



**Уважаемые коллеги, поздравляем вас с Новым годом!**

Пусть каждый день приносит много радостных моментов,  
которые перейдут в приятные воспоминания,  
а дело, которым вы занимаетесь – удовольствие и благополучие!

Желаем здоровья, достижения успехов во всем  
и возможности самореализации.

С наилучшими пожеланиями,  
редакционная коллегия журнала  
«Радиология – практика»!

# РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

№ 6 (78) 2019

Решением Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Министерства образования и науки РФ журнал «Радиология – практика» включен в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендована публикация основных результатов диссертационных исследований на соискание степеней доктора и кандидата наук. Номер – 1705.

## Редакционная коллегия журнала:

### Главный редактор

Васильев А. Ю., доктор мед. наук, член-корр. РАН (Москва)

### Ответственный секретарь

Егорова Е. А., доктор мед. наук, профессор (Москва)

### Члены редколлегии:

Блинов Николай Николаевич, доктор техн. наук, профессор (Москва)  
Дергилев Александр Петрович, доктор мед. наук, профессор (Новосибирск)  
Капустин Владимир Викторович, доктор мед. наук (Москва)  
Левшакова Антонина Валерьевна, доктор мед. наук (Москва)  
Лежнев Дмитрий Анатольевич, доктор мед. наук, профессор (Москва)  
Морозов Сергей Павлович, доктор мед. наук, профессор (Москва)  
Ольхова Елена Борисовна, доктор мед. наук, профессор (Москва)  
Петровская Виктория Васильевна, доктор мед. наук, доцент (Москва)  
Рубцова Наталья Алефтиновна, доктор мед. наук (Москва)  
Селиверстов Павел Владимирович, доктор мед. наук (Иркутск)  
Синицын Валентин Евгеньевич, доктор мед. наук, профессор (Москва)  
Смысленова Маргарита Витальевна, доктор мед. наук (Москва)  
Трофимова Татьяна Николаевна, доктор мед. наук, профессор (Санкт-Петербург)

Дизайн и верстка Липчанская И. В.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ ФС77–27480 от 9 марта 2007 года

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы.

Статьи публикуются с сохранением авторской редакции.

© РОО «Общество рентгенологов, радиологов и специалистов ультразвуковой диагностики в г. Москва», 2014

© НПЦ медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы, 2007

© НПАО «Амико», 2007

ISSN 2071–9426

ББК 53.6  
УДК 616.71

[www.radp.ru](http://www.radp.ru)

Журнал «Радиология – практика» представлен в Научной электронной библиотеке (elibrary.ru) и базе данных «Российский индекс научного цитирования»; базе данных Index Copernicus (Польша).

# RADIOLOGY PRACTICE

№ 6 (78) 2019

According to the decision of the Higher Attestation Commission of the Russian Ministry of Education and Science the journal «Radiology – practice» is included in the List of leading reviewed journals and publications issued in Russia and recommended for publishing the main results of thesis research for the academic degrees of the doctor of the sciences (the highest academic degree in Russia) and the candidate of the sciences (the lower degree, roughly, the Russian equivalent to the research doctorate in most western countries).

## Editorial Board of the Journal:

### Chief Editor

Vasil'ev A. Yu., M. D. Med., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor (Moscow)

### Executive secretary

Egorova E. A., M. D. Med., Professor (Moscow)

### Editorial Board Members:

Blinov Nikolay Nikolaevich, M. D. Med., Professor (Moscow)

Dergilev Aleksandr Petrovich, M. D. Med., Professor (Novosibirsk)

Kapustin Vladimir Viktorovich, M. D. Med. (Moscow)

Levshakova Antonina Valer'evna, M. D. Med. (Moscow)

Lezhnev Dmitriy Anatol'evich, M. D. Med., Professor (Moscow)

Morozov Sergey Pavlovich, M. D. Med., Professor (Moscow)

Olkhova Elena Borisovna, M. D. Med., Professor (Moscow)

Petrovskaya Victoriya Vasil'evna, M. D. Med., Associate Professor (Moscow)

Rubtsova Natal'ya Aleftinovna, M. D. Med. (Moscow)

Seliverstov Pavel Vladimirovich, M. D. Med. (Irkutsk)

Sinitsyn Valentin Evgen'evich, M. D. Med., Professor (Moscow)

Smyslenova Margarita Vital'evna, M. D. Med. (Moscow)

Trofimova Tat'yana Nikolaevna, M. D. Med., Professor (St. Petersburg)

Design and lay-out Lipchanskaya I. V.

Certificate of the mass media registration ПИ ФС77–27480 issued on the 9<sup>th</sup> of March 2007

The editorial staff is not responsible for the content of the advertisement.

All the articles are published according to the authors' manuscripts.

© Regional Social Organization of Radiologists in the Moscow City, 2014

© Scientific Production Centre of Medical Radiology of Moscow Healthcare Department, 2007

© AMICO, Ltd., 2007

ISSN 2071–9426

ББК 53.6

УДК 616.71

[www.radp.ru](http://www.radp.ru)

The journal «Radiology – practice» is available in the Scientific electronic library (elibrary.ru), the data base «Russian index of scientific citation» and the data base «Index Copernicus» (Poland).

# Содержание

## ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

- Сравнение диагностической ценности диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии, позитронно-эмиссионной томографии с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ и компьютерной томографии всего тела при метастатическом раке молочной железы**  
П. Б. Гележе, С. П. Морозов.....8
- Роль псевдокинематического и кинематического магнитно-резонансного исследования в реальном времени в диагностике заболеваний височно-нижнечелюстного сустава**  
Д. В. Душкова, Ю. А. Васильев .....21
- Диффузионно-взвешенные изображения в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей яичников**  
Б. П. Олимов, Ф. А. Коссов, М. Г. Лаптева,  
О. Н. Стрельцова, В. О. Панов, И. Е. Тюрин .....33

## МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Оценка точности асинхронной компьютерной денситометрии по данным фантомного моделирования**  
А. В. Петряйкин, Л. А. Низовцова, К. А. Сергунова, Е. С. Ахмаг,  
Д. С. Семенов, Ф. А. Петряйкин, В. А. Гомболевский, А. Е. Николаев,  
Д. С. Кошурников, Ю. И. Титова, С. П. Морозов, А. В. Владзимирский .....48

## ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- Кальциевый индекс как скрининговый метод диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы)**  
К. Н. Журавлев, В. Е. Синуцын, А. В. Шнектор .....60
- Современные представления о параметрах гемодинамики в артериовенозной фистуле для гемодиализа (обзор литературы)**  
В. С. Коэн, Т. В. Захматова .....73
- Редкие варианты диффузного билатерального почечного поражения в практике врача ультразвуковой диагностики скоропомощного детского стационара**  
Е. Б. Ольхова, С.А. Суханов, А. Л. Музуров,  
Г. А. Генералова, Л. А. Дерюгина, И. А. Утц .....83

# Contents

## DIAGNOSTIC IMAGING

- Comparison of the diagnostic value of whole-body MRI with diffusion-weighted images, <sup>18</sup>F-FDG positron emission tomography combined with computer tomography and whole-body computer tomography in metastatic breast cancer**  
P. B. Gelezhe, S. P. Morozov ..... 8
- The Role of Dynamic and Pseudodynamic Magnetic Resonance Research in the Diagnosis of Temporomandibular Joint Diseases**  
D. V. Dushkova, Yu. A. Vasil'ev ..... 21
- Diffusion-Weighted Imaging for the Deferential Diagnosis of Benign and Malignant Ovarian Tumors**  
B. P. Olimov, F. A. Kossov, M. G. Lapteva,  
O. N. Streltsova, V. O. Panov, I. E. Tyurin ..... 33

## MEDICAL TECHNOLOGY

- Accuracy of Asynchronous Quantitative Computed Tomography by Phantom Modelling**  
A. V. Petraikin, L. A. Nisovtsova, K. A. Sergunova, E. S. Akhmad, D. S. Semenov,  
F. A. Petryaykin, V. A. Gombolevsky, A. E. Nikolaev, D. S. Koshurnikov,  
Yu. I. Titova, S. P. Morozov, A. V. Vladzimirskyy ..... 48

## THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

- Coronary Calcium Score as Powerful Screening Method for Cardiovascular Diseases (Literature Review)**  
K. N. Zhuravlev, V. E. Sinitsyn, A. V. Shpektor ..... 60
- Modern View on Hemodynamic Parameters in Arteriovenous Fistula for Hemodialysis (Literature Review)**  
V. S. Koen, T. V. Zahmatova ..... 73
- Rare Variants of Diffuse Bilateral Renal Lesion in the Practice of Ultrasound Diagnostics of Emergency Children's Hospital**  
E. B. Olkhova, S. A. Sukhanov, A. L. Muzurov,  
G. A. Generalova, L. A. Deryugina, I. A. Utz ..... 83



## КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

### **Клинический случай острого постнагрузочного рабдомиолиза верхних конечностей**

А. А. Емельянцева, И. С. Железняк, С. Н. Бардаков,  
В. А. Царгуш, А. Н. Бельских, М. В. Захаров ..... 103

### **Редкий случай внутрикостной миофибромы нижней челюсти у трехлетнего пациента: клиническое наблюдение**

С. В. Яковлев, О. З. Топольницкий, Д. А. Лежнев, А. В. Макеев ..... 115

## НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

### **Отчет о проведении Научно-образовательной конференции «Современные реалии лучевой диагностики социально значимых заболеваний»**

..... 124

**Правила оформления статей для опубликования в журнале «Радиология — практика»**..... 133

---

— / ○ —

## CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

### **A Case of Acute Postexercise Rhabdomyolysis of Upper Extremities**

A. A. Emel'yantsev, I. S. Zheleznyak, S. N. Bardakov,  
V. A. Tsargush, A. N. Bel'skikh, M. V. Zakharov..... 103

### **A Rare Case of Intraosseous Myofibroma of the Mandible in a Three Year Old Patient: Clinical Observation**

S. V. Yakovlev, O. Z. Topolnitsky, D. A. Lezhnev, A. V. Makeev..... 115

## SCIENTIFIC INFORMATION, CHRONICLE, ADS

**Report on the Scientific and Educational Conference «Modern Realities  
of Radiation Diagnosis of Socially Significant Diseases»** ..... 124

**The Rules of Articles Preparation for Publication in the Journal «Radiology — practice»**..... 133

# Сравнение диагностической ценности диффузионно-взвешенной магнитно-резонансной томографии, позитронно-эмиссионной томографии с $^{18}\text{F}$ -ФДГ и компьютерной томографии всего тела при метастатическом раке молочной железы

П. Б. Гележе\*, <sup>1,2</sup>, С. П. Морозов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва

<sup>2</sup> Акционерное общество «Европейский медицинский центр», Москва

## Comparison of the Diagnostic Value of Whole-body MRI with Diffusion-weighted Images, $^{18}\text{F}$ -FDG Positron Emission Tomography Combined with Computer Tomography and Whole Body Computer Tomography in Metastatic Breast Cancer

P. B. Gelezhe\*, <sup>1,2</sup>, S. P. Morozov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Radiology Research and Practical Centre, Moscow

<sup>2</sup> European Medical Center, Moscow

### Реферат

Рак молочной железы занимает лидирующие позиции в онкологической заболеваемости и смертности. Точное стадирование заболевания повышает шансы на высокую безрецидивную выживаемость. Позитронно-эмиссионная томография с  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкозой ( $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ) считается «золотым стандартом» диагностики метастатического поражения при ряде онкологических заболеваний, в том числе и при раке молочной железы. Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) являются специфической импульсной последовательностью, позволяющей дифференцировать злокачественный процесс за счет повышения сигнала. Место ДВИ всего тела в диагностическом алго-

---

\* **Гележе Павел Борисович**, врач-рентгенолог, радиолог АО «Европейский медицинский центр», научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (926) 358-36-99. Электронная почта: gelezhe.pavel@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-1072-2202

**Gelezhe Pavel Borisovich**, Radiologist and Nuclear Medicine Physician (European Medical Center), Junior Fellow of Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Healthcare Of Moscow.

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (926) 358-36-99. E-mail: gelezhe.pavel@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-1072-2202

ритме при раке молочной железы не определено. Целью работы являлась оценка возможностей ДВИ всего тела в сравнении с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и компьютерной томографией (КТ) всего тела в отношении местного и отдаленного распространения рака молочной железы. Было произведено сравнение диагностических показателей, включающих чувствительность, специфичность, положительное и отрицательное прогностическое значение, точность, для  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ, МРТ с ДВИ и КТ всего тела. МРТ всего тела с ДВИ продемонстрировала преимущество в диагностике метастатического поражения печени и скелета. Использование исключительно МРТ всего тела с ДВИ для стадирования и рестадирования рака молочной железы не является оправданным по причине низкой специфичности выявления метастазов регионарных и отдаленных лимфатических узлов. МРТ всего тела с ДВИ может быть рекомендована в качестве уточняющего метода после выполнения  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ или КТ всего тела.

**Ключевые слова:** рак молочной железы, магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, компьютерная томография,  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкоза.

### Abstract

Breast cancer occupies a leading position in cancer morbidity and mortality. Accurate staging of the disease increases the chances of a high relapse-free survival.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT is considered the «gold standard» for diagnosing metastatic lesions in a number of cancers, including breast cancer. Diffusion-weighted imaging (DWI) is a specific pulse sequence that allows differentiation of the malignant process. The place of whole body DWI in the diagnostic algorithm for breast cancer is not defined. The aim of the work was to evaluate the possibilities of whole body DWI in comparison with  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT and whole body CT for the local and distant spread of breast cancer. A comparison was made of diagnostic indicators, including sensitivity, specificity, positive and negative predictive value, accuracy. A whole body MRI with DWI demonstrated an advantage in diagnosing metastatic lesions of the liver and skeleton. The use of exclusively whole body MRI with DWI for staging and restaging of breast cancer is not justified due to the low specificity of detection of metastases of regional and distant lymph nodes. A whole body MRI with DWI may be recommended as a clarifying method after performing  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT or whole body CT.

**Key words:** Breast Cancer, Magnetic Resonance Imaging, Positron Emission Tomography, Computed Tomography,  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose.

### Актуальность

Рак молочной железы остается наиболее частым онкологическим заболеванием и второй причиной онкологической смертности среди женщин. После первичного лечения около одной трети всех пациенток, страдающих раком молочной железы, демонстрируют местный рецидив или отдаленные метастазы [4]. Точные первичное стадирование и динамический контроль увеличивают шансы на выздоровление и безрецидивную продолжительность жизни.

Наибольшую точность в отношении стадирования первичного и рецидивного рака молочной железы продемон-

стрировала позитронно-эмиссионная томография с  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкозой, совмещенная с компьютерной томографией ( $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ) [5]. Высокое диагностическое значение ПЭТ/КТ с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ обеспечивается точной локализацией отдаленных метастазов, в частности, метастатическое поражение регионарных лимфатических узлов может быть выявлено с потрясающей точностью [12].

Диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) являются специфической импульсной последовательностью МРТ, основанной на визуализации движения молекул воды (диффузии). В течение

десятилетий ДВИ использовались для оценки заболеваний головного мозга, в частности, выявления зоны ишемического инфаркта на основании ограничения диффузии. В конце 1990-х гг. некоторые технические усовершенствования, такие, как создание DWIBS [7], позволили расширить область применения ДВИ для диагностики экстракраниальных патологических процессов. В настоящее время ДВИ являются одним из методик визуализации метастатического процесса [10]. Диффузия зависит от множества факторов, включающих в себя величину межклеточных промежутков, плотность жидкости, проницаемость межклеточных и внутриклеточных мембран. Злокачественные опухоли, как правило, демонстрируют повышение сигнала на ДВИ по сравнению с доброкачественными процессами. Причиной ограничения диффузии тканями опухоли может быть большее количество клеток на единицу объема и как следствие меньшие межклеточные промежутки [10]. Возможна количественная оценка степени ограничения диффузии за счет получения карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). К преимуществам ДВИ всего тела следует отнести небольшое время сбора данных (около 20 мин), отсутствие ионизирующего излучения и необходимости внутривенного контрастного усиления. Ряд публикаций подтверждает ценность ДВИ как уточняющей импульсной последовательности при исследованиях всего тела в онкологии [1, 10]. ДВИ являются крайне чувствительным методом для диагностики отдаленных метастазов [2].

Диагностическая ценность ДВИ всего тела при раке молочной железы точно не определена.

**Цель:** сравнение возможностей ДВИ всего тела с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ

всего тела и КТ всего тела в отношении местного и отдаленного распространения рака молочной железы.

## Материалы и методы

### Пациентки

Исследование имеет ретроспективный дизайн, данные были собраны с 1 января 2016 г. по 1 августа 2018 г.

В группу исследования включались пациентки с первичным инвазивным раком молочной железы, в истории болезни которых присутствовала информация о гистологических и иммуногистохимических характеристиках опухоли, включая рецепторный статус. Обязательной для включения в исследование являлась информация о количестве метастатических регионарных лимфатических узлов, выполнение МРТ всего тела с ДВИ, КТ или  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ всего тела в течение 2 нед. Общее количество пациенток составила 41 женщина; пациентки были разделены на группы (МРТ с ДВИ и  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ всего тела;  $n = 23$ ; МРТ с ДВИ и КТ всего тела;  $n = 18$ ). Краткая характеристика обеих групп представлена в табл. 1.

### Стандарты оценки

Ведущей задачей исследования являлась оценка диагностической точности МРТ всего тела с ДВИ,  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и КТ. Гистологическое исследование опухоли и лимфатических узлов считается «золотым стандартом» подтверждения находки на диагностическом исследовании. По причине невозможности гистологической оценки всех выявляемых очагов была создана система оценки достоверности. Конкордантность очагов являлась подтверждением их истинности. К прочим критериям достоверно-

Таблица 1

**Краткая характеристика групп сравнения МРТ с ДВИ, <sup>18</sup>F-ФДГ ПЭТ/КТ и КТ всего тела**

Параметр группы сравнения	Группа МРТ с ДВИ и <sup>18</sup> F-ФДГ ПЭТ/КТ всего тела	Группа МРТ с ДВИ и <sup>18</sup> F-ФДГ ПЭТ/КТ всего тела
Возраст, лет (средний, наименьший, наибольший)	59,4 ± 9,4, 46, 80	60,6 ± 13,3, 36, 91
Цель исследования	Рестадирирование (n = 21), стадирование (n = 2)	Рестадирирование (n = 15), стадирование (n = 3)
Гистологический тип	Инвазивный протоковый рак (n = 12), неспецифицированный рак (n = 11)	Неспецифицированный рак (n = 10), инвазивный протоковый рак (n = 8)
Молекулярный подтип	Люминальный В (n = 14), трижды негативный (n = 8), HER2neu подобный (n = 1)	Трижды негативный (n = 8), люминальный В (n = 7), люминальный А (n = 2), HER2neu подобный (n = 1)
Средний интервал между исследованиями, дней	8,5 ± 4,2	10,3 ± 2,9

сти относились информация от дополнительных МР-последовательностей и данные контрольных КТ всего тела.

**МРТ всего тела с протоколом ДВИ**

Исследование проводилось на томографе Siemens Aera, 1,5 Тл. Сбор данных ДВИ проводился ортогонально; TR — 5300 мс, TE — 74 мс, толщина среза — 5 мм, b-факторы — 50 и 900 с/мм<sup>2</sup>, матрица 128 × 96 пикселей. Дополнительные МР-последовательности включали в себя аксиальные T1-ВИ opp- и in-phase, T2-ВИ HASTE, сагиттальную T1-ВИ позвоночного столба. МРТ выполнялось без внутривенного контрастного усиления.

**<sup>18</sup>F-ФДГ ПЭТ/КТ всего тела**

Исследование проводилось на томографе ПЭТ/КТ Philips Gemini TF. Область исследования составляла интервал от уровня глазниц до середины бедер; про-

должительность сбора данных ПЭТ на позицию стола составляла 2 мин. Протокол исследования предполагал дополнительное выполнение КТ всего тела с внутривенным контрастированием (140 кВ, 60 мА/с, толщина среза 2,5 мм).

**Оценка изображений**

Исследования МРТ и ПЭТ/КТ оценивались врачом, имеющим специализацию в областях лучевой и радионуклидной диагностики. К ДВИ-положительным относились очаги с повышенным сигналом на сериях с высоким (900 мм кв/с) b-фактором. К ПЭТ-положительным относились очаги, имеющие SUV<sub>max</sub> более 2,5. При анализе компьютерных томограмм лимфатические узлы размером более 10 мм по короткой оси считались метастатическими. Выявленные находки были разделены на группы, исходя из анатомической локализации.

