо дополнительно «перекрыть» зону опухоли по крайней мере на 1 см, учитывая возможный ее инвазивный рост. Поэтому зона абляции включает саму опухоль и зону по ее периферии, состоящую из нормальной, неопухолевой ткани. Впоследствии (обычно в течение 7 дней после хирургической процедуры) развивается воспалительный ответ, который включает

миграцию полиморфноядерных лейкоцитов глубоко в зону очага поражения и сопровождается образованием грануляций, содержащих незрелые фибробласты и формирующиеся новые капилляры по периферии зоны некроза [35]. Затем, в течение примерно 2 нед после ультразвуковой абляции, периферическая часть пролеченной зоны замещается пролиферирующей фиброзной тканью.

Несмотря на то что до настоящего времени процесс репарации пока еще окончательно досконально не изучен, морфологические исследования показывают постепенное сморщивание ткани в пролеченном объеме и замещение ее некротического компонента фиброзной тканью. Ранее предполагалось, что разрушающая сила HIFU и возникающая в процессе лечения кавитация могут в какой-то мере способствовать опухолевой диссеминации. Это вроде бы достаточно логичное предположение неоднократно проверялось, однако окончательное заключение по этому вопросу, с нашей точки зрения, сделали в свое время G. Oosterhof et al. в эксперименте на мышах с привитым раком простаты (AT-6 Dunning R 3327), характеризующимся очень высокой способностью к метастазированию [36]. В эксперименте не было выявлено разницы в уровне метастазирования между контрольной группой и группой животных, пролеченных с помощью HIFU-воздействия. Следует подчеркнуть, что для чистоты эксперимента мыши контрольной группы были также выбриты, уложены в соответствующее положение, получили такую же анестезию, что и мыши, которым была проведена ультразвуковая абляция.

Эти экспериментальные данные были впоследствии блестяще подтверждены результатами клинического исследования F. Wu et al., которые, несмотря на то что гематогенное метастазирование является одним из основных путей распространения опухоли в организме пациента, не установили увеличения количества циркулирующих опухолевых клеток в группе онкологических пациентов с солидными ЗНО, пролеченных с помощью HIFU [37]. Авторы сделали вывод о том, что данное обстоятельство, возможно, обусловлено повреждающим действием HIFU на сосуды опухоли с сопутствующим их тромбозом, который препятствует последующей опухолевой диссеминации. В другом клиническом исследовании, реализованном этими же авторами, после проведения HIFU-абляции не было выявлено дальнейшего роста уже имеющихся на момент ее проведения метастазов ЗНО в почки [38]. Таким образом, можно высказать предположение о наличии очень важного преимущества ультразвуковой абляции перед любой другой инвазивной процедурой, заключающегося в том, что она не увеличивает риск развития процесса метастазирования.

Безопасность проведения

Что касается безопасности проведения HIFU-терапии, хотелось бы сослаться на одну из весьма солидных и значимых, с нашей точки зрения, исследовательских работ L. Zhang et al., которая включала, в частности, долгосрочные наблюдения за большой группой пациентов с опухолями печени, расположенными в непосредственной близости к магистральным сосудам, пролеченных с помощью HIFU-воздействия [39]. Авторы оценивали возможные отдаленные последствия применения HIFU-терапии на нижнюю полую вену, основные ветви печеночной вены, а также воротную вену и ее основные ветви, учитывая тот факт, что расстояние между опухолью и основным кровеносным сосудом составляло менее 1 см [39].

В данном исследовании в течение 7 лет наблюдали за 39 пациентами после HIFU-абляции 42 опухолей печени, размер каждой из которых в наибольшем измерении составлял $7,4 \pm 4,3$ см. Средний возраст больных составил 53,2 года (диапазон 25–77 лет). У 37 участников было одиночное поражение, у 1 – два и у 1 – три метастатических очага. Среди 42 пролеченных опухолей 25 прилежали к одному кровеносному сосуду, 14 – к двум, 2 – к трем и 1 – к четырем. В целом 21 из 42 опухолей была удалена полностью, тогда как остальные – более чем на 50% своего объема после одного сеанса HIFU-терапии. Весьма показательно, что после $23,8 \pm 17,2$ мес наблюдения ни у одного пациента не наблюдалось какого-либо повреждения стенки кровеносных сосудов [39].