## Результаты

Всего было выявлено 820 метастатических очагов, из них в группе  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и МРТ всего тела обнаружено 398, в группе КТ и МРТ всего тела — 422. Абсолютные и относительные количественные показатели по анатомическим областям представлены в табл. 2.

### Анализ групп сравнения по пациентам

Выявленные в результате статистического анализа чувствительность, специфичность, прогностические значения при сравнении по пациентам представлены в табл. 3 и 4. При анализе результатов группы  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и МРТ следует обратить внимание на низкую специфичность (33,3 %) и точность (39,1 %) ДВИ в отношении диагностики метастатического поражения регионарных лимфатических узлов. Также представляет интерес 100 %-ная точность ДВИ в сравнении с 78,3 и 95,7 % точности  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ для оценки очагов скелета и печени. Обращает на себя внимание 100 %-ное положительное прогностическое значение ДВИ для визуализации метастазов легких.

В группе сравнения МРТ и КТ всего тела ДВИ немного уступили в точности

выявления метастазов легких и печени (94,4 % против 100 %). Недостаточной (33,3 и 44,4 % соответственно) была точность ДВИ и КТ для диагностики метастазов отдаленных лимфатических узлов.

### Анализ групп сравнения по очагам

Выявленные в результате статистического анализа чувствительность, специфичность, прогностические значения при сравнении по очагам представлены в табл. 5 и 6. Полученные данные в значительной степени коррелируют с указанными выше. МРТ с ДВИ продемонстрировала меньшую точность в диагностике регионарных и отдаленных лимфатических узлов по сравнению с ПЭТ/КТ (47,7; 27 % против 91,2; 81,1 % по данным ПЭТ/КТ). Выявлено большое преимущество  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ по сравнению с МРТ в точности обнаружения метастазов легких (94,6 % у ПЭТ/КТ и 21,8 % у ДВИ). В оценке метастазов печени и скелета МРТ превосходила ПЭТ/КТ (97,8; 100 % против 71,1; 60,1 %).

В группе сравнения МРТ с ДВИ и  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ ДВИ аналогично уступила в диагностике легочных оча-

Таблица 2

Количественные показатели в группах сравнения

Выявленные очаги	Группа $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и МРТ	Группа КТ и МРТ
Первичная опухоль	n = 6 (26,1 %)	n = 6 (33,3 %)
Регионарные лимфатические узлы	n = 3 (13,0 %)	n = 2 (11,1 %)
Отдаленные лимфатические узлы	n = 2 (8,7 %)	Не выявлено
Легкие	n = 6 (26,1 %)	n = 3 (16,6 %)
Печень	n = 2 (8,7 %)	n = 2 (11,1 %)
Скелет	n = 11 (47,8 %)	n = 6 (33,3 %)

Таблица 3

Количественные показатели в группах сравнения

Анатомическая область	Ис-тинный резуль-тат		Результат ДВИ				Результат ПЭТ/КТ				Параметры теста ДВИ, точечная оцен-ка (95 %-ный ДИ)						Параметры теста ПЭТ/КТ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)					
	+	-	ИП	ЛО	ИО	ЛП	ИП	ЛО	ИО	ЛП	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV		
Первичная опухоль	6	17	6	0	17	0	5	1	17	0	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (80,5; 100,0)	100,0 (85,2; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (80,5; 100,0)	83,3 (35,9; 99,6)	100,0 (80,5; 100,0)	95,7 (78,1; 99,1)	100,0 (47,8; 100,0)	94,4 (72,7; 99,9)		
Регионарные лимфатиче-ские узлы	3	20	1	2	17	3	3	0	20	0	33,3 (0,8; 90,6)	85,0 (62,1; 96,8)	78,3 (56,3; 92,5)	25,0 (0,6; 80,6)	89,5 (66,9; 98,7)	100,0 (29,2; 100,0)	100,0 (83,2; 100,0)	100,0 (85,2; 100,0)	100,0 (29,2; 100,0)	100,0 (83,2; 100,0)		
Отдаленные лимфатиче-ские узлы	2	21	2	0	7	14	2	0	20	1	100,0 (15,8; 100,0)	33,3 (14,6; 57,0)	39,1 (19,7; 61,5)	12,5 (1,6; 38,3)	100,0 (59,0; 100,0)	100,0 (15,8; 100,0)	95,2 (76,2; 99,9)	95,7 (78,1; 99,9)	66,7 (9,4; 99,2)	100,0 (83,2; 100,0)		
Легкие	6	17	4	2	17	0	6	0	16	1	66,7 (22,3; 95,7)	100,0 (80,5; 100,0)	91,3 (72,0; 98,9)	100,0 (39,8; 100,0)	89,5 (66,9; 98,7)	100,0 (54,1; 100,0)	94,1 (71,3; 99,9)	95,7 (78,1; 99,9)	85,7 (42,1; 99,6)	100,0 (79,4; 100,0)		
Печень	2	21	2	0	21	0	1	1	21	0	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (83,9; 100,0)	100,0 (85,2; 100,0)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (83,9; 100,0)	50,0 (1,3; 98,7)	100,0 (83,9; 100,0)	95,7 (78,1; 99,9)	100,0 (2,5; 100,0)	95,5 (77,2; 99,9)		
Скелет	11	12	11	0	12	0	7	4	11	1	100,0 (71,5; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (85,2; 100,0)	100,0 (71,5; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	63,6 (30,8; 89,1)	91,7 (61,5; 99,8)	78,3 (56,3; 92,5)	87,5 (47,3; 99,7)	73,3 (44,9; 92,2)		
Все метаста-зы	14	9	14	0	4	5	12	2	8	1	100,0 (76,8; 100,0)	44,4 (13,7; 78,8)	78,3 (56,3; 92,5)	73,7 (48,8; 90,9)	100,0 (39,8; 100,0)	85,7 (57,2; 98,2)	88,9 (51,8; 99,7)	87,0 (66,4; 97,2)	92,3 (64,0; 99,8)	80,0 (44,4; 97,5)		

Таблица 4

Параметры ДВИ и КТ при анализе по пациентам

Анатомическая область	Истинный результат		Результат ДВИ				Результат КТ				Параметры теста ДВИ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)					Параметры теста КТ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)				
			ИП	ЛО	ИО	ЛП	ИП	ЛО	ИО	ЛП	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV
Первичная опухоль	6	12	0	0	12	0	6	0	0	12	0	0	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)
Регионарные лимфатические узлы	2	16	0	0	16	0	2	0	0	16	0	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	
Отдаленные лимфатические узлы	0	18	0	0	6	12	0	0	8	10	33,3 (13,3; 59,0)	33,3 (13,3; 59,0)	-	44,4 (21,5; 69,2)	44,4 (21,5; 69,2)	0,0 (0,0; 30,8)	0,0 (0,0; 30,8)	100,0 (63,1; 100,0)	100,0 (63,1; 100,0)	
Легкие	3	15	2	1	15	0	3	0	15	0	66,7 (9,4; 99,2)	100,0 (78,2; 100,0)	94,4 (72,7; 99,9)	100,0 (15,8; 100,0)	93,8 (67,8; 99,8)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (78,2; 100,0)	100,0 (29,2; 100,0)	100,0 (78,2; 100,0)	
Печень	2	16	2	0	15	1	2	0	16	0	100,0 (15,8; 100,0)	93,8 (67,8; 99,8)	94,4 (72,7; 99,9)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (15,8; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	
Скелет	6	12	6	0	11	1	5	1	12	0	100,0 (54,1; 100,0)	91,7 (61,5; 99,8)	94,4 (72,7; 99,9)	100,0 (100,0)	83,3 (35,9; 99,6)	100,0 (71,5; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (99,9)	100,0 (99,9)	92,3 (64,0; 99,8)
Все метастазы	9	9	8	1	1	8	9	0	2	7	88,9 (51,8; 99,7)	11,1 (0,3; 48,2)	50,0 (26,0; 74,0)	50,0 (24,7; 75,3)	100,0 (66,4; 100,0)	22,2 (2,8; 60,0)	61,1 (35,7; 82,7)	56,3 (29,9; 80,2)	100,0 (15,8; 100,0)	

Таблица 5

Параметры ДВИ и ПЭТ/КТ при анализе по очагам

Анатомическая область	Истинный результат		Результат ДВИ				Результат ПЭТ/КТ				Параметры теста ДВИ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)				Параметры теста ПЭТ/КТ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)					
	+	-	ИП	ЛО	ИО	ЛП	ИП	ЛО	ИО	ЛП	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV
Первичная опухоль	6	17	6	0	17	0	5	1	17	0	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (80,5; 100,0)	100,0 (85,2; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (80,5; 100,0)	83,3 (35,9; 99,6)	100,0 (80,5; 100,0)	95,7 (78,1; 99,1)	100,0 (47,8; 100,0)	94,4 (72,7; 99,9)
Регионарные лимфатические узлы	14	20	4	10	17	13	11	3	20	0	28,6 (8,4; 58,1)	56,7 (37,4; 74,5)	47,7 (32,5; 63,3)	23,5 (6,8; 49,9)	37,0 (19,4; 57,6)	78,6 (49,2; 95,3)	100,0 (83,2; 100,0)	91,2 (76,3; 98,1)	100,0 (71,5; 100,0)	87,0 (66,4; 97,2)
Отдаленные лимфатические узлы	10	21	10	0	7	46	10	0	20	7	100,0 (69,2; 100,0)	13,2 (5,5; 25,3)	27,0 (16,6; 39,7)	17,9 (8,9; 30,4)	100,0 (59,0; 100,0)	100,0 (69,2; 100,0)	74,1 (53,7; 88,9)	81,1 (64,8; 92,0)	58,8 (32,9; 81,6)	100,0 (83,2; 100,0)
Легкие	158	17	36	122	17	3	158	0	16	10	22,8 (16,5; 30,1)	85,0 (62,1; 96,8)	29,8 (23,2; 37,1)	92,3 (79,1; 98,4)	12,2 (7,3; 18,9)	100,0 (97,7; 100,0)	61,5 (40,6; 79,8)	94,6 (90,2; 97,4)	94,0 (89,3; 97,1)	100,0 (79,4; 100,0)
Печень	24	21	23	1	21	0	11	13	21	0	95,8 (78,9; 99,9)	100,0 (83,9; 100,0)	97,8 (88,2; 99,9)	100,0 (85,2; 100,0)	95,5 (77,2; 99,9)	45,8 (25,6; 67,2)	100,0 (83,9; 100,0)	71,1 (55,7; 83,6)	100,0 (71,5; 100,0)	61,8 (43,6; 77,8)
Скелет	186	12	186	0	12	0	108	78	11	1	100,0 (98,0; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (98,2; 100,0)	100,0 (98,0; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	58,1 (50,6; 65,2)	91,7 (61,5; 99,8)	60,1 (52,9; 67,0)	99,1 (95,0; 100,0)	12,4 (6,3; 21,0)

Таблица 6

Параметры ДВИ и КТ при анализе по очагам

Анатомическая область	Истинный результат		Результат ДВИ				Результат КТ				Параметры теста ДВИ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)						Параметры теста КТ, точечная оценка (95 %-ный ДИ)					
			+	-	ИП	ЛО	ИО	ЛП	ИП	ЛО	ИО	ЛП	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV	Sens	Spec	Valid	PPV	NPV
	ИП	ЛО																				
Первичная опухоль	6	12	6	0	12	0	6	0	12	0	0	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (54,1; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)
Регионарные лимфатические узлы	11	16	7	4	16	0	7	4	16	0	63,6 (30,8; 89,1)	100,0 (79,4; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (59,0; 100,0)	100,0 (56,3; 94,3)	80,0 (56,3; 94,3)	63,6 (30,8; 89,1)	100,0 (79,4; 100,0)	100,0 (81,5; 100,0)	100,0 (59,0; 100,0)	100,0 (56,3; 94,3)	80,0 (56,3; 94,3)
Отдаленные лимфатические узлы	0	18	0	0	6	44	0	8	25	12,0 (4,5; 24,3)	100,0 (78,2; 100,0)	12,0 (4,5; 24,3)	0,0 (0,0; 8,0)	0,0 (54,1; 100,0)	24,2 (11,1; 42,3)	24,2 (11,1; 42,3)	-	24,2 (11,1; 42,3)	24,2 (11,1; 42,3)	0,0 (0,0; 13,7)	100,0 (63,1; 100,0)	100,0 (63,1; 100,0)
Легкие	72	15	35	37	15	0	72	0	15	48,6 (36,7; 60,7)	100,0 (78,2; 100,0)	57,5 (46,4; 68,0)	100,0 (90,0; 100,0)	28,8 (17,1; 43,1)	100,0 (78,2; 100,0)	100,0 (78,2; 100,0)	100,0 (95,0; 100,0)	100,0 (78,2; 100,0)	100,0 (95,8; 100,0)	100,0 (95,0; 100,0)	100,0 (78,2; 100,0)	100,0 (78,2; 100,0)
Печень	43	16	43	0	15	1	10	33	16	100,0 (91,8; 100,0)	93,8 (67,8; 99,8)	98,3 (90,9; 100,0)	97,7 (88,0; 99,9)	100,0 (78,2; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	100,0 (79,4; 100,0)	23,3 (11,8; 38,6)	100,0 (79,4; 100,0)	44,1 (31,2; 57,6)	100,0 (69,2; 100,0)	32,7 (19,9; 47,5)	32,7 (19,9; 47,5)
Скелет	290	12	290	0	11	3	92	198	12	100,0 (98,7; 100,0)	78,6 (49,2; 95,3)	99,0 (97,1; 99,8)	99,0 (97,0; 99,8)	100,0 (71,5; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	100,0 (73,5; 100,0)	31,7 (26,4; 37,4)	100,0 (73,5; 100,0)	34,4 (29,1; 40,1)	100,0 (96,1; 100,0)	5,7 (3,0; 9,8)	5,7 (3,0; 9,8)

гов (57,5 % у ДВИ и 100 % у КТ), однако имела более высокую точность при выявлении метастазов печени и скелета (97,7; 99 и 44,1; 34,4 %).

### Обсуждение

Полученные результаты продемонстрировали преимущество МРТ всего тела с ДВИ по сравнению с  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и КТ для выявления метастазов печени, скелета при раке молочной железы (рис.). При этом использование только МРТ с ДВИ недостаточно для диагностики метастатического поражения при раке молочной железы по причине низкой точности выявления вовлечения лимфатических узлов. Аналогичные результаты были получены Neusner et al. [3]; в их работе ДВИ продемонстрировали меньшую точность диагностики

метастазов регионарных и отдаленных лимфатических узлов. Однако в этом исследовании были получены примеры ложнонегативных результатов  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ для метастазов скелета, которые были подтверждены только по МРТ с ДВИ.

По данным исследования Kosmin et al. [6], сделан вывод о большой пользе МРТ с ДВИ для выявления костных метастазов. Благодаря использованию МРТ стадия онкологического процесса была изменена в 34,7 % случаев.

В нашей работе МРТ с ДВИ показала низкую точность диагностики метастатического поражения лимфатических узлов за счет большого числа ложноположительных результатов. По данному вопросу существуют разнородные литературные данные, в частности,

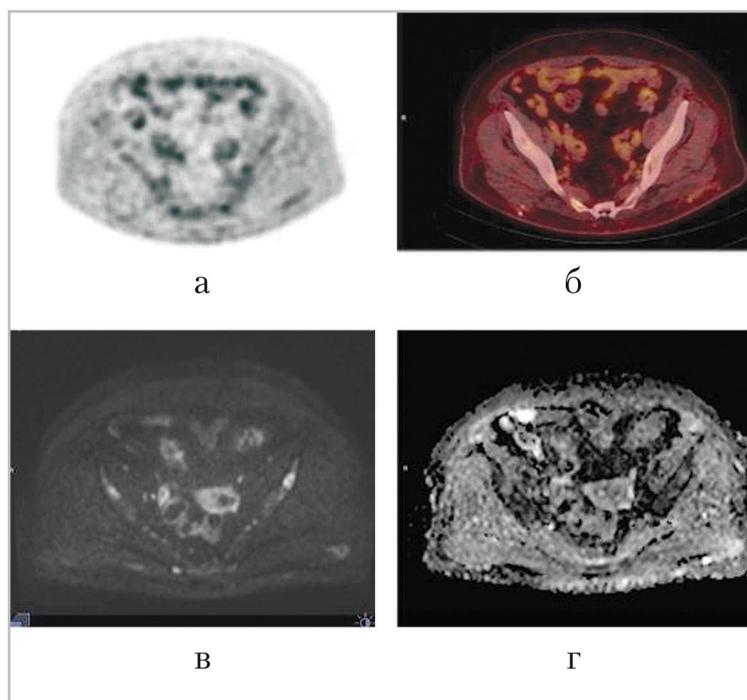


Рис.  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и МРТ всего тела с ДВИ у пациентки с метастатическим раком молочной железы: *а* — изображение моноПЭТ с коррекцией аттенюации; *б* — совмещенное изображение ПЭТ/КТ без признаков метастатического поражения скелета; *в* — на ДВИ определяются одиночные метастатические очаги подвздошных костей; *г* — на карте ИКД также прослеживается ограничение диффузии в метастатических очагах

мета-анализ Xing et al. [17] свидетельствует о надежности ДВИ для дифференциальной диагностики лимфатических узлов при раке молочной железы. Напротив, в работе Parythikunpan et al. авторы пришли к заключению об ограниченной ценности МРТ с ДВИ в N-стадировании [13].

МРТ с ДВИ показала более высокую точность при выявлении метастазов печени, скелета по сравнению с <sup>18</sup>F-ФДГ ПЭТ/КТ и КТ всего тела. Точность ДВИ возрастает при использовании факультативных импульсных последовательностей, что подтверждается литературными данными [14]. Высокая диагностическая ценность ДВИ отражена в результатах мета-анализа научной группы под руководством Li, в котором общие показатели чувствительности и специфичности составили 89,7 и 95,4 % соответственно [8].

Имеются неоднозначные и часто противоречивые литературные данные о возможности использования МРТ с ДВИ для дифференциальной диагностики различных опухолевых процессов. Несмотря на относительно низкую точность МРТ с ДВИ для визуализации легочных очагов в нашей работе, Shen et al. [16] свидетельствуют об успешном применении ДВИ в оценке характера объемных образований легких. Schaarschmidt et al. [15] рекомендуют ДВИ как дополнение к <sup>18</sup>F-ФДГ ПЭТ/КТ в N-стадировании немелкоклеточного рака легкого. В исследовании Liu et al. [9] сообщается о низкой специфичности ДВИ в диагностике метастазов регионарных лимфатических узлов при раке шейки матки, что соответствует результатам и нашей работы.

К недостаткам ДВИ всего тела традиционно относят отсутствие стандарт-

ных протоколов сбора данных, применение разных b-факторов и как следствие невозможность сравнения показателей ИКД. Относительно низкое разрешение и отсутствие синхронизации по дыханию [7] ведет к низкой точности выявления легочных очагов. К преимуществам МРТ с ДВИ по сравнению с ПЭТ/КТ следует отнести отсутствие лучевой нагрузки, более высокую доступность и низкую стоимость.

### Ограничения исследования

Оценка всех конкордантных находок МРТ с ДВИ, <sup>18</sup>F-ФДГ ПЭТ/КТ и КТ как истинных является ограничением, так как ведет к завышению диагностической точности. По техническим причинам выполнение гистологической верификации всех выявленных метастатических очагов невозможно. Однако дополнительные критерии оценки очага, такие, как факультативные МР-последовательности и результаты контрольных КТ, являются общепринятыми диагностическими подходами.

Небольшая выборка приводит к широким границам 95 %-ных доверительных интервалов(ДИ). Оценка точности метода по очагам ограничена по причине выраженной корреляции данных в пределах одного пациента. При анализе по очагам отрицательный результат теста в одном органе имеет статистический вес, аналогичный выявлению всего лишь одного метастаза.

### Выводы

ДВИ всего тела являются высокочувствительным, но недостаточно специфичным методом диагностики метастатического поражения при раке молочной железы. Точность диагностики метастазов печени и в особенности скелета

при помощи ДВИ превосходит  $^{18}\text{F}$ -ФДГ ПЭТ/КТ и КТ всего тела. ДВИ обладают низкой специфичностью в отношении метастатического поражения лимфатических узлов, что исключает возможность применения ДВИ всего тела в качестве единственного метода диагностики при стадировании рака молочной железы. Методика ДВИ всего тела в сочетании с базовыми МР-импульсными последовательностями рекомендуется в качестве уточняющего метода диагностики отдаленных метастазов рака молочной железы. Реализация возможностей ДВИ для визуализации метастатического поражения лимфатических узлов требует дальнейших исследований.

### Список литературы/ References

1. *Dresen R., De Vuysere S., De Keyzer F. et al.* Whole-body diffusion-weighted MRI for operability assessment in patients with colorectal cancer and peritoneal metastases // *Cancer Imag.* 2019. № 19:1.
2. *Han S., Amant F., Michielsen K. et al.* Feasibility of whole body diffusion-weighted MRI for detection of primary tumour, nodal and distant metastases in women with cancer during pregnancy: a pilot study // *J. Magn. Reson. Imag.* 2017. № 46 (6). P. 1707–1717.
3. *Heusner T., Kuemmel S., Koeninger A. et al.* Diagnostic value of diffusion-weighted magnetic resonance imaging (DWI) compared to FDG PET/CT for whole-body breast cancer staging // *Eur. J. of Nucl. Med. and Mol. Imag.* 2010. № 6. P. 1077–1086.
4. *Jung N., Kim H., Jung J. et al.* Restaging the axilla after neo-adjuvant chemotherapy for breast cancer: Predictive factors for residual metastatic lymph node disease with negative imaging findings // *Breast J.* 2019. № 25 (2). P. 196–201.
5. *Kitajima K., Yamano T., Miyoshi Yu. et al.* Prognostic value of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT prior to breast cancer treatment. Comparison with magnetic resonance spectroscopy and diffusion weighted imaging // *Hell. J. Nucl. Med.* 2019. № 22(1). P. 25–35.
6. *Kosmin M., Priya V., Mei-Lin A. et al.* The addition of whole body magnetic resonance imaging to body computerised tomography alters treatment decisions in patients with metastatic breast cancer // *Eur. J. of Cancer.* № 77. P. 109–116.
7. *Kwee T., Takahara T., Ochiai R. et al.* Whole body diffusion-weighted magnetic resonance imaging // *Eur. J. Radiol.* 2009. № 70 (3). P. 409–417.
8. *Li B., Li Q., Nie W. et al.* Diagnostic value of whole body diffusion-weighted magnetic resonance imaging for detection of primary and metastatic malignancies: a meta-analysis // *Eur. J. Radiol.* 2014. № 83 (2). P. 338–344.
9. *Liu B., Gao S., Li S. A.* Comprehensive comparison of CT, MRI, positron emission tomography or positron emission tomography/CT, and diffusion weighted imaging-MRI for detecting the lymph nodes metastases in patients with cervical cancer: a meta-analysis based on 67 studies // *Gynecol. Obstet. Invest.* 2017. № 82 (3). P. 209–222.
10. *Morone M., Bali M., Tunariu N. et al.* Whole body MRI: current applications in oncology // *Am. J. Roentgenol.* 2017. № 209(6). P. 336–349.
11. *Ohno Y., Yoshikawa T., Kishida Y. et al.* Diagnostic performance of different imaging modalities in the assessment of distant metastasis and local recurrence of tumor in patients with non-small cell lung cancer // *Eur. Radiol.* 2018. № 28 (5). P. 1862–1874.
12. *Orsaria P., Chiaravalloti A., Caredda E. et al.* Evaluation of the usefulness of FDG-

- PET/CT for nodal staging of breast cancer // *Anticancer Res.* 2018. № 38 (12). P. 6639–6652.
13. *Paruthikunnan S., Kadavigere R., Karegowda L.* Accuracy of whole-body dwi for metastases screening in a diverse group of malignancies: comparison with conventional cross-sectional imaging and nuclear scintigraphy // *Am. J. Roentgenol.* 2017. № 209 (3). P. 477–490.
  14. *Rezk M., Nasr I., Ali I. et al.* Comparative study between 18F FDG-PET/CT and whole body MRI DWIBS in assessment of recurrent breast cancer (prospective, comparative, cross-sectional study design // *Ind. J. of Nucl. Med.* 2019. № 34 (1). P. 1–9.
  15. *Schaarschmidt B., Buchbender C., Nensa F. et al.* Correlation of the apparent diffusion coefficient (ADC. with the standardized uptake value (SUV in lymph node metastases of non-small cell lung cancer (NSCLC. patients using hybrid <sup>18</sup>F-FDG PET/MRI // *PLoS One.* 2015. № 10 (1). P. 1–14.
  16. *Shen G., Ma H., Liu B. et al.* Diagnostic Performance of DWI with multiple parameters for assessment and characterization of pulmonary lesions: a meta-analysis // *Am. J. of Roentgenol.* 2017. № 210. P. 1–10.
  17. *Xing H., Song C., Li W.* Meta-analysis of lymph node metastasis of breast cancer patients: Clinical value of DWI and ADC value // *Eur. J. Radiol.* 2016. № 85 (60). P. 1132–1137.

#### Сведения об авторах

**Гележе Павел Борисович**, врач-рентгенолог, радиолог АО «Европейский медицинский центр», научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (926) 358-36-99. Электронная почта: gelezhe.pavel@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-1072-2202

**Gelezhe Pavel Borisovich**, Radiologist and Nuclear Medicine Physician (European Medical Center), Junior Fellow of Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Healthcare of Moscow.

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (926) 358-36-99. E-mail: gelezhe.pavel@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-1072-2202

**Морозов Сергей Павлович**, доктор медицинских наук, профессор, руководитель ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (495) 678-54-95; +7 (495) 671-56-54. Электронная почта: npcmr@zdrav.mos.ru  
ORCID.org/0000-0001-6545-6170

**Morozov Sergey Pavlovich**, M. D. Med., Professor, Director of Research and Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Department of Healthcare of Moscow.

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (495) 678-54-95; +7 (495) 671-56-54. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru  
ORCID.org/0000-0001-6545-6170

#### Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Роль псевдокинематического и кинематического магнитно-резонансного исследования в реальном времени в диагностике заболеваний височно-нижнечелюстного сустава

Д. В. Душкова\*,<sup>1</sup>, Ю. А. Васильев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Акционерное общество «К+31»

<sup>2</sup> ФКУЗ «Главный клинический госпиталь МВД России», Москва

## The Role of Dynamic and Pseudodynamic Magnetic Resonance Research in the Diagnosis of Temporomandibular Joint Diseases

D. V. Dushkova\*,<sup>1</sup>, Yu. A. Vasil'ev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Joint-Stock Company «K+31»

<sup>2</sup> Main Clinical Hospital of Ministry of Internal Affairs of Russia

### Реферат

Заболевания височно-нижнечелюстного сустава в последнее время все чаще встречаются в популяции. Магнитно-резонансная томография (МРТ) в положении открытого и закрытого рта является рутинным обследованием этих пациентов. В статье приводится исследование группы ортопедических больных с использованием дополнительного динамического протокола, позволяющего оценить и морфологию, и последовательность движений в суставе. Рассмотрены варианты положения внутрисуставного диска и его формы у пациентов с различными стадиями дисфункции, а также приведена неоспоримая значимость псеводинамической МРТ и исследования в режиме реального времени для пациентов с адгезией внутрисуставного мениска и гипертоничностью суставного мышечелка нижней челюсти.

**Ключевые слова:** височно-нижнечелюстной сустав, дисфункция височно-нижнечелюстного сустава, магнитно-резонансная томография в режиме реального времени, псевдокинематическая магнитно-резонансная томография.

### Abstract

Diseases of the temporomandibular joint in recent years are increasingly common in the population. Magnetic resonance imaging (MRI) in the position of open and closed mouth is a routine examination of

\* Душкова Дарья Владимировна, врач-рентгенолог Диагностического центра, акционерного общества «К+31». Адрес: 119415, г. Москва, ул. Лобачевского, д. 42/4. Тел.: +7 (968) 460-93-42. Электронная почта: dduskova@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0003-3011-6752

Dushkova Darya Vladimirovna, Radiologist of Diagnostic Center, Joint-stock company «K+31». Address: 42/4, ul. Lobachevskogo, Moscow, 119415. Phone number: +7 (968) 460-93-42. E-mail: dduskova@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0003-3011-6752

these patients. The article presents a study of a group of orthopedic patients using an additional dynamic protocol, which allows to evaluate both morphology and the sequence of movements in the joint. Variants of the position of the intraarticular disk and its form in patients with various stages of dysfunction are considered, and the indisputable importance of pseudo-dynamic MRI and real-time studies for patients with intraarticular meniscus adhesion and hypermobility of articular condyle of the mandible are given.

**Key words:** Temporomandibular Joint, Temporomandibular Dysfunction, Real-Time Magnetic Resonance Imaging, Pseudo-Kinematous Magnetic Resonance Imaging.

## Актуальность

Заболевания височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС) являются распространенными и встречаются у 25–30 % населения [2, 7]. Дисфункция этих сочленений является наиболее частым состоянием среди этой группы расстройств и составляет около 41 % от общего числа пациентов [4]. Изменения ВНЧС могут оцениваться с помощью разных методов исследования, однако наиболее информативной является МРТ [2, 5, 8].

При стандартном исследовании оценивается суставной диск (мениск) с точки зрения его морфологических особенностей и местоположения относительно мыщелка нижней челюсти как в закрытом, так и в открытом положении рта [2, 5, 7].

Расположение диска имеет перво-степенное значение, поскольку наличие его смещения является критическим признаком дисфункции ВНЧС [2, 5, 7].

Под дисфункцией понимают ненормальное соотношение диска относительно мыщелка нижней челюсти и суставного бугорка чешуйчатой части височной кости [2–4, 12].

Различают несколько стадий нарушения [9]:

0 стадия — норма.

I стадия — несогласованности, клинически проявляется чувствительностью во время открывания рта. Жалобы

на боли и ограничения движения у этой группы пациентов отсутствуют [1, 8]. По данным МРТ патологических смещений диска не определяется [1, 9]. Однако на этой стадии могут быть зарегистрированы анатомические изменения суставных отростков нижней челюсти, деформация и боковые смещения мениска, а также несогласованность движений мышц и костных элементов сустава [8].

II стадия — дислокация с редукцией. Эта форма дисфункции может протекать бессимптомно, лишь с появлением щелчка во время открывания рта [1, 2, 8]. Также встречаются эпизоды ограничения открытия рта до прерывистой блокировки [2, 4]. На этой стадии появляется боль в суставах со снижением их функции, которая может симулировать мигрени. При попытке открытия рта пациенты ощущают «удар в препятствие», которое может пройти после манипулирования нижней челюстью.

На МР-томограммах эта стадия характеризуется смещением суставного диска кпереди более чем на 10° от центра мыщелка нижней челюсти в привычной окклюзии [5]. В положении максимально открытого рта мениск расположен обычно [2, 4]. При использовании псевдодинамической МРТ с получением изображений в 5 положениях открывания рта удастся отследить момент со-

ударения мышелка о суставной диск и далее оценить соотношение мениска и костных структур до полного открытия рта [2]. Однако эти изображения являются статичными и не дают полного представления о биомеханике поврежденного сустава. Уже в этой стадии заболевания МРТ в режиме реального времени дополняет картину нарушения соотношений в суставе и, по данным различных авторов, может заменить диагностическую артроскопию [2, 3].

Следует отдельно обратить внимание на латеропозицию диска. На этой стадии может диагностироваться смещение суставного мениска в коронарной проекции в медиальную и латеральную сторону, что может быть единственным МР-признаком дисфункции сустава [5, 8].

III стадия — дислокация без редукции. У пациентов этой группы уже нет жалоб на щелчки в суставе, их беспокоит боль, связанная с попытками широко открыть рот или во время жевания [1, 8]. Во время движений челюстью определяется отклонение ее в пострадавшую сторону [1, 8]. На МР-томограммах имеется смещение диска кпереди как в положении окклюзии, так и при открытом рте [2, 5]. Однако статичные изображения не дают полной картины о движении суставного мышелка, которые беспрепятственно оцениваются по псевдокинематическому исследованию и МРТ в реальном времени [3, 10]. Подвижность мышелка ограничена, он не достигает суставного бугорка [6]. Кроме этого, имеются изменения самого суставного диска в виде его неравномерного уплощения и повреждения [2, 5].

IV стадия — адгезия. Клинически проявляется резким ограничением движений в суставе, пациенты жалуются на

боль при жевании и попытках широко открыть рот, связанную с расширением суставной капсулы [8].

На МР-томограммах полностью отсутствуют движения диска, суставная головка ограничена в движениях, появляются признаки остеоартроза в суставе в виде деформации сочленяющихся поверхностей [2]. Сам суставной мениск претерпевает дегенеративные изменения и может быть уменьшен в размерах и поврежден [3]. Статичные изображения в положении привычной окклюзии и при максимально открытом рте не дают полного представления о движении мышелка и соотношении его с суставным диском, что может привести к недооценке патологии, а следовательно, некорректному лечению [3, 6].

**Цель:** определение значения динамической и псевродинамической МРТ в оценке дисфункции височно-нижнечелюстных суставов.

## Материалы и методы

В исследование включены пациенты, имеющие симптоматику дисфункции ВНЧС, наблюдающиеся по этому поводу у челюстно-лицевых хирургов или стоматологов. Обследовано 100 пациентов: 84 (84 %) женщины и 16 (16 %) мужчин в возрасте от 12 до 63 лет (в среднем 31,9 года). Всем пациентам была проведена МРТ в положении привычной окклюзии, с широко открытым ртом с помощью роторасширителя, а также псевдокинематическая серия изображений с использованием T1-ВИ высокого разрешения и динамическая GRE и T2-FASTE ИП. Исследования были выполнены на МР-томографе Siemens Essenza (Германия), с индукцией магнитного поля 1,5 Тл, в положении больного лежа на спине.

1. Статический протокол:
  - разметочные аксиальный и коронарный T2-ВИ (рис. 1, б);
  - сагиттальные T1-ВИ и T2-ВИ с закрытым и максимально открытым положением рта (рис. 1, в);
  - косокоронарные T2-ВИ с закрытым и максимально открытым положением рта (рис. 1, а).

2. Динамический протокол.

Псевдодинамические сагиттальные T1-ВИ были получены во время движений исследуемого сустава от закрытого до широко раскрытого рта, рассчитанные последовательно на 5 движений.

Динамические сагиттальные градиентные изображения собирались путем фиксирования на короткое время 10 движений от окклюзии до максимального открытия рта, а затем обратно то же количество действий до полного закрытия рта (рис. 2).

Параметры исследований были идентичны для обеспечения стандартизации методики. Оценивались следующие параметры: морфология суставного

диска, его расположение, форма мыщелка и его положение, а также проявления артроза сустава.

Нормальное расположение диска на статичных сагиттальных изображениях определялось, когда его задний край располагался на уровне центра мыщелка (на 12 ч условного циферблата) либо находился в пределах  $10^\circ$  кпереди или кзади в положении привычной окклюзии (рис. 3, а).

На серии изображений с открытым ртом промежуточная зона диска располагается центрально между суставным бугорком и головкой мыщелкового отростка ветви нижней челюсти. Края диска не выступали за контуры мыщелка в коронарных изображениях.

Нормальная морфология мениска определена как двояковогнутая линза с передним, задним утолщением и промежуточной зоной в сагиттальных изображениях. Оценка положения диска во время открытия рта проводилась как на статичных изображениях с максимальным раскрытием ротовой полости, так

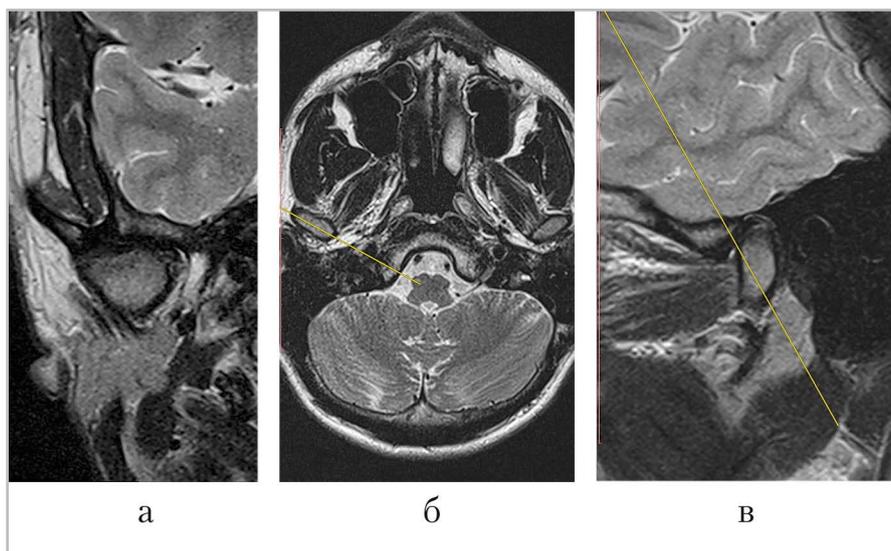


Рис. 1. МР-томограммы. Градиентная импульсная последовательность в режиме реального времени, сагиттальная проекция. Нормальное положение диска

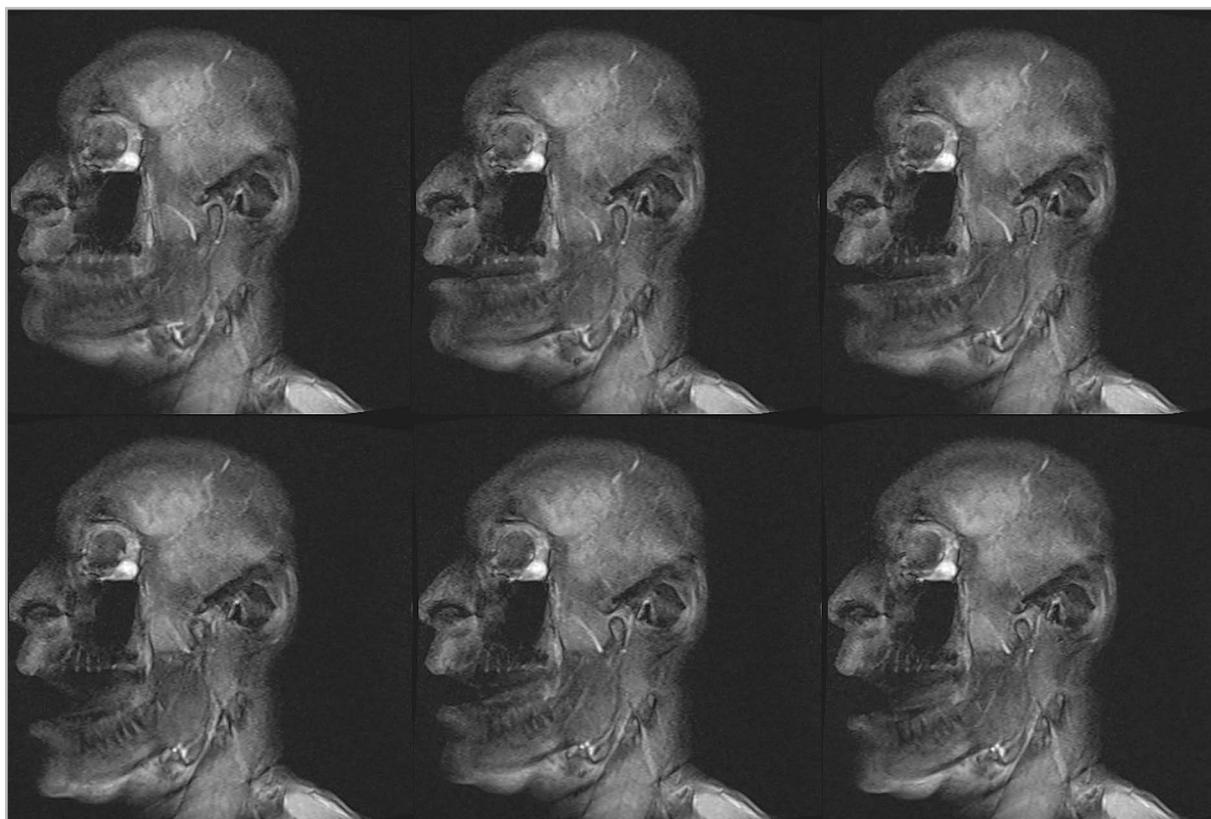


Рис. 2. МР-томограммы. Градиентная импульсная последовательность в режиме реального времени, сагиттальная проекция. Нормальное положение диска

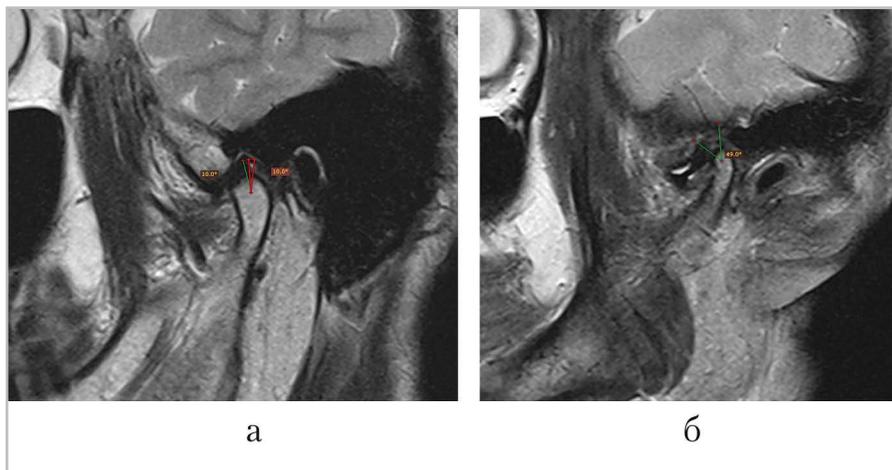


Рис. 3. МР-томограммы, T2-ВИ, сагиттальная проекция в положении закрытого рта. Нормальное положение диска (а), вентральное смещение диска (б)

на псевдокинематических T1-ВИ. Наличие редукции определялось, когда мениск возвращался к нормальному

положению при открытом рте; отсутствие — если диск определялся кпереди от мыщелка (рис. 4).