Таким образом, HIFU-терапия позволила добиться полного некроза опухоли, даже если опухолевый очаг располагался рядом с основными кровеносными сосудами печени. На основании проведенного исследования можно констатировать, что по результатам краткосрочных и долгосрочных наблюдений HIFU-терапия безопасна в использовании для абляции опухолей, в том числе и прилежащих к магистральным сосудам. Это обстоятельство выгодно отличает метод ультразвуковой абляции от других малоинвазивных методов локального лечения, в случае которых близость расположения опухоли к крупным сосудистым стволам является, в принципе, противопоказанием к практическому применению [39].

Клиническое применение

Существует три основные категории устройств HIFU для клинического применения, включая экстракорпоральные, интерстициальные и трансректальные. Экстракорпоральные зонды используются для воздействия на опухолевые очаги через кожу, трансректальные инструменты предназначены для лечения опухолей предстательной железы, рака прямой кишки, влагалища, шейки или тела

матки, а интерстициальные устройства применяются для лечения опухолей пищевода и желчевыводящих путей.

Следует подчеркнуть, что весьма важным компонентом адекватного проведения HIFU-терапии является метод визуализации в режиме реального времени в ходе терапевтической процедуры, необходимый для обеспечения безопасности и эффективности проводимого лечения. Основные способы визуализации, которые используются для мониторинга HIFU-терапии, – это сонография (USgHIFU) и магнитно-резонансная томография (MRigHIFU). Ультразвук – самый дешевый и доступный метод визуализации, обеспечивающий изображение в реальном времени, используя ту же форму энергии, которая применяется и для лечения. В то же время HIFU-терапия под МР-контролем (MR-HIFU) имеет целый ряд дополнительных преимуществ по сравнению с USgHIFU, включая получение наилучшего качества изображения анатомических деталей и возможность проводить термометрию во время сеансов термоабляции [40].

Последние достижения в области HIFU-терапии увеличили ее популярность в клиническом применении. Достигнуты многообещающие результаты в лечении различных ЗНО, включая рак поджелудочной железы, предстательной железы, печени, почки, молочной железы, костей и др. [41–49]. Отметим, что основной контингент онкологических больных, которым на сегодняшний день может быть рекомендовано проведение HIFU-терапии, а также современные результаты реализации HIFU-терапии при основных локализациях ЗНО уже весьма подробно и досконально рассмотрены в отечественной статье Л.И. Москвичевой [50].

Наконец, еще раз вспомним не поддающееся до конца здравому осмыслению пророчество великого Нострадамуса, предсказавшего в XVI веке бурное развитие HIFU-терапии именно в наши дни, которое нашло удивительное, но неоспоримое подтверждение.

Заключение / Conclusion

Решение о том, следует ли применять HIFU в качестве стандартного клинического метода лечения, зависит от следующих факторов: достижение эффективного клинического результата, практическая осуществимость, наличие соответствующего терапевтического оборудования, приложенные усилия и финансовые затраты. Кроме того, технология HIFU может быть усовершенствована за счет использования контрастных веществ с микропузырьками или переноса генов или лекарств для будущих применений HIFU в онкологии. При этом технология HIFU должна постоянно контролироваться и тестироваться для обеспечения безопасности и качества ее проведения.

В связи с тем, что клиническое применение HIFU в настоящее время продолжает постоянно расширяться, необходимо совершенствовать HIFU-терапию, чтобы сделать данный метод противоопухолевого лечения более распространенным и востребованным. Нынешние клинические результаты весьма обнадеживают, а несколько продолжающихся исследований предоставят еще больше клинических данных, которые будут важны для безопасного и эффективного использования HIFU для лечения ЗНО, в том числе в качестве метода доставки генетического материала или лекарств в опухолевые клетки. Перспективными видами онкологического применения биоэффектов HIFU-терапии являются также жидкая биопсия (для обеспечения высвобождения биомаркеров рака), лизис тромбов и целевая сосудистая окклюзия.

Поскольку исследования безопасности и эффективности HIFU-терапии проводятся во всем мире, регулярное внедрение данного метода противоопухолевого лечения должно сопровождаться тщательным мониторингом его результатов при терапевтическом воздействии на различных стадиях ЗНО, а также при клинической необходимости использовать дополнительные специфические методы лечения. Кроме того, необходимо улучшать и корректировать биологические приложения, опосредованные реализацией HIFU.

В целом, несмотря на то что широкий спектр терапевтических возможностей HIFU-терапии пока еще находится на относительно ранних стадиях развития, метод располагает большим клиническим потенциалом в области современной онкологической неинвазивной неионизирующей противоопухолевой терапии под визуальным контролем.