Рис. 4. МР-томограммы. Псевдокинематическое исследование, T1-ВИ, сагиттальная проекция. Вентральное положение диска без редукции, подвижность мыщелка нижней челюсти ограничена

Подвижность оценивалась на псевдодинамических изображениях. Физиологические перемещения определялись как синхронные движения мыщелка и диска. Если задний край мениска не менял свою позицию относительно центра мыщелка, т.е. отсутствовало какое-либо движение, это рассматривалось как адгезия (рис. 5, *а, б*). Смещение мыщелка за суставной бугорок расценивалось как гипермобильность.

### Результаты

У 100 обследованных пациентов сустав оценен с правой и левой стороны, таким образом, в исследование включено

200 сочленений. Следует отметить, что каждая сторона могла иметь отличную патологию от контралатеральной. В полученных исследованиях выявлены различные расположения внутрисуставного мениска в коронарной и сагиттальной плоскостях (рис. 6, *а, в*), суммарные данные представлены в табл. 1.

В 3 (1,5 %) сочленениях выявлено лишь медиальное расположение мениска, в то время как другие признаки дисфункции отсутствовали.

Следует отметить, что полная неподвижность диска (адгезия) могла сочетаться с другими формами положений, а в 4 (2 %) исследованиях на-

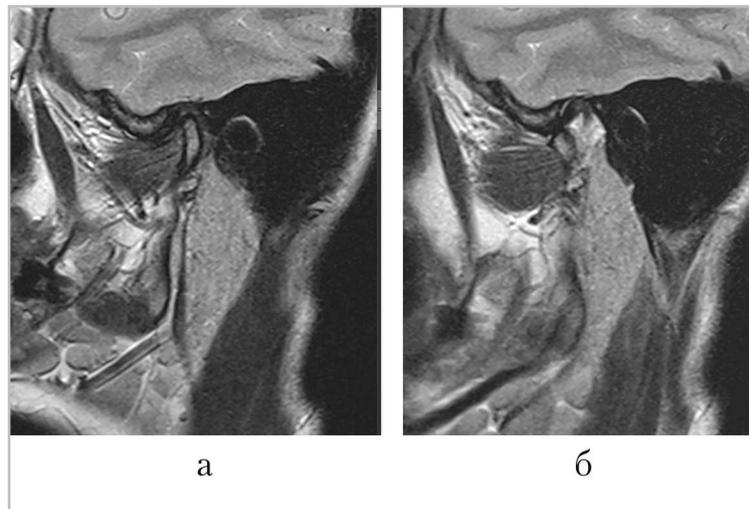


Рис. 5. МР-томограммы, T2-ВИ, сагиттальная проекция. Адгезия диска в положении окклюзии (а) и в положении открытого рта (б)

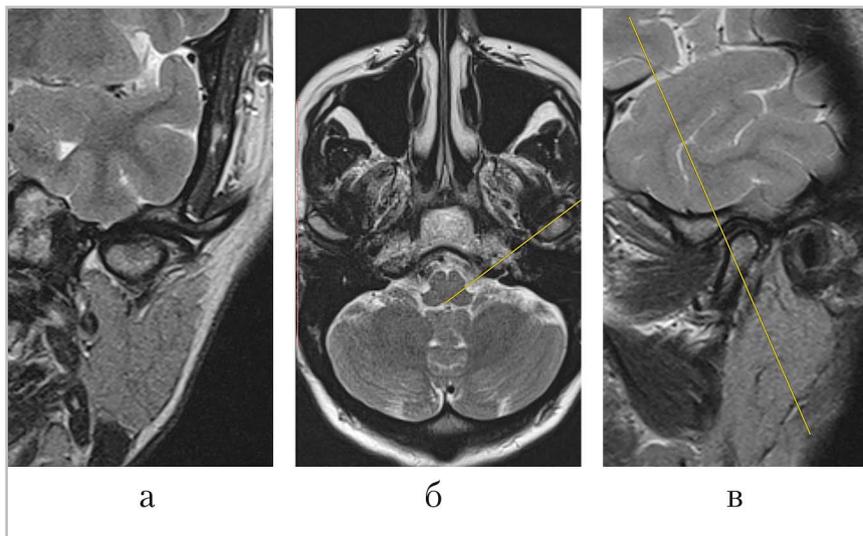


Рис. 6. МР-томограммы, T2-ВИ, корональная (а), аксиальная (б), сагиттальная (в) проекции в положении закрытого рта. Латеральное смещение диска височно-нижнечелюстного сустава

блюдалась при нормальной топографии диска.

Деформация мениска определялась в 39 (19 %) случаях, в 16 (8 %) из которых изменения формы диска было единственным проявлением дисфункции сустава.

Признаки остеоартроза определялись в 39 (19,5 %) сочленениях. В 24 (12 %) случаях определялись признаки

деформации суставных мыщелков нижней челюсти, а в 2 (1 %) наблюдениях имелось недоразвитие (гипоплазия). Асимметрия мыщелковых отростков нижней челюсти выявлена у 19 (38 %) пациентов. В 2 (1 %) случаях имел место асептический некроз кости.

На динамических МР-томограммах оценено положение суставного отростка нижней челюсти, где в 14 (7 %) случаях

Таблица 1

**Варианты расположения внутрисуставного диска**

Положение внутрисуставного диска	Количество дисков	
	Абс. (n)	%
Нормальное	104	52
Адгезия	11	5,5
Вентральное	68	34
Вентромедиальное	1	0,5
Вентролатеральное	11	5,5
Дорзальное	5	2,5

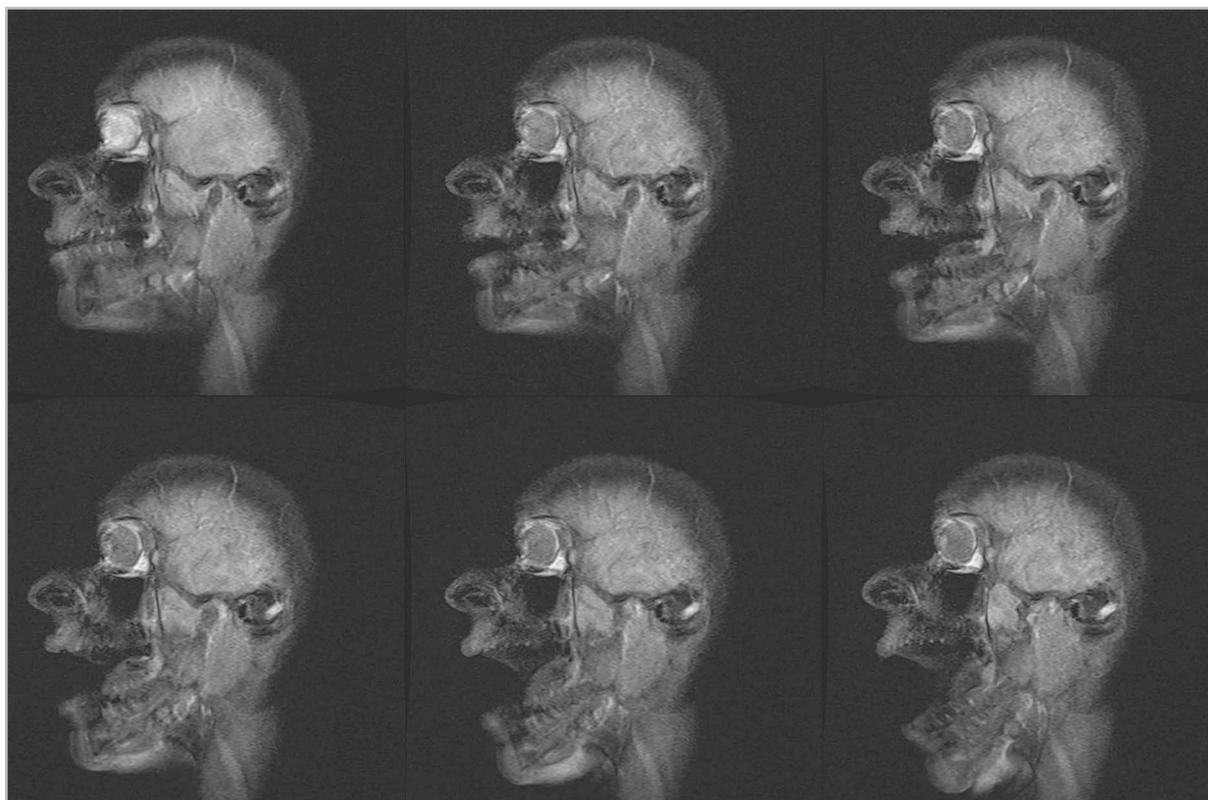


Рис. 7. МР-томограммы, Градиентная импульсная последовательность в режиме реального времени, сагиттальная проекция. Гипермобильность суставного отростка нижней челюсти

определялись проявления гипермобильности, из которых в 9 (4,5 %) эти изменения были единственным проявлением дисфункции ВНЧС (рис. 7).

Суммарный анализ статических и динамических изображений выявил 50

(25 %) сочленений с признаками редукции диска, в 30 (15 %) случаях восстановления диска в физиологическое положение не происходило. Достоверных изменений мениска и мышелка не выявлено в 62 (31 %) случаях.

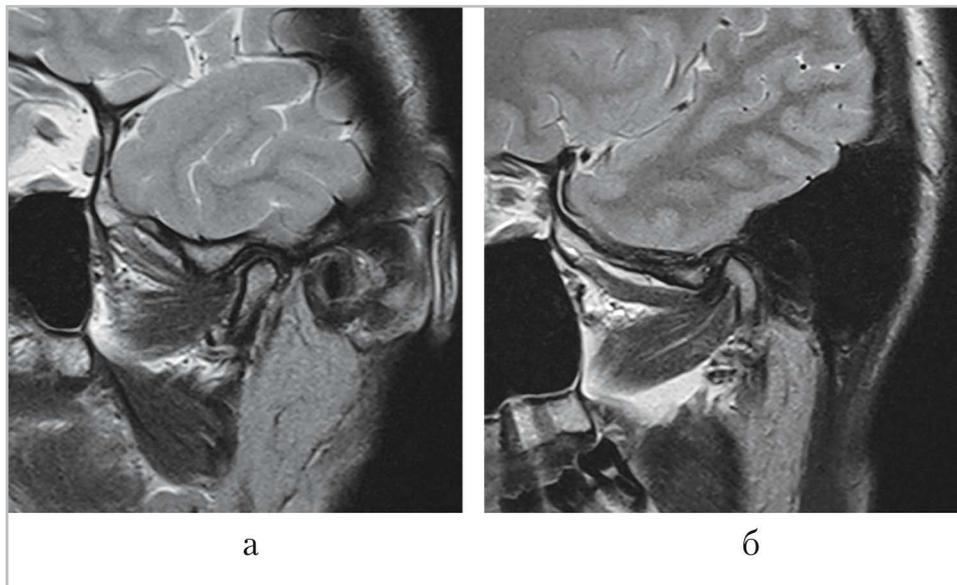


Рис. 8. МР-томограммы, T2-ВИ, сагиттальная проекция в положении закрытого рта. Равномерное уплощение диска (а), вентральное смещение и равномерное утолщение диска (б)

Различные деформации диска (уплощение, утолщение, не двояковыпуклая форма) (рис. 8 а, б), а также изменения суставного отростка нижней челюсти (гипоплазия, асимметрия, деформация, гипермобильность) определялись в суставах, где не было выявлено смещения (вывиха), что составило 47 (23,5 %) наблюдений. Распределение выявленных изменений по стадиям дисфункции представлено в табл. 2.

### Обсуждение

Дисфункция ВНЧС является распространенным заболеванием [2, 5, 7]. Наилучшая визуализация компонентов сустава и их соотношения друг с другом производится с помощью МРТ [2, 5]. Прежде всего, изображения позволяют оценить суставной диск или мениск с точки зрения его морфологических особенностей и положения относительно мыщелка как в закрытом, так и в открытом состоянии рта [7]. Топография мениска является морфологическим

признаком дисфункции ВНЧС, поэтому оценка его расположения незаменимый аспект в обследовании и лечении пациентов с болями и дискомфортом при открытии рта [2, 5, 7].

Диагностическая точность магнитного резонанса была широко оценена в литературе по сравнению с другими методами (артроскопия, рентгенография, УЗИ, компьютерная томография) [2]. На данный момент МРТ является «золотым стандартом» в диагностике заболеваний ВНЧС [2, 5, 12].

В настоящем исследовании показано, что положение, форма и структура диска превосходно оцениваются на T1-ВИ и T2-ВИ в сагиттальной проекции при закрытой и открытой полости рта. Несомненно, важна косокоронарная серия изображений для визуализации расположения мениска на суставном отростке, в ряде случаев смещение в этой плоскости является единственным подтверждением дисфункции сустава [5, 8].

## Количественное представление пациентов по стадиям дисфункции

Стадии дисфункции	Количество сочленений	
	Абс. (n)	%
I	109	54,5
II	50	25
III	30	16
IV	11	5,5

Однако стоит обратить внимание, что исследование в режиме реального времени (динамическое) и серия последовательных изображений во время открытия рта (псеводинамическое) являются неотъемлемой частью стандартного протокола [6].

### Выводы

Динамическое исследование МРТ должно проводиться в качестве рутинного исследования заболеваний ВНЧС, поскольку статические изображения не позволяют выявить полную неподвижность диска (адгезия), а также не дают представления об объеме движения суставного мышечка.

### Список литературы

1. Яременко А. И., Королев В. О. Малоинвазивные хирургические методики лечения заболеваний височно-нижнечелюстного сустава: Обзор научной литературы // Вестник Новгородского государственного университета. 2015. № 2 (85). С. 93–95.
2. Alarabawy R. A., El Ahwal H. M., El Sergany M. A., Mehrez W. W. Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disorders, criterial analysis and significance in comparison with arthroscopy // The Eryp. J. of Radiol. and Nucl. Med. 2016. V. 47. № 2. P. 467–475.
3. Devaraj S. D., Pradeep D. Internal derangement of temporomandibular joint – a review // IOSR J. of Dent. and Med. Sc. 2014. V. 13. № 3. P. 66–73.
4. Tatli U., Machon V. Internal derangements of the temporomandibular joint: diagnosis and management // Temporomandibular Joint Pathology – Current Approaches and Understanding / Ed. by Emes Y. Intech Open. 2017. P. 436–476.
5. Litko M., Berger M., Szkutnik J., Różyło-Kalinowska I. Correlation between direction and severity of temporomandibular joint disc displacement and reduction ability during mouth opening // J. Oral. Rehabil. 2017. V. 44. № 12. P. 957–963.
6. Sun Q., Dong M. J., Tao X. F. et al. Dynamic MR imaging of temporomandibular joint: an initial assessment with fast imaging employing steady-state acquisition sequence // Magn. Res. Imag. 2015. V. 33. № 3. P. 270–275.
7. Hasan M. A., Abdelrahman T. E. F. MRI evaluation of TMJ internal derangement: Degree of anterior disc displacement correlated with other TMJ soft tissue and osseous abnormalities // The Eryp. J. of Radiol. and Nucl. Med. 2014. V. 45. № 3. P. 735–744.
8. Kowalchuk R. M., Kowalchuk R. O., Kaplan-List K. et al. Temporomandibular joint internal derangement score (TIDS): novel magnetic resonance imaging asses-

sment score and its relation to invasive treatment in patients with clinical temporomandibular joint pathology // *Heliyon*. 2018. V. 4. № 11. P. e00916.

9. *Ikeda R., Ikeda K.* Directional characteristics of incipient temporomandibular joint disc displacements: a magnetic resonance imaging study // *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 2016. V. 149. № 1. P. 39–45.
  10. *Barchetti F., Stagnitti A., Gloriosos M. et al.* Static and dynamic MR imaging in the evaluation of temporomandibular disorders // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2014. V. 18. P. 2983–2987.
  11. *Vogl T.J., Lauer H.C., Lehnert T.* The value of MRI in patients with temporomandibular joint dysfunction: correlation of MRI and clinical findings // *Eur. J. Radiol.* 2016. V. 85. P. 714–719.
- References**
1. *Yaremenko A. I., Korolev V. O.* Low-invasive surgical techniques of treatment of diseases of a temporal and mandibular joint. Review of scientific literature Messenger of the Novgorod state university. 2015. No. 2 (85). P. 93–95 (in Russian).
  2. *Alarabawy R. A., El Ahwal H. M., El Sergany M. A. E. S., Mehrez W. W.* Magnetic resonance imaging evaluation of temporomandibular joint disorders, criterial analysis and significance in comparison with arthroscopy. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2016. V. 47. No. 2. P. 467–475.
  3. *Devaraj S. D., Pradeep D.* Internal Derangement of temporomandibular joint – a review. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences. 2014. V. 13. No. 3. P. 66–73.
  4. *Tatli U., Machon V.* Internal derangements of the temporomandibular joint: diagnosis and management. Temporomandibular joint pathology-current approaches and understanding. Ed. by Emes Y. Intech Open. 2017. P. 436–476.
  5. *Litko M., Berger M., Szkutnik J., Różyło-Kalinowska I.* Correlation between direction and severity of temporomandibular joint disc displacement and reduction ability during mouth opening. *J. Oral. Rehabil.* 2017. V. 44. No. 12. P. 957–963.
  6. *Sun Q., Dong M. J., Tao X. F., Yu Q., Li K. C., Yang C.* Dynamic MR imaging of temporomandibular joint: an initial assessment with fast imaging employing steady-state acquisition sequence. *Magnetic Resonance Imaging.* 2015. V. 33. No. 3. P. 270–275.
  7. *Hasan M. A., Abdelrahman T. E. F.* MRI evaluation of TMJ internal derangement: Degree of anterior disc displacement correlated with other TMJ soft tissue and osseous abnormalities. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. 2014. V. 45. No. 3. P. 735–744.
  8. *Kowalchuk R. M., Kowalchuk R. O., Kaplan-List K., Caplash J. M., Block P.* Temporomandibular joint internal derangement score (TIDS): novel magnetic resonance imaging assessment score and its relation to invasive treatment in patients with clinical temporomandibular joint pathology. *Heliyon*. 2018. V. 4. No. 11. P. e00916.
  9. *Ikeda R., Ikeda K.* Directional characteristics of incipient temporomandibular joint disc displacements: a magnetic resonance imaging study. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 2016. V. 149. No. 1. P. 39–45.
  10. *Barchetti F., Stagnitti A., Gloriosos M., Al Ansari N., Barchetti G., Pranno N.* Static and dynamic MR imaging in the evaluation of temporomandibular di-

- sorders. Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci. 2014. V. 18. P. 2983–2987.
11. *Vogl T.J., Lauer H.C., Lehnert T.* The value of MRI in patients with temporomandi-

bular joint dysfunction: correlation of MRI and clinical findings. Eur. J. Radiol. 2016. V. 85. P. 714–719.

### Сведения об авторах

**Душкова Дарья Владимировна**, врач-рентгенолог Диагностического центра, акционерного общества «К+31».  
Адрес: 119415, г. Москва, ул. Лобачевского, д. 42/4.  
Тел.: +7 (968) 460-93-42. Электронная почта: dduskova@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0003-3011-6752

**Dushkova Darya Vladimirovna**, Radiologist of Diagnostic center, Joint-stock Company «K+31».  
Address: 42/4, ul. Lobachevskogo, Moscow, 119415, Russia.  
Phone number: +7 (968) 460-93-42. E-mail: dduskova@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0003-3011-6752

**Васильев Юрий Александрович**, кандидат медицинских наук, начальник кабинета МРТ Главного клинического госпиталя Министерства внутренних дел Российской Федерации.  
Адрес: 123060, г. Москва, улица Народного Ополчения, д. 35.  
Тел.: +7 (906) 771-67-76. Электронная почта: dr.vasilev@me.com  
ORCID.org/0000-0002-0208-5218

**Vasil'ev Yury Aleksandrovich**, Ph. D. Med., Deputy Head of MRI Office, Main Clinical Hospital of Ministry of Internal Affairs of Russia.  
Address: 35, ul. Narodnogo Opolcheniya, Moscow, 123060, Russia.  
Phone number: +7 (906) 771-67-76. E-mail: dr.vasilev@me.com  
ORCID.org/0000-0002-0208-5218

### Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Диффузионно-взвешенные изображения в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей яичников

Б. П. Олимов\*,<sup>1</sup>, Ф. А. Коссов<sup>1</sup>, М. Г. Лаптева<sup>2</sup>,  
О. Н. Стрельцова<sup>2</sup>, В. О. Панов<sup>1,2</sup>, И. Е. Тюрин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»

<sup>2</sup> НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России, Москва

## Diffusion-Weighted Imaging for the Differential Diagnosis of Benign and Malignant Ovarian Tumors

B. P. Olimov\*,<sup>1</sup>, F. A. Kossov<sup>1</sup>, M. G. Lapteva<sup>2</sup>,  
O. N. Streltsova<sup>2</sup>, V. O. Panov<sup>1,2</sup>, I. E. Tyurin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Permanent Postgraduate Education

<sup>2</sup> Research Institute of Clinical and Experimental Radiology, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia

### Реферат

Проспективно были обследованы 92 пациентки в возрасте от 25 до 84 лет (медиана 56 лет) с гистологически подтвержденным диагнозом «опухоль яичников» (ОЯ). Всем пациенткам была выполнена МРТ с получением диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) ( $b$  value = 50, 800 и 1000 с/мм<sup>2</sup>) и построением карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД). Выявлено статистически достоверное различие интенсивности МР-сигнала (ИС) солидных компонентов ОЯ на ДВИ при  $b = 1000$  и T2-ВИ между группами ДОЯ и ЗОЯ ( $p < 0,001$ ), а также значения ИКД ( $p = 0,004$ ). Статистически значимого различия интенсивности сигнала (ИС) на T2-ВИ и ДВИ, а также ИКД солидных и кистозных компонентов ОЯ между первичными и вторичными ЗОЯ обнаружено не было. Среднее значение ИКД солидных компонентов ЗОЯ составило  $0,6 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с, а ДОЯ —  $0,3 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с.

\* Олимов Бехруз Парвизович, аспирант кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ВПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.  
Адрес: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.  
Тел.: +7 (966) 328-12-18. Электронная почта: AlimovBP90@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3532-8201

Olimov Bekhruz Parvizovich, Postgraduate, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Postgraduate Education, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 2/1, str. Barrikadnaya, Moscow, 125993, Russia.  
Phone number: +7 (966) 328-12-18. E-mail: AlimovBP90@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3532-8201

Согласно данным ROC-анализа, среднее значение ИКД  $0,35 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  может служить порогом дифференциальной диагностики ДОЯ и ЗОЯ с чувствительностью 95 %, специфичностью 60 %, положительной прогностической ценностью (ППЦ) 90 % и отрицательной прогностической ценностью (ОПЦ) 75 %: при ИКД ниже этого значения более вероятно ДОЯ, при превышении порогового значения — ЗОЯ. Таким образом, анализ солидного компонента ОЯ с использованием МРТ, дополненного ДВИ и ИКД-картами, наиболее информативен в дифференциальной диагностике ДОЯ и ЗОЯ. Для ЗОЯ была характерна более высокая ИС на ДВИ, T2-ВИ и более высокое значение ИКД в солидном компоненте, чем для ДОЯ. Дополнительно ЗОЯ имели преимущественно двустороннее поражение, неправильную форму, более крупные размеры, кистозно-солидную структуру, неровные толстые септы и сопровождалась асцитом.

**Ключевые слова:** злокачественные опухоли придатков матки, ультразвуковое исследование, диффузионно-взвешенные изображения, морфологические признаки опухолей яичников по данным МРТ.

## Abstract

The 92 patients in the aged group of 25 to 84 (mean 56 years) diagnosed with an ovarian tumor (OT) have been prospectively examined. All patients were undergone a routine MRI and have been obtained DWI (b value = 50, 800 and 1000  $\text{мм}^2/\text{с}$ ) with the construction of the map of the apparent diffusion coefficient (ADC). A statistically reliable significant difference of the intensity signal of solid tissue of OT on DWI at value b = 1000 and T2-WI between patients with benign ovarian tumors (BOT) and malignant ovarian tumor (MOT) ( $p < 0,001$ ) as well as by ADC ( $p = 0,009$ ) was revealed. Statistically significant difference of intensity signal on T2WI and on DWI with ADC of solid and cystic components of OT between the primary MOT and metastatic ovarian were not detected. The average value of ADC of the solid tissue of MOT was  $0,6 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ , whereas of BOT consisted of  $0,3 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ . According to the ROC analysis the average value of ADC  $0,35 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  can serve as a threshold for the differential diagnosis of BOT and MOT with the sensitivity 95 %, specificity 60 %, with the positive predictive value 90 % and negative predictive value 75 %: with ADC below this value is more likely BOT, at exceeding of the trigger value is MOT. Thus, the analysis of the solid component of OT with using conventional MRI with DWI/ADC maps is most informative in the differential diagnosis of the BOT and MOT. MOT was characterized the higher signal intensity on DWI, T2WI and also higher ADC values than for BOT. Additionally, MOT had bilateral lesion, irregular shape, larger size, cystic-solid structure, irregular septs and ascites.

**Key words:** Malignant Ovarian Tumors, Ultrasound, Diffusion-weighted, Morphological Feature Ovarian Tumors.

## Актуальность

Злокачественные опухоли женских половых органов являются наиболее часто встречающимися злокачественными новообразованиями и занимают особое место в клинической онкологии. Ежегодно в мире регистрируется 12,7 млн новых случаев онкологических заболеваний, из них более 1 млн приходится на новообразования женских половых органов [1]. В России доля рака яичников (РЯ) среди злокачественных новообразований составляла 4,9 % (женщины в возрасте 55–69 лет), 7,2 % (40–54 года) и

7,4 % (15–39 лет). В 2010 г. в РФ от РЯ умерло 7,8 тыс. больных. Средний возраст заболевших в России составлял 59 лет (умерших — 64 года). Основными причинами столь низкой выживаемости больных РЯ являются бессимптомное течение заболевания на ранних стадиях, неточность диагностики, малоэффективное лечение, особенно при рецидивах заболевания [1]. Образования яичников (ОЯ) представляют собой чрезвычайно гетерогенную группу доброкачественных (ДОЯ), пограничных (ПОЯ) и зло-

качественных ОЯ (ЗОЯ), что создает дополнительные диагностические проблемы для специалистов лучевой диагностики, хирургов и гистологов [12]. Стадия заболевания, устанавливаемая на основании классификации FIGO (International Federation of Gynecology and Obstetrics, 2013), является важным этапом, определяющим алгоритм лечения и прогноз. Предоперационной диагностики в последнее время уделяется все большее внимание в выборе тактики и стратегии лечения ОЯ. Последние достижения лучевых методов диагностики пока не позволили окончательно решить проблему надежной дифференциации ОЯ. По данным литературы частота предоперационных диагностических ошибок для ЗОЯ составляет 25–51 %, а для ДОЯ — 30,9–45,6 % [7].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является первой линией выявления ОЯ и имеет достаточную точность при низком риске злокачественности. Тем не менее УЗИ даже в сочетании с цветным доплеровским картированием не всегда эффективно в определении органной принадлежности ОЯ и дифференциации ДОЯ и ЗОЯ из-за высокого полиморфизма ОЯ, что и требует привлечения других методов диагностики, из которых самой перспективной представляется магнитно-резонансная томография (МРТ) [13]. МРТ позволяет наиболее точно установить локализацию образований, дифференцировать ДОЯ или ЗОЯ с точностью 88–97 % и существенно сузить дифференциальный ряд [10]. T1- и T2-взвешенными изображениями (T1-ВИ и T2-ВИ) МРТ более точно определяют большинство морфологических признаков ОЯ, но этого недостаточно для дифференциальной диагностики ДОЯ и ЗОЯ. Большие

надежды связаны с функциональными методами МРТ, одними из которых являются диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) с построением карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), которые все шире применяются в диагностике онкологических заболеваний и в оценке ответа на специфическую терапию [8]. И хотя существует мнение, что ДВИ не являются полезным инструментом дифференциальной диагностики ОЯ [4, 5], другие авторы, наоборот, утверждают, что именно ДВИ имеют высокую эффективность в диагностике ОЯ [8].

**Цель:** определить роль МРТ с дополнительным получением диффузионно-взвешенных изображений в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных опухолей яичников.

### Материалы и методы

На базе НМИЦО им. Н. Н. Блохина за период с 11.2017 г. по 10.2018 г. проспективно были обследованы 92 пациентки: 29 (31,5 %) — с ДОЯ, 63 (68,5 %) — с ЗОЯ. В группе женщин с ЗОЯ было 44 (69,8 %) первичных и 19 (30,2 %) вторичных поражений яичников. Возраст женщин составил от 25 до 84 лет (в среднем 56 лет). При анализе количественных характеристик ИС ОЯ на T1-ВИ, T2-ВИ, ДВИ и ИКД из группы ДОЯ были исключены эндометриоидные кисты (6 случаев) и зрелые тератомы с наличием жировой ткани в структуре, так как данные ДОЯ имеют патогномичные МР-признаки и не нуждаются в дополнительной характеристике для дифференциальной диагностики. Эндометриоидные кисты при МРТ на T1-ВИ и T2-ВИ с и без подавления сигнала от жировой ткани имели инверсию МРС

(высокий на T1-ВИ и средний/низкий на T2-ВИ), а для зрелых тератом характерно наличие жирового компонента, определяющегося как высокий сигнал на T1-ВИ и T2-ВИ без подавления сигнала жировой ткани и соответственно низкий на T1-ВИ и T2-ВИ с подавлением сигнала жировой ткани [2]. Одна из тератом не была исключена из выборки, так как не содержала жирового компонента, что затруднило дифференциальную диагностику.

В дальнейший анализ включили 84 пациентки, которым было проведено оперативное лечение: из них 21 (25 %) с ДОЯ (тератома без жирового компонента,  $n = 1$ , фибромы,  $n = 7$ , текомы,  $n = 3$ , муцинозная цистаденома,  $n = 1$ , серозные цистаденомы,  $n = 4$ , леомиомы на ножке,  $n = 3$ , туберкулез яичников,  $n = 2$ ) и 63 (75 %) пациентки с ЗОЯ (серозные карциномы,  $n = 32$ , серомуцинозная карцинома,  $n = 1$ , дисгерминома,  $n = 1$ , эндометриоидные карциномы,  $n = 5$ , светлоклеточные карциномы,  $n = 4$ , плоскоклеточный рак,  $n = 1$ , метастазы,  $n = 19$ ). ОЯ были гистологически верифицированы во всех случаях.

Всем пациенткам выполняли МРТ малого таза на МР-томографе Magnetom Espree® Siemens (Германия) с индукцией магнитного поля 1,5 тесла, с использованием мультиканальной многоэлементной поверхностной приемной катушки «для тела». МРТ включала получение: T2-ВИ на основе импульсной последовательности (ИП) Turbo Spin Echo, с/без подавления сигнала от жировой ткани в 3 проекциях (в сагиттальной, коронарной и косоаксиальной вдоль полости матки); T1-ВИ на основе ИП Turbo Spin Echo в аксиальной проекции; ДВИ ( $b = \text{value } 50, 800 \text{ и } 1000 \text{ с/мм}^2$ ) в косоаксиальной проекции с пода-

влением сигнала от жировой ткани и построением на их основе карт ИКД; T1-ВИ на основе ИП некогерентного градиентного эха (3D volumetric interpolated breath-hold sequence или 3D VIBE) с подавлением сигнала от жировой ткани, с высоким разрешением до и после внутривенного введения МРКС.

### Анализ данных МР-изображений

1. На T2-ВИ и T1-ВИ анализировали следующие морфологические признаки ОЯ: односторонний или двусторонний характер поражения; структура (кистозная, солидная и кистозно-солидная); максимальный размер ОЯ; форма (овальная, округлая или неправильная); наличие неровных толстых септ (есть или нет), а также наличие асцита (есть или нет).

2. На T2-ВИ в аксиальной проекции на одном срезе выделяли 3 области интереса (region of interest — ROI) с округлой формой, площадью примерно  $0,4 \text{ см}^2$ : в солидном и кистозном компонентах ОЯ и в неизменной ткани миометрия. В ROI измеряли ИС и вычисляли относительную ИС ОЯ (ИС<sub>Отн</sub>), нормированную к ИС миометрия (отношение ИС ОЯ к ИС миометрия). Если значение ИС на T2-ВИ солидной части ОЯ было ниже, чем в неизменной ткани миометрия, более чем на 20 %, то его обозначали как гипоинтенсивный, в случае если более чем на 20 % выше, чем в миометрии, — гиперинтенсивным. Если значение ИС солидной части ОЯ было близко к ИС неизменной ткани миометрия (отличалось менее чем на 20 %), то оно расценивалось как изоинтенсивное по отношению к миометрию. На ДВИ ( $b = 1000$ ) и ИКД-картах аналогичным образом выделяли ROI отдельно только в солидной и кистозной

части ОЯ, в которых измеряли ИС ДВИ и значения ИКД соответственно (рис. 1, а – в).

Обработку и статистический анализ полученных данных осуществляли с использованием программы StatSoft Statistica version 10.0 и Excel XLSTAT.

### Результаты и их обсуждение

Статистически значимые различия ( $p < 0,001$ ) между ДОЯ и ЗОЯ выявлены по таким морфологическим признакам, как двустороннее поражение яичников, максимальный размер ОЯ, структура и формы ОЯ, наличие неровных толстых сефт, а также асцита. Для ЗОЯ характерны: двустороннее поражение, неправильная форма, более крупные размеры, кистозно-солидная структура, наличие неровных толстых сефт и асцита (табл. 1). При разделении группы ЗОЯ на первичные и вторичные было выявлено статистически значимое различие ( $p < 0,001$ ) между 2 этими подгруппами: первичные ЗОЯ, как прави-

ло, имели большие размеры, неровные толстые сефты, преимущественно кистозно-солидную структуру, неправильную форму; вторичные ЗОЯ чаще характеризовались меньшими размерами, отсутствием утолщенных сефт и трабекул, преимущественно солидной структурой. Между первичными и вторичными ЗОЯ не было выявлено статистически значимого различия по наличию или отсутствию асцита, односторонностью или двусторонностью поражения (табл. 2).

У ДОЯ кистозные компоненты отмечались в 10 (47,6 %) из 21 случая, для ЗОЯ – в 57 (90,4 %) из 63 случаев. Кистозные компоненты ОЯ имели гиперинтенсивный МРС по отношению к миометрию на Т2-ВИ и гипоинтенсивный на ДВИ ( $b = \text{value } 1000$ ) при высоких значениях ИКД. Среднее значение ИКД для содержимого кистозного компонента в группе ДОЯ было  $1,4 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ , а в группе ЗОЯ –  $1,6 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ . Статистически значимо-

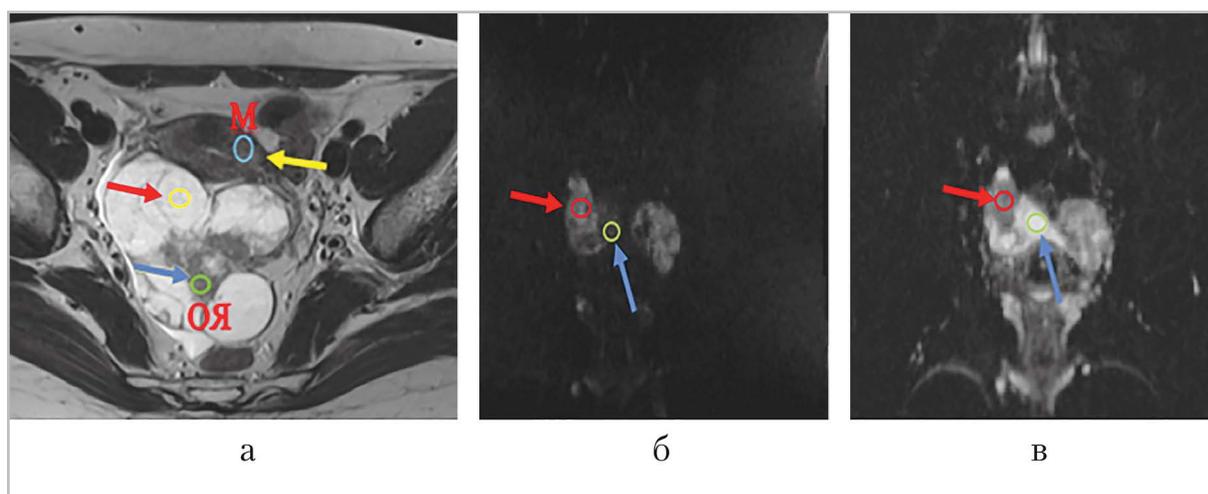


Рис. 1. На аксиальном Т2-ВИ ROI установлены на солидный (синяя стрелка) и кистозный компоненты образования яичников (красная стрелка), а также на неизмененную ткань миометрия (желтая стрелка) (а). На корональной ДВИ и ИКД-карте ROI установлены только на солидный (красная стрелка и круг) и кистозный компоненты образования яичников (синяя стрелка) (б, в)



Таблица 1

Сравнительная характеристика ДОЯ и ЗОЯ по данным МРТ

Морфологические признаки по данным МРТ	ДОЯ (n = 29)	ЗОЯ (n = 63)	p value
Максимальный размер ОЯ, см	13,6 (± 3,8)	21,7 (± 4,8)	< 0,001
Двустороннее поражение ОЯ	9 (34,6 %)	52 (82,5 %)	< 0,001
Одностороннее поражение ОЯ	17 (65,4 %)	11 (17,5 %)	< 0,001
Форма: округлая и овальная неправильная	26 (89,6 %) 3 (10,4 %)	13 (20,6 %) 50 (79,4 %)	< 0,001
Толстые неровные септы: есть нет	5 (17,3 %) 24 (82,7 %)	36 (57,2 %) 27 (42,8 %)	< 0,001
Структура: кистозная кистозно-солидная солидная	13 (44,8 %) 4 (13,8 %) 12 (41,4 %)	1 (1,7 %) 56 (88,8 %) 6 (9,5 %)	< 0,001
Асцит: есть нет	1 (3,5 %) 28 (96,5 %)	23 (36,5 %) 40 (63,5 %)	< 0,001

го различия ИС на Т2-ВИ и ДВИ (b = value 1000), а также значений ИКД для содержимого кистозного компонента между группами ДОЯ и ЗОЯ выявлено не было.