Литература [References]

1. Pennes HH. Analysis of tissue and arterial blood temperatures in the resting human forearm. *J Appl Physiol* 1948; 1: 93–122. <https://doi.org/10.1152/jappl.1948.1.2.93>.
2. Vogl TK, Helmberger TJ, Mack MG, Reiser MF (Eds). *Percutaneous tumor ablation in medical radiology*. Springer; 2008: 258 pp.
3. Kennedy JE, ter Haar GR, Cranston D. High intensity focused ultrasound: surgery of the future? *Brit J Radiol*. 2003; 76(909): 590–9. <https://doi.org/10.1259/bjr/17150274>.
4. Cartwright JH, González DL, Piro O. Pitch perception: a dynamic systems perspective. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2001; 98(9): 4855–9. <https://doi.org/10.1073/pnas.081070998>.
5. Dunn PM. Aristotle (384–322 BC): philosopher and scientist of ancient Greece. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2006; 91(1): F75–7. <https://doi.org/10.1136/adc.2005.074534>.
6. Gitter AH. A short history of hearing research. I. Antiquity. *Laryngorhinootologie*. 1990; 69(8): 442–5 (in German). <https://doi.org/10.1055/s-2007-998226>.
7. Trépardoux F. Denis Ballière (1729–1800). *Rev Hist Pharm*. 2002; 50(334): 291–302 (in French). <https://doi.org/10.1055/s-2007-998226>.
8. Griffin DR. *Listening in the dark: the acoustic orientation of bats and men*. Yale University Press; 1958: 413 pp.
9. Wood RV, Loomis AL. The physical and biological effects of high-frequency sound waves of high intensity. *Philos Mag*. 1927; 4(22): 417–36.
10. Lynn JG, Zwemer RL, Cheek AJ, Miller AE. A new method for generating and using focused ultrasound in experimental biology. *J Gen Physiol*. 1942; 26(2): 179–93. <https://doi.org/10.1085/jgp.26.2.179>.
11. Fry WJ, Barnard JW, Fry FJ, Brennan JF. Localized selective lesions of the central nervous system caused by ultrasound. *Am J Phys Med*. 1955; 34(3): 413–23. <https://doi.org/10.1126/science.122.3168.517>.
12. Hynynen K, Colucci V, Chung A, Jolesz F. Noninvasive arterial occlusion using MRI-guided focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 1996; 22(8): 1071–7. <https://doi.org/10.1126/science.122.3168.517>.
13. First brain clinical trial. Available at: https://www.fusfoundation.org/the-technology/timeline-of-focused-ultrasound/first-brain-clinical-trial/?_x_tr_sl&_x_tr_tl&_x_tr_hl (accessed 11.08.2024).
14. First focused ultrasound pediatric brain tumor clinical trial begins. Available at: https://www.fusfoundation.org/the-technology/timeline-of-focused-ultrasound/first-focused-ultrasound-pediatric-brain-tumor-clinical-trial-begins/?_x_tr_sl&_x_tr_tl&_x_tr_hl (accessed 11.08.2024).
15. Meng Y, Pople CB, Suppiah S, et al. MR-guided focused ultrasound liquid biopsy enriches circulating biomarkers in patients with brain tumors. *Neuro Oncol*. 2021; 23(10): 1789–97. <https://doi.org/10.1093/neuonc/noab057>.
16. Буров А.К. Ультразвуковые колебания высокой интенсивности для воздействия на злокачественные опухоли животных и человека. Доклады Академии наук СССР. 1956; 106: 239–41. [Burov AK. High intensity ultrasonic vibrations for exposure to malignant tumors of animals and humans. *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1956; 106: 239–41 (in Russ).]
17. Розенберг Л.Д. Фокусирующие излучатели ультразвука. В кн.: Розенберг Л.Д. (ред.) Физика и техника мощного ультразвука. Т. 1. М.: Наука; 1967: 149–206. [Rozenberg LD. Focusing ultrasound transducers. In: Rozenberg LD (Ed). *Physics and technique of powerful ultrasound*. Vol. 1. Moscow: Nauka; 1967: 149–206 (in Russ).]
18. Лаборатория медицинского и промышленного ультразвука. URL: <http://limu.msu.ru> (дата обращения 01.11.2023). [Laboratory for Industrial and Medical Ultrasound. Available at: <http://limu.msu.ru> (accessed 01.11.2023).]
19. Гаврилов Л.Р. Фокусированный ультразвук высокой интенсивности в медицине. М.: Фазис; 2013: 567–649. [Gavrilov LR. *Focused ultrasound of high intensity in medicine*. Moscow: Fazis; 2013: 567–649 (in Russ).]
20. Gavrilov LR., Hand JW. *High-power ultrasound phased arrays for medical applications*. Nova Science Publishers; 2014: 200 pp.
21. В.А. Хохловой присуждена Серебряная медаль Рэлея–Гельмгольца. *Акустический журнал*. 2023; 69(4): 506. <https://doi.org/10.31857/S0320791923350010>.