Солидный компонент присутствовал в ЗОЯ в 62 из 63 (98,4 %) случаев и в ДОЯ в 15 из 29 (51,7 %) случаев. Было выявлено статистически достоверное различие ИСотн на Т2-ВИ солидного компонента ОЯ как при количественном (p < 0,001), так и при качественном анализе (p < 0,001). МРС на Т2-ВИ солидного компонента ОЯ был классифицирован как гипоинтенсивный, изоинтенсивный и гиперинтенсивный в группе ДОЯ в 10 (66,7 %), 2 (13,3 %) и 3 (20 %) случаях из 15, в группе ЗОЯ — в 0 (0 %), 15 (24,2 %) и 47 (75,8 %) слу-

чаях из 62 соответственно. Было выявлено статистическое значимое различие ИС на ДВИ (b = 1000) солидного компонента ОЯ между группами ДОЯ и ЗОЯ как при количественном (p = 0,0001), так и при качественном анализе (p < 0,001) (табл. 3). Так, при количественном анализе среднее значение ИС на ДВИ у ДОЯ было 31,9, а у ЗОЯ — 52,4. На ДВИ для солидных компонентов ЗОЯ была характерна более высокая ИС в сравнении с солидным компонентом ДОЯ.

Значение ИКД солидного компонента ДОЯ было статистически достоверно ниже, чем солидного компонента ЗОЯ (p = 0,004) (рис. 2). Среднее значение ИКД солидного компонента ДОЯ было  $0,3 \times 10^{-3}$  мм<sup>2</sup>/с и среднее значение

Таблица 2

**Сравнительная характеристика между первичными и вторичными злокачественными поражениями яичников по данным МРТ**

Морфологические признаки по данным МРТ	Вторичные злокачественные поражения яичников (n = 19)	Первичные злокачественные поражения яичников (n = 44)	p value
Максимальный размер ОЯ, см	14,7 (± 3,4)	21,7 (± 4,8)	= 0,003
Двустороннее поражение ОЯ	14 (73,7 %)	38 (86,4 %)	—
Одностороннее поражение ОЯ	5 (26,3 %)	6 (13,6 %)	—
Форма: округлая и овальная	10 (52,6 %)	40 (90,9 %)	< 0,001
неправильная	9 (47,4 %)	4 (9,1 %)	
Толстые неровные септы: есть	5 (26,3 %)	31 (70,4 %)	= 0,001
нет	14 (73,7 %)	13 (29,6 %)	
Структура: кистозная	0 (0 %)	1 (2,3 %)	= 0,001
кистозно-солидная	14 (73,7 %)	42 (95,4 %)	
солидная	5 (26,3 %)	1 (2,3 %)	
Асцит: есть	5 (26,4 %)	18 (40,9 %)	—
нет	14 (73,6 %)	26 (59,1 %)	—

Таблица 3

**Визуальная оценка ИС на ДВИ (b = 1000) солидного компонента ОЯ в группах ДОЯ и ЗОЯ**

Количество пациенток в группах	Гипоинтенсивный МРС	Изоинтенсивный МРС	Гиперинтенсивный МРС	p value
ДОЯ (n = 15) (51,7 %)	9 (60 %)	5 (33,3 %)	1 (6,7 %)	< 0,001
ЗОЯ (n = 62) (98,4 %)	3 (4,8 %)	7 (11,2 %)	52 (84 %)	

ИКД солидного компонента ЗОЯ составило  $0,6 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ .

По результатам ROC-анализа  $0,35 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  может быть предложено

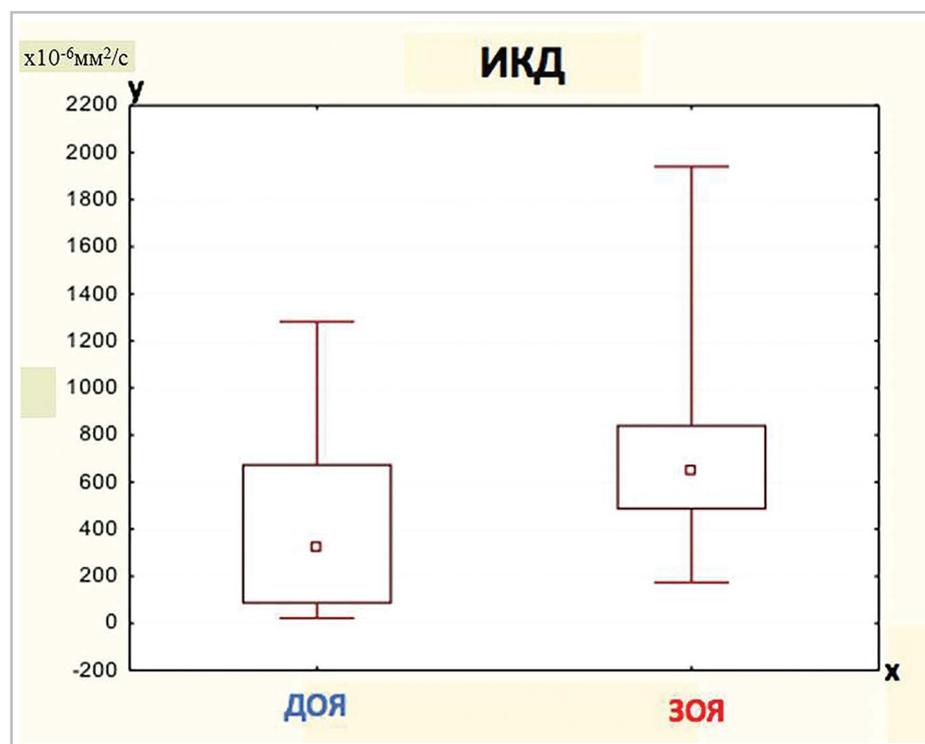


Рис. 2. Сравнение среднего значения ИКД солидного компонента ОЯ между группами ДОЯ и ЗОЯ. Ось у – значения ИКД ( $\times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ ), ось x – группы ДОЯ и ЗОЯ

в качестве оптимального порогового значения дифференциальной диагностики ДОЯ и ЗОЯ с чувствительностью 95 %, специфичностью 60 %, ППЦ 90 % и ОПЦ 75 %. Также ROC-анализ определил наибольшую площадь по кривой (AUC), равной 0,71, что соответствует хорошему уровню значимости теста по шкале экспертной оценки (рис. 3).

Статистически значимого различия ИС на Т2-ВИ и ДВИ, а также ИКД солидных и кистозных компонентов ОЯ между первичными и вторичными ЗОЯ обнаружено не было.

### Клинические примеры

У пациентки Н, возраст 55 лет, была диагностирована серозная аденокарцинома яичников. На Т2-ВИ определялся кистозный компонент, который имел гиперинтенсивный МРС на Т2-ВИ и

гипоинтенсивный на ДВИ ( $b = 1000$ ), со средним значением ИКД  $2,7 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ . Сольный компонент имел изоинтенсивный МРС на Т2-ВИ и гиперинтенсивный МРС на ДВИ, среднее значение ИКД –  $0,7 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  (рис. 4, а – в).

У пациентки М, возраст 60 лет, была выявлена фиброотекома правого яичника. На Т2-ВИ определялся кистозный компонент, который имел гиперинтенсивный МРС на Т2-ВИ и гипоинтенсивный на ДВИ ( $b = 1000$ ), а среднее значение ИКД было  $1,2 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ . Сольный компонент имеет гипоинтенсивный МРС в режимах Т2-ВИ и ДВИ, среднее значение ИКД –  $0,3 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  (рис. 5, а – в).

### Обсуждение

Дифференциальная диагностика ОЯ до сих пор остается нерешенной про-

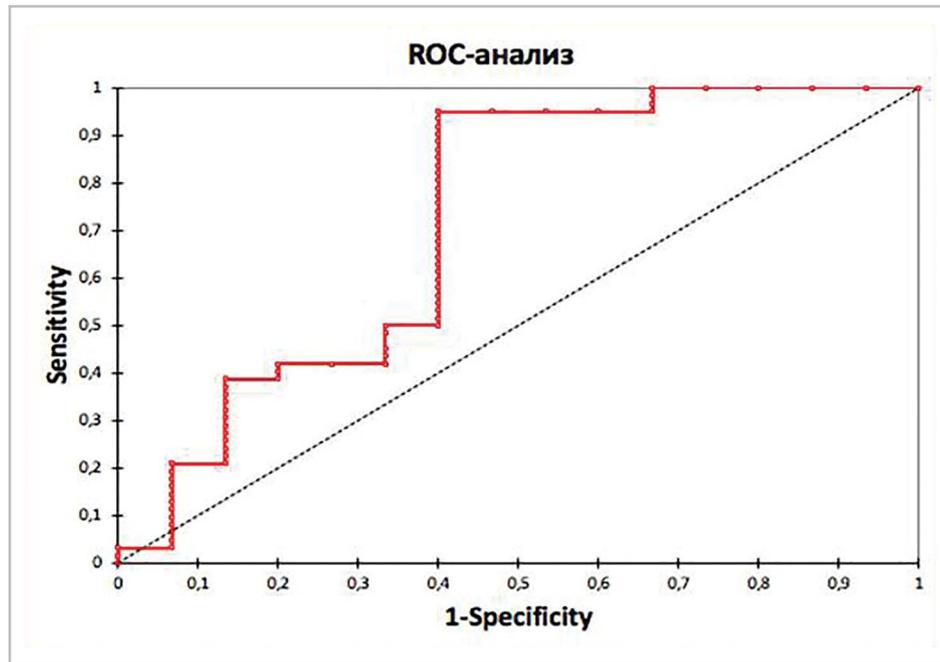


Рис. 3. Результаты ROC-анализа значений ИКД солидных компонентов ОЯ в дифференциальной диагностике ДОЯ и ЗОЯ

блемой в случаях, когда опухоль имеет выражено полиморфную структуру. МРТ необходима, если природу ОЯ затруднительно установить по данным УЗИ [6]. При помощи T1-ВИ и T2-ВИ можно определить морфологические признаки ОЯ, которые являются важным аспектом в дифференциальной диагностике ДОЯ и ЗОЯ: размер опухоли больше 6 см, двустороннее поражение, кистозно-солидная структура, пристеночные папиллярные разрастания толще чем 5 мм и неровные утолщенные септы сами по себе могут навести на мысль о злокачественном процессе выявленного ОЯ [12]. Наши данные показали аналогичные результаты: для ЗОЯ в сравнении с ДОЯ было свойственно двустороннее поражение, более крупные размеры опухоли, неправильная форма, кистозно-солидная структура, наличие неровных толстых септ в ОЯ и присутствие асцита.

В работе A. Roussel et al. (2009) не было выявлено достоверного различия в значениях ИКД кистозного компонента ДОЯ и ЗОЯ. Среднее значение ИКД в ЗОЯ было  $2,47 \pm 0,48 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$ , в ДОЯ —  $2,46 \pm 0,50 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$  [11]. И хотя некоторые исследователи [9] сообщали, что тенденции в значении ИКД кистозного компонента ЗОЯ ниже, чем в ДОЯ, разница также оказалась статистически несущественной. В нашей работе не было получено статистически достоверного различия среднего значения ИКД в кистозных компонентах ОЯ между группами ДОЯ и ЗОЯ. В целом нежелательно использовать значения ИКД содержимого кист и/или кистозного компонента в клинической практике для дифференциальной диагностики ДОЯ и ЗОЯ [12].

I. Thomassin-Naggara et al. (2009) при исследовании данных 77 пациентов с ОЯ пришли к выводу, что низкая

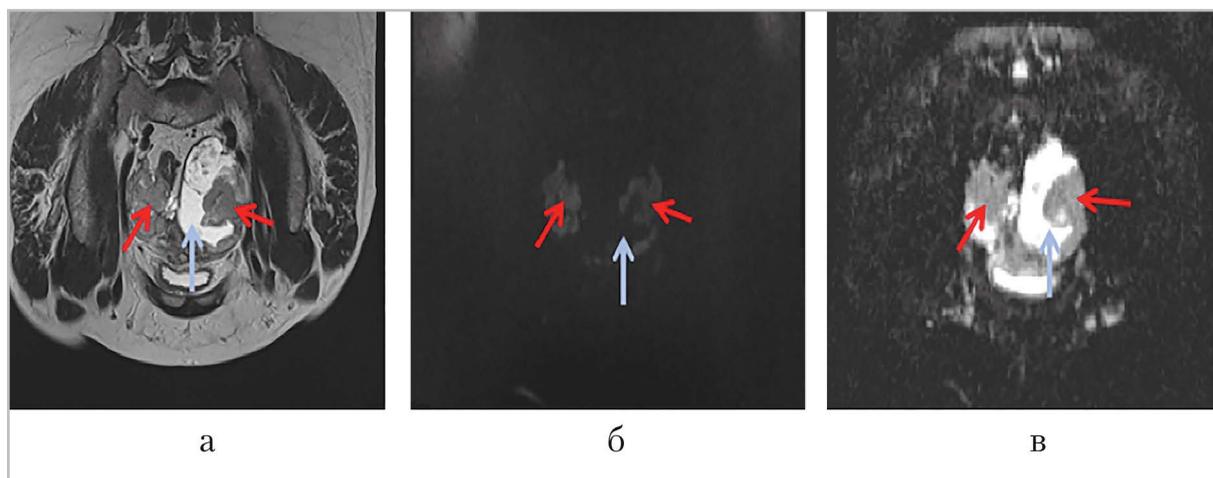


Рис. 4. МР-томограммы органов малого таза в косококоронарной проекции: *а* — Т2-ВИ; *б* — ДВИ ( $b = 1000$ ); *в* — ИКД-карта; *красные стрелки* — солидный компонент ОЯ, *голубая стрелка* — кистозный компонент ОЯ

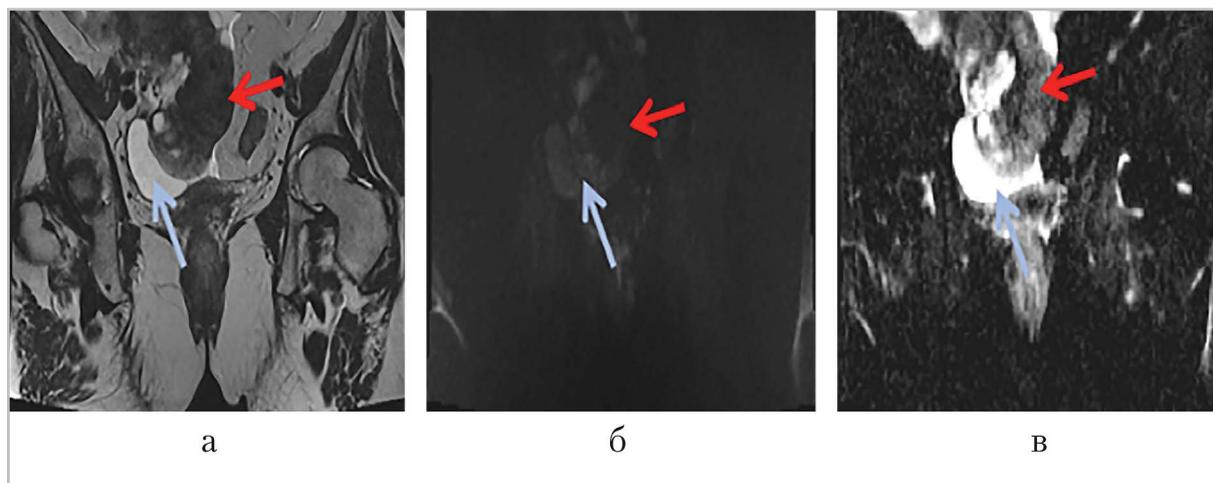


Рис. 5. МР-томограммы органов малого таза в коронарных проекциях: *а* — Т2-ВИ; *б* — ДВИ ( $b = 1000$ ); *в* — ИКД-карта; *красная стрелка* — солидный компонент ОЯ, *голубая стрелка* — кистозный компонент ОЯ

ИС на Т2-ВИ и отсутствие ограничения диффузии на ДВИ солидного компонента ОЯ скорее соответствуют ДОЯ [14]. Yousef et al. (2013) показали, что на Т2-ВИ ИС солидного компонента ОЯ, с нормированием МРС неизменной ткани миометрия, статистически значимо позволяет различить ДОЯ и ЗОЯ. Большинство солидных компонентов ОЯ имели гиперинтенсивный МРС на

Т2-ВИ по сравнению с неизменной тканью миометрия, в то время как солидные компоненты ДОЯ продемонстрировали гиперинтенсивный МРС [15], что полностью совпадает с полученными нами данными.

Наличие солидного компонента в ОЯ позволяет предположить злокачественную природу образования. Однако этот признак неспецифичен для

дифференциальной диагностики ЗОЯ и ДОЯ, потому что в структуре многих ДОЯ (фибромы, цистофибромы, опухоль Бренера, склерозирующие стромальные опухоли и тека-клеточные опухоли) также может преобладать солидный компонент [5].

Еще одна работа I. Thomassin-Naggara et al. (2011) показала эффективность ДВИ в дифференциальной диагностике ДОЯ и ЗОЯ [13]. Считается, что солидный компонент с гиперинтенсивным МРС на ДВИ и гипоинтенсивным МРС на ИКД-карте является предиктором ЗОЯ [6]. Fujii et al. (2008) и Wakil et al. (2011), напротив, считали, что ДВИ с ИКД является неэффективным инструментом в дифференциальной диагностике ДОЯ и ЗОЯ [4, 5]. По нашим данным, солидный компонент ЗОЯ на ДВИ в основном имел гиперинтенсивный МРС по сравнению с солидным компонентом ДОЯ, что аналогично результатам I. Thomassin-Naggara et al. (2011) [13]. S. Fujii et al. (2008) также считали, что солидные компоненты ЗОЯ чаще имеют гиперинтенсивный МРС на ДВИ, в то время как для солидных компонентов ДОЯ более характерен гипоинтенсивный МРС, однако эти различия были статистически недостоверны [5]. Следует учесть, что в их работе в группу ДОЯ (81 случай) были включены 42 (51,8 %) случая тератом и эндометриоидных кист, которые также имели гиперинтенсивный МРС на ДВИ. Их включение в исследование вряд ли следует считать целесообразным. Кроме тератом и эндометриоидных кист некоторые солидные компоненты ДОЯ, в частности фибромы, показали гиперинтенсивный МРС на ДВИ аналогично сигналу от солидного компонента ЗОЯ, что предположительно было связано с

десмопластической стромой или интерстициальным отеком [5]. Эндометриоидные кисты и зрелые тератомы в большинстве случаев легко определяются при рутинной МРТ [2] и вообще не требуют получения ДВИ. Исключение из группы ДОЯ эндометриоидных кист и зрелых тератом в нашей работе позволили получить данные, совпадающие с результатами работы I. Thomassin-Naggara et al. (2011) [13].

В теории из-за высокой клеточной плотности и обилия клеточных мембран ИКД должно быть ниже в солидном компоненте ЗОЯ, чем в солидном компоненте ДОЯ. Однако десмопластическая реакция в строме, наличие небольших некротических или кистозных включений в солидном компоненте ОЯ и скопление жидкости между папиллярными разрастаниями могут вызвать дополнительное повышение среднего значения ИКД в ЗОЯ. А снижение среднего значения ИКД в солидных компонентах ДОЯ, скорее всего, связано с присутствием обильно коллагенпродуцирующих фибробластических клеток и плотной сети коллагеновых волокон внеклеточного матрикса [5].

Результаты исследования, опубликованные в отечественной литературе, показали, что среднее значение ИКД было достоверно ниже в ЗОЯ, чем ДОЯ, интервалы значений не пересекались [3].

В представленной работе полученные результаты с низким значением ИКД в солидном компоненте ДОЯ по сравнению с ЗОЯ дополнительно связаны с тем, что в группе ДОЯ присутствовали фибромы и фибротеккомы, в которых как раз активны фибробластические клетки и есть плотная сеть коллагеновых волокон [5].

Резюмируя все полученные результаты представленной работы и обработку литературных данных, мы пришли к выводу, что каждый рентгенолог должен тщательно анализировать полученные ДВИ ОЯ. Изолированное использование ДВИ с ИКД-картой нецелесообразно, и результаты должны интерпретироваться с осторожностью в комплексе с другими МР-последовательностями.

### Заключение

Анализ солидного компонента ОЯ с использованием МРТ, дополненного ДВИ и ИКД-картами, наиболее информативен в дифференциальной диагностике ДОЯ и ЗОЯ. Для ЗОЯ была характерна более высокая ИС на ДВИ, T2-ВИ и более низкое значение ИКД в солидном компоненте, чем для ДОЯ. Дополнительно ЗОЯ имели преимущественно двустороннее поражение, неправильную форму, более крупные размеры, кистозно-солидную структуру, неровные толстые септы и сопровождалась асцитом.