- [VA Khokhlova was awarded the Rayleigh–Helmholtz Silver Medal. *Akustičeskij žurnal*. 2023; 69(4): 506 (in Russ). <https://doi.org/10.31857/S0320791923350010>.]
22. Авадьяева Е.Н., Зданович Л.И. Нострадамус: взгляд сквозь столетия. Центурии. М.: Букмэн; 1999: 393 с. [Avadyaeva EN, Zdanovich LI. Nostradamus: a look through the centuries. Centuries. Moscow: Bukmen; 1999: 393 pp (in Russ).]
 23. Булат В.В. Нострадамус глазами исторической науки. СПб.: Нестор-История; 2019: 160 с. [Bulat VV. Nostradamus through the eyes of historical science. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya; 2019: 160 pp (in Russ).]
 24. Hill CR, Rivens I, Vaughan M, et al. Lesion development in focused ultrasound surgery: a general model. *Ultrasound Med Biol*. 1994; 20(3): 259–69. [https://doi.org/10.1016/0301-5629\(94\)90066-3](https://doi.org/10.1016/0301-5629(94)90066-3).
 25. Vaughan M, ter Haar G, Hill CR, et al. Minimally invasive cancer surgery using focused ultrasound: a pre-clinical, normal tissue study. *Br J Radiol*. 1994; 67(795): 267–74. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-67-795-267>.
 26. Maris H, Balibar S. Negative pressures and cavitation in liquid helium. *Physics Today*. 2000; 53(2): 29–32. <https://doi.org/10.1063/1.882962>.
 27. Clement GT. Perspectives in clinical uses of high-intensity focused ultrasound. *Ultrasonics*. 2004; 42(10): 1087–93. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2004.04.003>.
 28. Wu F, Chen WZ, Bai J, et al. Tumor vessel destruction resulting from high-intensity focused ultrasound in patients with solid malignancies. *Ultrasound Med Biol*. 2002; 28(4): 535–42. [https://doi.org/10.1016/s0301-5629\(01\)00515-4](https://doi.org/10.1016/s0301-5629(01)00515-4).
 29. Delon-Martin C, Vogt C, Chignier E, et al. Venous thrombosis generation by means of highintensity focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 1995; 21(1): 113–9. [https://doi.org/10.1016/0301-5629\(94\)00095-6](https://doi.org/10.1016/0301-5629(94)00095-6).
 30. Rivens BH, Rowland IJ, Denbow M, et al. Vascular occlusion using focused ultrasound surgery for use in fetal medicine. *Eur J Ultrasound*. 1999; 9(1): 89–97. [https://doi.org/10.1016/s0929-8266\(99\)00008-7](https://doi.org/10.1016/s0929-8266(99)00008-7).
 31. Hynynen K, Chung A, Colucci V, et al. Potential adverse effects of high-intensity focused ultrasound exposure on blood vessels in vivo. *Ultrasound Med Biol*. 1996; 22(2): 193–201. [https://doi.org/10.1016/0301-5629\(95\)02044-6](https://doi.org/10.1016/0301-5629(95)02044-6).
 32. Vaezy S, Martin R, Kaczowska P, et al. Use of high-intensity focused ultrasound to control bleeding. *J Vasc Surg*. 1999; 29(3): 533–42. [https://doi.org/10.1016/s0741-5214\(99\)70282-x](https://doi.org/10.1016/s0741-5214(99)70282-x).
 33. Hynynen K. The threshold for thermally significant cavitation in dogs' thigh muscle in vivo. *Ultrasound Med Biol*. 1991; 17(2): 157–69. [https://doi.org/10.1016/0301-5629\(91\)90123-e](https://doi.org/10.1016/0301-5629(91)90123-e).
 34. Wu F, Chen WZ, Bai J, et al. Pathological changes in human malignant carcinoma treated with high-intensity focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 2001; 27(8): 1099–106. [https://doi.org/10.1016/s0301-5629\(01\)00389-1](https://doi.org/10.1016/s0301-5629(01)00389-1).
 35. Chen L, Rivens I, ter Haar GR, et al. Histological changes in rat liver tumours treated with highintensity focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 1993; 19(1): 67–74. [https://doi.org/10.1016/0301-5629\(93\)90019-k](https://doi.org/10.1016/0301-5629(93)90019-k).