### Список литературы

1. Каприн А. Д., Старинский В. В., Петров Г. В. Состояние онкологической помощи в России в 2016 году. М., 2017. 236 с.
2. Олимов Б. П., Стрельцова О. Н., Паниченко И. В. и др. Лучевые методы диагностики опухолей придатков матки // Онкогинекология. 2018. № 4. С. 39–49.
3. Солопова А. Е., Макацария А. Д., Сдвижков А. М., Терновой С. К. Магнитно-резонансная томография в дифференциальной диагностике образований яичников. Возможности количественной мультипараметрической оценки // Акушерство и гинекология. 2017. № 2. С. 5–11.
4. Bakir B., Bakan S., Tunaci M. et al. Diffusion-weighted imaging of solid or predominantly solid gynaecological adnexial masses: is it useful in the differential diagnosis? // Br. J. Radiol. 2011. V. 84. P. 600–611.
5. Fujii S., Kakite S., Nishihara K. et al. Diagnostic accuracy of diffusion-weighted imaging in differentiating benign from malignant ovarian lesions // J. of Magnetic Resonance Imag. 2008. V. 28. P. 1149–1156.
6. Kadhim M. A., Jaafer L. S. et al. Role of MRI diffusion weighted imaging in differentiation between benign and malignant ovarian masses // Al-Kindy College Med. J. 2017. V. 13. P. 47–53.
7. Karnezis A. N., Cho K. R., Gilks C. B. et al. The disparate origins of ovarian cancers: pathogenesis and prevention strategies // Nat. Rev. Cancer. 2017. V. 17. P. 65–74.
8. Mostafa H. M., Alaa El-Deen M., Hosam El-Deen G. et al. Role of magnetic resonance diffusion-weighted imaging in differentiation between benign and malignant ovarian masses // Med. J. Cairo Univ. 2017. V. 85 (8). P. 3205–3215.
9. Malek M., Pourashraf M., Mousavi A. S. et al. Differentiation of benign from malignant adnexal masses by functional 3 tesla MRI techniques: diffusion-weighted imaging and time-intensity curves of dynamic contrast enhanced MRI // Asian Pacific J. of Cancer Prev. 2015. V. 16. № 8. P. 3407–3412.
10. Pietro V. F., Giancarlo A. S. et al. MRI of ovarian masses: classification and differential diagnosis insights imaging // J. de Radiol. 2016. V. 1. P. 21–41.
11. Roussel A., Thomassin-Naggara I., Darai E. et al. Value of diffusion-weighted imaging in the evaluation of adnexal tumors // J. de Radiol. 2009. V. 90. № 5. P. 589–596.

12. *Thomassin-Naggara I., Balvay D., Roc-kall A. et al.* Added value of assessing adnexal masses with advanced MRI techniques // *Hindawi Publishing Corporation Bio-Med. Res Int.* 2015. V. 15. P. 1–10.
13. *Thomassin-Naggara I., Toussaint I., Perrot N. et al.* Characterization of complex adnexal masses: value of adding perfusion — and diffusion-weighted MR imaging to conventional MR imaging // *Radiol.* 2011. V. 258. P. 793–803.
14. *Thomassin-Naggara I., Darai E., Cuenod C. A. et al.* Contribution of diffusion-weighted MR imaging for predicting benignity of complex adnexal masses // *Eur. Radiol.* 2009. V. 19. P. 1544–1552.
15. *Yousef R., Ramadan H., Algebally A. M. W., Tantawy H. I.* Can diffusion weighted imaging distinguish between benign and malignant solid or predominantly solid gynecological adnexal masses? // *The Egypt. J. of Radiol. and Nucl. Med.* 2013. V. 44. P. 113–119.
- or predominantly solid gynaecological adnexal masses: is it useful in the differential diagnosis? *Br. J. Radiol.* 2011. V. 84. P. 600–611.
5. *Fujii S., Kakite S., Nishihara K. et al.* Diagnostic accuracy of diffusion-weighted imaging in differentiating benign from malignant ovarian lesions. *J. of Magnetic Resonance Imaging.* 2008. V. 28. P. 1149–1156.
6. *Kadhim M. A., Jaafer L. S. et al.* Role of MRI diffusion weighted imaging in differentiation between benign and malignant ovarian masses. *Al-Kindy College Med. J.* 2017. V. 13. P. 47–53.
7. *Karnezis A. N., Cho K. R., Gilks C. B. et al.* The disparate origins of ovarian cancers: pathogenesis and prevention strategies. *Nat. Rev. Cancer.* 2017. V. 17. P. 65–74.
8. *Mostafa H. M., Alaa El-Deen M., Hosam El-Deen G. et al.* Role of magnetic resonance diffusion-weighted imaging in differentiation between benign and malignant ovarian masses. *Med. J. Cairo Univ.* 2017. V. 85 (8). P. 3205–3215.
9. *Malek M., Pourashraf M., Mousavi A. S. et al.* Differentiation of benign from malignant adnexal masses by functional 3 tesla MRI techniques: diffusion-weighted imaging and time-intensity curves of dynamic contrast enhanced MRI. *Asian Pacific J. of Cancer Prev.* 2015. V. 16. No. 8. P. 3407-3412.
10. *Pietro V. F., Giancarlo A. S. et al.* MRI of ovarian masses: classification and differential diagnosis insights imaging. *J. de Radiol.* 2016. V. 1. P. 21–41.
11. *Roussel A., Thomassin-Naggara I., Darai E. et al.* Value of diffusion-weighted imaging in the evaluation of adnexal tumors. *J. de Radiol.* 2009. V. 90. No. 5. P. 589–596.
12. *Thomassin-Naggara I., Balvay D., Roc-kall A. et al.* Added value of assessing ad-

## References

1. *Kaprin A. D., Starinskij V. V., Petrova G. V.* Sostojanie onkologicheskoy pomoshi v Rossii v 2016 godu. M., 2017. 236 p. (in Russian).
2. *Olimov B. P., Strel'cova O. N., Panichenko I. et al.* Luchevye metody diagnostiki opuholej pridatkov matki. *Onkoginekologiya.* 2018. No. 4. P. 39–49. (in Russian).
3. *Solopova A. E., Makacarija A. D., Sdvizhkov A. M., Ternovoy S. K.* Magnitno-rezonansnaja tomografija v differencial'noj diagnostike obrazovaniy jaichnikov. Vozmozhnosti kolichestvennoj mul'tiparametricheskoy ocenki. *Akusherstvo i ginekologiya.* 2017. No. 2. P. 5–11 (in Russian).
4. *Bakir B., Bakan S., Tunaci M., et al.* Diffusion-weighted imaging of solid

- nexal masses with advanced MRI techniques. Hindawi Publishing Corporation Bio-Med. Res Int. 2015. V. 15. P. 1–10.
13. *Thomassin-Naggara I., Toussaint I., Perrot N. et al.* Characterization of complex adnexal masses: value of adding perfusion – and diffusion-weighted MR imaging to conventional MR imaging. Radiol. 2011. V. 258. P. 793–803.
  14. *Thomassin-Naggara I., Darai E., Cuenod C. A. et al.* Contribution of diffusion-weighted MR imaging for predicting benignity of complex adnexal masses. Eur Radiol. 2009. V. 19. P. 1544–1552.
  15. *Yousef R., Ramadan H., Algebally A. M. W., Tantawy H. I.* Can diffusion weighted imaging distinguish between benign and malignant solid or predominantly solid gynecological adnexal masses? The Eyp. J. of Radiol and Nucl. Med. 2013. V. 44. P. 113–119.

### Сведения об авторах

**Олимов Бехруз Парвизович**, аспирант кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ВПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.  
 Адрес: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.  
 Тел.: +7 (966) 328-12-18. Электронная почта: AlimovBP90@gmail.com  
 ORCID.org/0000-0003-3532-8201

**Olimov Bekhruz Parvizovich**, Postgraduate, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Postgraduate Education, Ministry of Healthcare of Russia.  
 Address: 2/1, str. Barrikadnaya, Moscow, 125993, Russia.  
 Phone number: +7 (966) 328-12-18. E-mail: AlimovBP90@gmail.com  
 ORCID.org/0000-0003-3532-8201

**Коссов Филипп Андреевич**, аспирант кафедры рентгенологии и радиологии ФГБОУ ВПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.  
 Адрес: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.  
 Тел.: +7 (926) 458-98-85. Электронная почта: Fil-doc@yandex.ru  
 ORCID.org/0000-0003-3459-8832

**Kossov Filipp Andreevich**, Postgraduate, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuous Postgraduate Education, Ministry of Healthcare of Russia.  
 Address: 2/1, Barrikadnaya str, Moscow, 125993, Russia.  
 Phone number: +7 (926) 458-98-85. E-mail: Fil-doc@yandex.ru  
 ORCID.org/0000-0003-3459-8832

**Лаптева Мария Георгиевна**, аспирант, врач-рентгенолог НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
 Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
 Тел.: +7 (915) 033-01-31. Электронная почта: mglapteva@inbox.ru  
 ORCID.org/0000-0002-1295-4106

**Lapteva Mariya Georgievna**, Postgraduate, Radiologist Research Institute of Clinical and experimental Radiology, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
 Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
 Phone number: +7 (915) 033-01-31. E-mail: mglapteva@inbox.ru  
 ORCID.org/0000-0002-1295-4106

**Стрельцова Ольга Николаевна**, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
 Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
 Тел.: +7 (977) 610-14-72. Электронная почта: dr.streltsova@gmail.com  
 ORCID.org/0000-0002-9097-0267

**Streltsova Olga Nikolaevna**, Ph. D. Med., Radiologist Research Institute of Clinical and experimental Radiology, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
 Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
 Phone number: +7 (977) 610-14-72. E-mail: dr.streltsova@gmail.com  
 ORCID.org/0000-0002-9097-0267

**Панов Вадим Олегович**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
 Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.

Тел.: +7 (916) 805-45-23. Электронная почта: vopanov@gmail.com  
ORCID.org/0000-0001-7534-4818

**Panov Vadim Olegovich**, Ph. D. Med., Senior Clinical Researcher, Research Institute of Clinical and experimental Radiology, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
Phone number: +7 (916) 805-45-23. E-mail: vopanov@gmail.com.  
ORCID.org/0000-0001-7534-4818

**Тюрин Игорь Евгеньевич**, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник НИИ клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (903) 758-46-52. Электронная почта: igortyurin@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3931-1431

**Tyurin Igor Evgenevich**, M. D. Med., Professor Department of Radiology, Research Institute of Clinical and experimental Radiology, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
Phone number: +7 (903) 758-46-52. E-mail: igortyurin@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3931-1431

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

## Оценка точности асинхронной компьютерной денситометрии по данным фантомного моделирования

А. В. Петряйкин<sup>\*1</sup>, Л. А. Низовцова<sup>1</sup>, К. А. Сергунова<sup>1</sup>, Е. С. Ахмаг<sup>1</sup>,  
Д. С. Семенов<sup>1</sup>, Ф. А. Петряйкин<sup>2</sup>, В. А. Гомболевский<sup>1</sup>, А. Е. Николаев<sup>1</sup>,  
Д. С. Кошурников<sup>3</sup>, Ю. И. Титова<sup>4</sup>, С. П. Морозов<sup>1</sup>, А. В. Владзимирский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, факультет фундаментальной медицины

<sup>3</sup> ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн № 3 Департамента здравоохранения города Москвы»

<sup>4</sup> НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В. И. Разумовского Минздрава России

## Accuracy of Asynchronous Quantitative Computed Tomography by Phantom Modelling

A. V. Petraikin<sup>\*1</sup>, L. A. Nisovtsova<sup>1</sup>, K. A. Sergunova<sup>1</sup>, E. S. Akhmad<sup>1</sup>,  
D. S. Semenov<sup>1</sup>, F. A. Petryaykin<sup>2</sup>, V. A. Gombolevisky<sup>1</sup>, A. E. Nikolaev<sup>1</sup>,  
D. S. Koshurnikov<sup>3</sup>, Yu. I. Titova<sup>4</sup>, S. P. Morozov<sup>1</sup>, A. V. Vladzimirsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup> State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department»

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Fundamental Medicine

<sup>3</sup> Hospital for war Veterans № 3

<sup>4</sup> Scientific and Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky

---

\* **Петряйкин Алексей Владимирович**, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».  
Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: alexeypetraikin@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-1694-4682

**Petraikin Alexey Vladimirovich**, Ph. D. Med., Associate Professor, Senior Researcher of Technical Monitoring and QA Development, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow HealthCare Department».  
Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: alexeypetraikin@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-1694-4682

## Реферат

Подтверждение точности и воспроизводимости проводимых денситометрических исследований оценки минеральной плотности кости значимо для клинической практики. В рамках внедрения на базе нескольких московских медицинских организаций технологии асинхронной количественной компьютерной томографии (ККТ) проводится оценка ее эффективности, включающей исследование точности и воспроизводимости. Для выполнения исследования использовался антропоморфический фантом РСК ФК2, разработанный авторами. В 3 медицинских организациях проводилась оценка таких показателей точности, как относительная ошибка и воспроизводимость (коэффициент вариации). Продемонстрирована высокая воспроизводимость результатов оценки минеральной плотности кости методом асинхронной ККТ (0,06–0,86 %). Показано, что моделирование подкожно-жировой клетчатки приводит к занижению результатов ККТ. При использовании оптимального фильтра реконструкции относительная погрешность определялась в диапазоне от -3,9 до 4,3 %.

**Ключевые слова:** количественная компьютерная томография, остеопороз, диагностика, минеральная плотность кости, фантомное моделирование, оценка точности.

## Abstract

It is important to confirm the accuracy and reproducibility of densitometric studies of the assessment of mineral density, therefore, as part of the introduction of asynchronous quantitative computed tomography (QCT) on the basis of several Moscow medical organizations, it is necessary to evaluate its effectiveness, including the study of accuracy and reproducibility. To perform these works, anthropomorphic phantoms are used. In this work, the phantom developed by the authors is used. Assessment of accuracy indicators was carried out in three medical organizations, the results were calculated relative error, coefficient of variation. High reproducibility of the results of evaluation of bone mineral density by the asynchronous QCT method (0,06–0,86 %) was demonstrated. It was shown that the simulation of subcutaneous fat leads to an underestimation of the results of QCT. When using the optimal reconstruction filter, the relative error was in the range from -3,9 to 4,3 %.

**Key words:** Quantitative Computed Tomography, Osteoporosis, Diagnosis, Bone Mineral Density, Phantom Modeling, Accuracy Assessment.

## Актуальность

Остеопороз — хроническое системное заболевание скелета, характеризующееся низкой массой кости и ухудшением ее качества, что приводит к повышенной хрупкости костной ткани [4]. Лечение остеопороза и вызванных им низкоэнергетических переломов обременено большими экономическими затратами. Так, прямые медицинские и немедицинские затраты при ведении пациентов с остеопоротическими переломами в России могут достигать 25 млрд руб. за 1 год, в то время как доля затрат на противоостеопоротическое лечение составляет лишь 7 % от указанной суммы, а основную долю занимают затраты на

госпитализацию и социальное обеспечение [3]. Своевременная диагностика остеопороза по результатам денситометрии и оценка риска переломов по шкале FRAX, своевременное назначение лечения в соответствии с клиническими рекомендациями могли бы значительно улучшить эту ситуацию [2].

В решении вопроса расширения денситометрических исследований асинхронная количественная компьютерная томография (ККТ) получает большие перспективы при внедрении оппортунистического скрининга [8], т. е. получении информации о минеральной плотности кости по результатам КТ-сканирования,

выполненного с другими целями [6]. Согласно данным единого радиологического информационного сервиса (ЕРИС) от 2018 г., в год выполняется более 61 800 КТ-исследований органов грудной клетки, брюшной полости и таза, доступных для проведения оппортунистического скрининга.

Было показано, что введение контрастного вещества несущественно изменяет измеренную проекционную минеральную плотность кости (МПК), это расширяет категорию пациентов, доступных оппортунистическому скринингу [15]. Перспективно выполнение оценки минеральной плотности и механической прочности по данным ПЭТ/КТ-исследований у пациентов с раком предстательной железы, которым проводится андроген-депривационная терапия, имеющая в качестве побочного эффекта снижение МПК [13].

Как было указано ранее, важным для врачей-клиницистов является подтверждение точности и воспроизводимости проводимых исследований оценки минеральной плотности кости как двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (ДРА), так и ККТ [1, 5, 6, 14]. Для рутинной ДРА — методики с минимальной лучевой нагрузкой — показатели воспроизводимости рекомендуется определять как на фантомах, так и при оценке сканирования пациентов (30 пациентов при повторном сканировании или 15 — при трехкратном сканировании, после чего рассчитывается 95 %-ный доверительный интервал — LSC — least significant change) [16]. При выполнении ККТ повторное и тем более трехкратное исследование пациента неприемлемо ввиду высокой лучевой нагрузки, поэтому большое значение уделяется применению фантомов [4].

На базе нескольких московских медицинских организаций проводилась оценка эффективности асинхронной ККТ, включающая исследование точности и воспроизводимости результатов.

**Цель:** оценка показателей точности асинхронной ККТ с использованием разработанного фантома с установленными метрологическими характеристиками.

### Материалы и методы

Для выполнения работ, посвященных определению точности данного направления денситометрических исследований, разработан ряд моделей фантомов, в частности, антропоморфный фантом ESP (European spine phantom) и др. [11]. Фантомы позволяют не только оценивать работы отдельных сканеров, но и изучать факторы, влияющие на точность проводимых измерений, например, при имитации ПЖК [12]. Ранее была продемонстрирована работа фантома РСК-ФК1, включающего модели объемной МПК позвоночника в широком диапазоне [6]. Модификация данного фантома позволяет проводить анализ точности денситометрических исследований как для рутинной ДРА, так и для КТ-денситометрических исследований.

Настоящее исследование выполнено с использованием разработанного фантома РСК-ФК2 (рис. 1, а), который имитирует поясничный отдел позвоночника с включением веществ со значениями минеральной концентрации в диапазоне от 50 до 200 мг/мл [6, 7]. Проводились исследования с имитированием подкожно-жировой клетчатки (ПЖК), которое осуществляется благодаря парафиновой накладке (рис. 1, б, в).

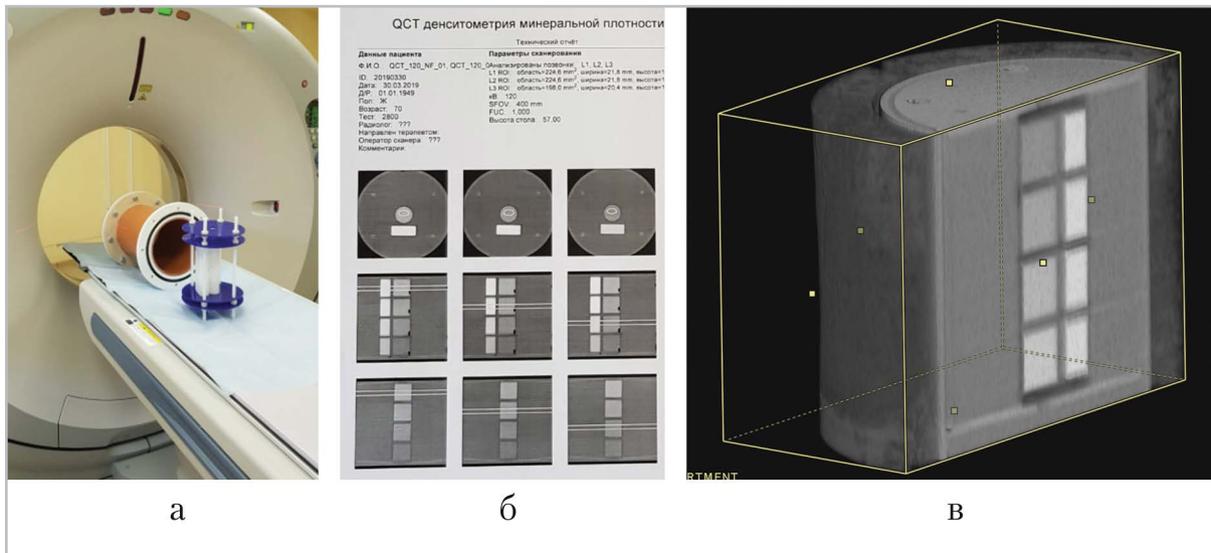


Рис. 1. Фантом РСК-ФК2 при сканировании методом асинхронной КТ-денситометрии: *а* — фантом в разобранном виде на столе сканирования в КТ; *б* — технический отчет в ходе обработки в программе QST; *в* — 3D-реконструкция фантома по данным КТ-сканирования с парафиновой накладкой, имитирующей ПЖК

Для проведения сравнительных испытаний были выбраны 3 медицинские организации, условно обозначенные как клиники А, Б, В. Для получения данных о минеральной плотности кости по данным КТ-сканирования (асинхронная ККТ) применялся программно-аппаратный комплекс QST PRO™ с асинхронным калибровочным модулем. Исследование проводилось на 64-срезовых компьютерных томографах одного производителя с параметрами сканирования, применяемыми в клинической практике, согласно рекомендациям производителя: напряжение 120 кВ, область сканирования 400 мм, толщина среза 3 мм, фильтр ядра свертки FC17 в клиниках А и В, FC08 в клинике Б.