 36. Oosterhof GO, Cornel EB, Smits GA, et al. Influence of high-intensity focused ultrasound on the development of metastases. *Eur Urol*. 1997; 32(1): 91–5. <https://doi.org/10.1159/000480887>.
 37. Wu F, Wang ZB, Chen WZ, et al. Circulating tumor cells with solid malignancy treated by highintensity focused ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 2004; 30(4): 1217–22. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2003.12.004>.
 38. Wu F, Wang ZB, Chen WZ, et al. Preliminary experience using high intensity focused ultrasound for the treatment of patients with advanced stage renal malignancy. *J Urol*. 2003; 170(6 Pt 1): 2237–40. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000097123.34790.70>.
 39. Zhang L, Zhu H, Jin C, et al. High-intensity focused ultrasound (HIFU): effective and safe therapy for hepatocellular carcinoma adjacent to major hepatic veins. *Eur Radiol*. 2009; 19(2): 437–45. <https://doi.org/10.1007/s00330-008-1137-0>.
 40. Trumm CG, Napoli A, Peller M, et al. MR-guided focused ultrasound. Current and future applications. *Radiologe*. 2013; 53(3): 200–8 (in German). <https://doi.org/10.1007/s00117-012-2417-x>.
 41. Uchida T, Tomonaga T, Kim H, et al. Improved outcomes with advancements in high intensity focused ultrasound devices for the treatment of localized prostate cancer. *J Urol*. 2015; 193(1): 103–10. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2014.07.096>.
 42. Sabel MS. Nonsurgical ablation of breast cancer: future options for small breast tumors. *Surg Oncol Clin N Am*. 2014; 23(3): 593–60. <https://doi.org/10.1016/j.soc.2014.03.009>.
 43. Chen L, Wang K, Chen Z, et al. High intensity focused ultrasound ablation for patients with inoperable liver cancer. *Hepatogastroenterology*. 2015; 62(137): 140–3.
 44. Klatte T, Kroeger N, Zimmermann U, et al. The contemporary role of ablative treatment approaches in the management of renal cell carcinoma (RCC): focus on radiofrequency ablation (RFA), high-intensity focused ultrasound (HIFU), and cryoablation. *World J Urol*. 2014; 32(3): 597–605. <https://doi.org/10.1007/s00345-014-1284-7>.
 45. Wu F. High intensity focused ultrasound: a noninvasive therapy for locally advanced pancreatic cancer. *World J Gastroenterol*. 2014; 20(44): 16480–8. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i44.16480>.
 46. Yu W, Tang L, Lin F, et al. High-intensity focused ultrasound: Noninvasive treatment for local unresectable recurrence of osteosarcoma. *Surg Oncol*. 2015; 24(1): 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2014.10.001>.
 47. Wang G, Zhou D. Preoperative ultrasound ablation for borderline resectable pancreatic cancer: a report of 30 cases. *Ultrason Sonochem*. 2015; 27: 694–702. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.05.029>.
 48. Li CX, Xu G., Jiang ZY, et al. Analysis of clinical effect of highintensity focused ultrasound on liver cancer. *World J Gastroenterol*. 2004; 10(15): 2201–4. <https://doi.org/10.3748/wjg.v10.i15.2201>.
 49. Wu F, Wang ZB, Chen WZ, et al. Advanced hepatocellular carcinoma: treatment with high-intensity focused ultrasound ablation 159 combined with transcatheter arterial embolization. *Radiology*. 2005; 235(2): 659–67. <https://doi.org/10.1148/radiol.2352030916>.
 50. Москвичева Л.И. Применение HIFU-терапии в онкологии (2000–2023 гг.). *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена*. 2022; 11(1): 64–74. <https://doi.org/10.17116/onkolog20221101164>. [Moskvicheva LI. Application of HIFU therapy in oncology (2000–2021). *P.A. Herzen Journal of Oncology*. 2022; 11(1): 64–74 (in Russ). <https://doi.org/10.17116/onkolog20221101164>.]