По результатам сканирования были рассчитаны следующие показатели точности для позвонка с *i*-м значением МПК: относительная ошибка (*i*, %) и воспроизводимость — коэффициент вариации ( $CV_i$ , %), согласно методикам

[7, 9]. Для клиники Б были также оценены долговременные показатели по результатам сканирования через 70 и 160 дней наблюдения. Рассчитывался показатель LSC, который характеризует наименьшее значимое изменение МПК, определенное с 95 %-ной надежностью, который можно оценить как  $1,96 \times \sqrt{2} \times CV = 2,8 \times CV$  [9].

### Результаты и их обсуждение

Проанализированы показатели точности оценки МПК для интервала до 200 мг/мл, соответствующего физиологическому диапазону МПК губчатого вещества в позвонках. Результаты сканирования фантома РСК-ФК2 для клиники Б представлены на рис. 2. Визуализируется хорошее совпадение кривой с «идеальной калибровкой» для варианта сканирования с моделированием ПЖК (толстая линия), а при удалении парафиновых накладок происходит завышение результатов измерения (тонкая линия).

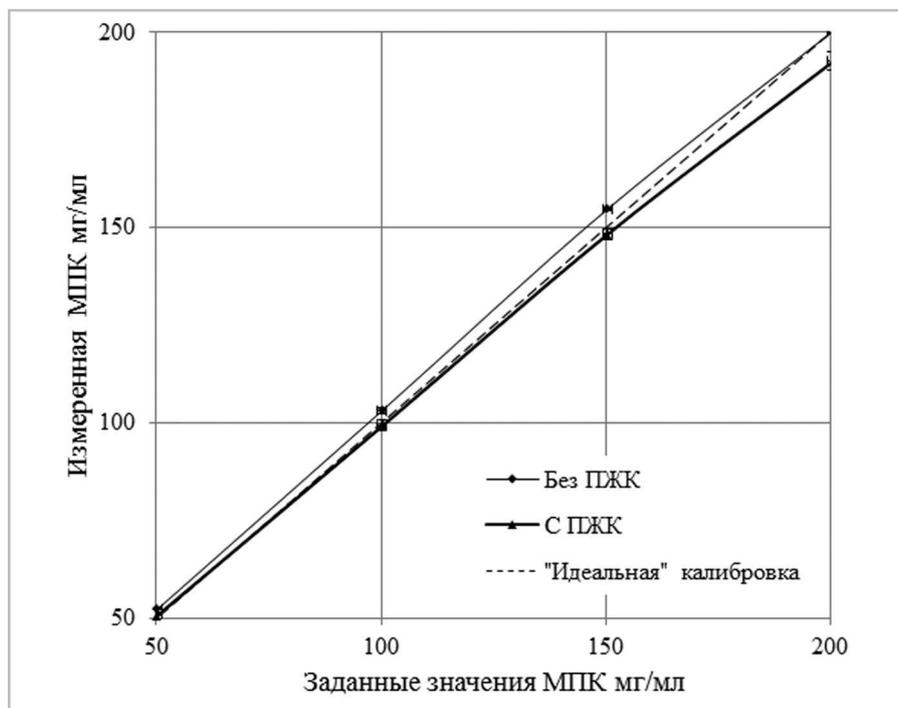


Рис. 2. Результаты определения МПК методом асинхронной ККТ с использованием фантома РСК-ФК2 в клинике Б, без ПЖК (тонкая линия) и с ПЖК (толстая линия)

Это можно объяснить тем, что при отсутствии ПЖК снижается эффект усиления жесткости луча (beam hardening), спектр излучения рентгеновской трубки смещается в более «мягкую» область, что приводит к повышению коэффициента поглощения (единицы Хаунсфилда, HU) и некоторому «завышению» измеряемой минеральной плотности. При этом происходит закономерное снижение CV, поскольку уменьшается шум на изображении, выраженный в виде среднего квадратического отклонения (СКО). Относительная ошибка и воспроизводимость представлены в табл. 1.

Результаты сравнения данных, полученных на 3 томографах, в отношении влияния моделирования ПЖК представлены на рис. 3. Данные представлены в виде разницы относительной ошибки, полученной без и с моделированием ПЖК.

Во всех случаях регистрировалось повышение МПК без имитации ПЖК в интервале от 50 = 3,57 % для клиники Б до 50 = 8,26 % для клиники В. При проведении ДРА при тех же условиях наблюдалось не завышение, а занижение МПК, при этом разброс разности относительной ошибки составляет 4,2–13,9 % [7]. Различие в поведении кривых при сравнении 3 клиник можно предварительно связать с применением различных фильтров реконструкции.

Для оценки долговременной стабильности сканирования фантома в клинике Б производились трижды в течение 6 мес, один раз в 2 мес. Результаты представлены на рис. 4. Оценен коэффициент вариации CV для 3 значений и показаны наибольшая по абсолютной величине относительная погрешность, достаточно высокая временная стабильность сканера. Коэффициент вариации

**Воспроизводимость и точность измерения объемной МПК по данным асинхронной ККТ, полученных методом фантомного моделирования в клиниках А, Б, В, сканирование без/с моделированием ПЖК**

Заданные значения МПК, мг/мл	Воспроизводимость CV, %			Точность, относительная погрешность, %		
	Без моделирования подкожно-жировой клетчатки					
	Клиника					
	А	Б	В	А	Б	В
50	0,59	0,16	0,28	10,77	4,51	4,94
100	0,28	0,38	0,13	5,54	3,04	1,79
150	0,18	0,17	0,06	3,21	2,94	0,61
200	0,18	0,14	0,06	0,41	-0,14	-2,09
Среднее	0,31	0,21	0,13	4,98	2,66	2,36
С моделированием подкожно-жировой клетчатки						
50	0,46	0,86	0,77	4,05	0,94	-3,33
100	0,54	0,70	0,43	0,35	-0,96	-4,61
150	0,16	0,45	0,27	-1,72	-1,32	-4,86
200	0,11	0,62	0,28	-4,49	-3,92	-7,18
Среднее	0,32	0,66	0,44	2,65	1,78	4,99

*Примечание:* при подсчете средних значений точности учитывался модуль величины.

и относительная погрешность сопоставимы с результатами для отдельных измерений МПК.

Воспроизводимость для денситометрических исследований является важным показателем [16]. В ходе выполненных исследований были получены данные о воспроизводимости полученных результатов для 3 сканеров (табл.). При исследовании без моделирования ПЖК воспроизводимость была наименьшей CV150,200 = 0,06 % в клинике В, а наибольшая CV50 = 0,59 % в клинике А. С имитированием ПЖК воспроизводимость несколько ухудшилась, так как увеличились все средние показатели по позвонкам. Наименьшая CV200 = 0,11 % в клинике А, а наибольшая CV50 = 0,86 % в клинике Б. Таким образом,

определенный в данной работе показатель воспроизводимости находится в интервале 0,06–0,86 % с тенденцией к увеличению при моделировании ПЖК (вероятно, за счет снижения отношения сигнал/шум и увеличения СКО).

Для позвонка со значением МПК 100 мг/мл получено среднее значение CV100 = 0,26 % по 3 сканерам при сканировании без ПЖК. Эта величина сопоставима с литературными данными для позвонка с аналогичной плотностью CV = 0,2 % [14]. Однако при моделировании ПЖК, по нашим данным, средний показатель CV100 = 0,55 %, что, как было отмечено выше, связано с уменьшением отношения сигнал/шум и более высокими значениями СКО. Вместе с тем при сканировании

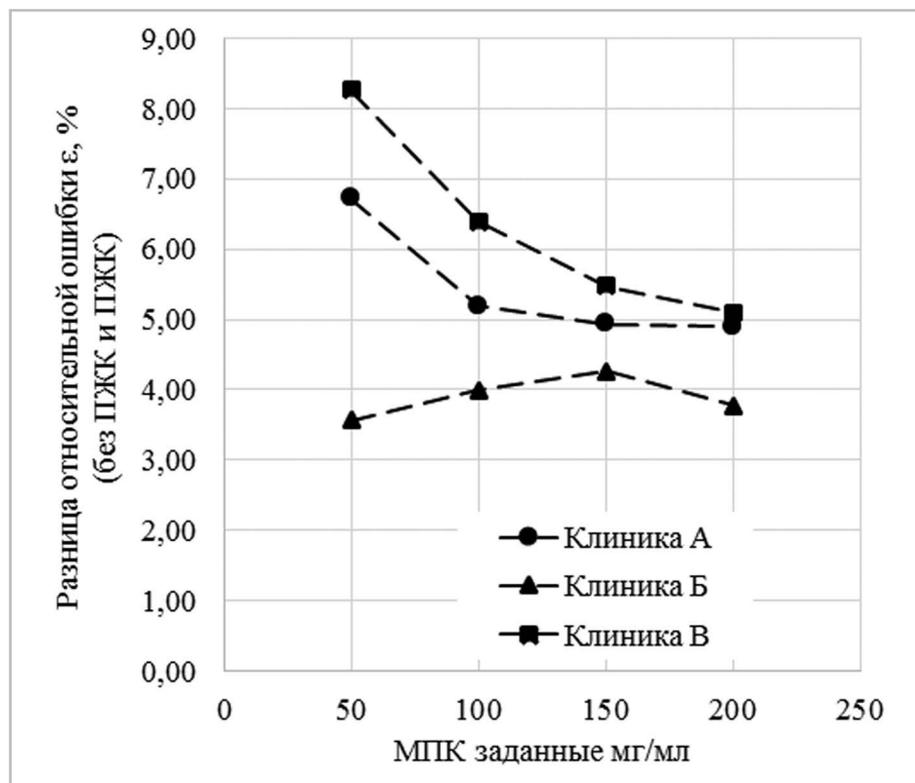


Рис. 3. Оценка влияния моделирования подкожно-жировой клетчатки на точность измерения МПК. Сравнение результатов в 3 клиниках – А, Б, В

фантома РСК-ФК2 при проведении рутинной ДРА показатель воспроизводимости значительно хуже: с моделированием ПЖК и без находится в интервале  $CV = 0,51\% - 3,24\%$  [7], а при исследовании пациентов наблюдается  $CV = 1,3\% - 1,7\%$  [10].

Наихудшим результатом является  $CV = 0,86\%$  (см. табл.), соответствующий  $LSC = 2,4\%$ , что сопоставимо с результатами, опубликованными в 2007 г., где  $LSC$  для МПК определен в интервале  $3,3-6,6\%$  [9]. Следует отметить, что в программе QCT PRO определена другая, более широкая (в 10 раз) полоса достоверных изменений МПК – 15 мг/мл, что соответствует значениям  $LSC_{50} = 30\%$  и  $LSC_{200} = 7,5\%$ . Данный показатель является аналогом параметра  $LSC$  для ДРА [16]. Иначе говоря, если МПК

по данным ККТ изменилась в пределах  $\pm 7$  мг/мл, эти изменения не являются достоверными.

При оценке относительной погрешности наиболее значимые различия в сторону завышения результатов МПК (10,7%) относительно заданной величины показаны для клиники А. Наиболее близкие значения к заданным показаны для клиники Б при сканировании с моделированием ПЖК:  $\varepsilon = 0,94-3,9\%$ . Средняя относительная ошибка для результатов ККТ 3 клиник была 3,2% без моделирования ПЖК и 3,1% с ПЖК. Наименьшие показатели были продемонстрированы для клиники Б, где ранее выявлено наименьшее влияние добавления ПЖК на результаты измерения. Подобный диапазон значений относительной погрешности (1,4–6,7%)

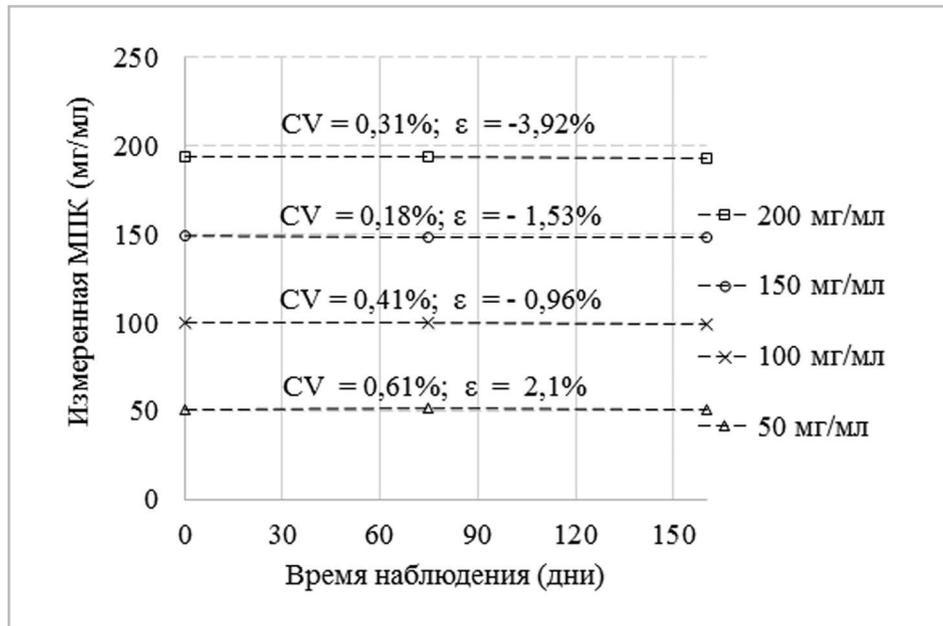


Рис. 4. Оценка долговременной стабильности измерения объемной МПК по данным асинхронной ККТ в клинике Б

был показан при выполнении асинхронной ККТ для фантома ESP [14].

### Заключение

С помощью разработанного фантома РСК-ФК2 продемонстрирована высокая воспроизводимость результатов асинхронной ККТ: от 0,06 до 0,86 %. Показано, что моделирование подкожно-жировой клетчатки приводит к занижению результатов ККТ. При использовании оптимального фильтра реконструкции относительная погрешность была в диапазоне от -3,9 до 4,3 %, что соответствует данным литературы.

### Список литературы

1. Аврунин А. С., Павлычев А. А., Карагодина М. П., Шубняков И. И. Хронобиологические характеристики колебаний ошибки воспроизводимости метода двухэнергетической абсорбциометрии при определении проекционной мине-

ральной плотности в зонах Груена // Медицинская визуализация. 2016. № 4. С. 100–108.

2. Дедов И.И., Мельниченко Г. А., Белая Ж. Е., Рожинская Л. Я. Министерство здравоохранения РФ. Клинические рекомендации. Остеопороз. МКБ-10: M80.0/M81.0/M82.1. Российская ассоциация Эндокринологов. 2016. 104 с.
3. Добровольская О. В., Торощова Н. В., Лесняк О. М. Экономические аспекты осложненного остеопороза: стоимость лечения в течение первого года после перелома // Современная ревматология. 2016. № 3. С. 29–34.
4. Лесняк О. М., Баранова И. А., Белова К. Ю. и др. Остеопороз в Российской Федерации: эпидемиология, медико-социальные и экономические аспекты проблемы (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 24. № 1. С. 155–168.
5. Новиков В. Е., Скрипникова И. А., Мурашко Л. М., Абирова Э. С. Двухэнер-

- гетическая рентгеновская абсорбциометрия в клинических исследованиях и реальной практике // Остеопороз и остеопатии. 2014. № 1. С. 39–42.
6. *Петрайкин А. В., Сергунова К. А., Петрайкин Ф. А. и др.* Рентгеновская денситометрия, вопросы стандартизации (обзор литературы и экспериментальные данные) // Радиология – практика. 2018. Т. 67. № 1. С. 50–62.
  7. *Петрайкин А. В., Смолярчук М. Я., Петрайкин Ф. А. и др.* Оценка точности денситометрических исследований. Применение фантома РСК-ФК2 // Травматология и ортопедия России. 2019. Т. 25. № 3. С. 124–134.
  8. *Brown J. K., Timm W., Bodeen G. et al.* Asynchronously calibrated quantitative bone densitometry // J. Clin. Densitom. 2017. V. 20. № 2. P. 216–225.
  9. *Engelke K., Adams J. E., Armbrecht G. et al.* Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults. The 2007 ISCD official positions // J. Clin. Densitom. 2008. V. 11. № 1. P. 123–162.
  10. *Engelke K., Lang T., Khosla S. et al.* Clinical use of quantitative computed tomography (QCT) of the hip in the management of osteoporosis in adults: The 2015 ISCD official positions. Part I // J. Clin. Densitom. 2015. V. 18. № 3. P. 338–358.
  11. *Kalender W. A., Felsenberg D., Genant H. K. et al.* The European spine phantom – a tool for standardization and quality control in spinal bone mineral measurements by DXA and QCT // Eur. J. Radiol. 1995. V. 20. № 2. P. 83–92.
  12. *Laugerette A., Schwaiger B. J., Brown K. et al.* DXA-equivalent quantification of bone mineral density using dual-layer spectral CT scout scans // Eur. Radiol. 2019. № 1. P. 1–11.
  13. *Schwaiger B. J., Kopperdahl D. L., Nardo L. et al.* Vertebral and femoral bone mineral density and bone strength in prostate cancer patients assessed in phantomless PET/CT examinations // Bone. 2017. № 101. P. 62.
  14. *Wang L., Su Yu., Wang Q. et al.* Validation of asynchronous quantitative bone densitometry of the spine: Accuracy, short-term reproducibility, and a comparison with conventional quantitative computed tomography // Nature. Scientific Reports. 2017. № 7. P. 6284. DOI:10.1038/s41598-017-06608-y.
  15. *Ziemlewicz T. J., Maciejewski A., Binkley N. et al.* Direct comparison of unenhanced and contrast-enhanced CT for opportunistic proximal femur bone mineral density measurement: Implications for osteoporosis screening // Am. J. Roentgenol. 2016. V. 206. № 4. P. 694–698.
  16. Precision Assessment & Calculator FAQs – International Society for Clinical Densitometry (ISCD). URL: <https://www.iscd.org/resources/faqs/precision-assessment/>.

## References

1. *Avrunin A. S., Pavlychev A. A., Karagodina M. P., Shoubniakov I. I.* Chronobiological characteristics of the projection-mineral density repeatability error oscillations determined by DEXA method in Gruen regions. Medical Visualization 2016. No. 4. P. 100-108 (in Russian).
2. *Dedov I. I., Melnichenko G. A., Belaya Zh. E., Rozhinskaya L. Ya.* Ministry of Health of the Russian Federation. Clinical recommendations Osteoporosis. ICD 10: M80.0 / M81.0 / M82.1. Russian Association of Endocrinologists. 2016. 104 p. (in Russian).
3. *Dobrovolskaya O. V., Toroptsova N. V., Lesnyak O. M.* Economic aspects of com-

- plicated osteoporosis: The cost of treatment in the first year after fracture. *Modern Rheumatology Journal*. 2016. V. 10. No. 3. P. 29–34 (in Russian).
4. *Lesnyak O. M., Baranova I. A., Belova K. et al.* Osteoporosis in Russian Federation: epidemiology, socio-medical and economical aspects (review). *Traumatology and Orthopaedics of Russia*. 2018. V. 24. No. 1. P. 155–168 (in Russian).
  5. *Novikov V. E., Skripnikova I. A., Murashko L. M., Abirova Je. S.* Dual energy x-ray absorptiometry in clinical studies and practice. *Osteoporosis and Osteopathy*. 2014. No. 1. P. 39–42 (in Russian).
  6. *Petraikin A. V., Sergunova K. A., Petryaykin F. A. et al.* X-ray Densitometry, Standardization – Literature Review and Experimental Data. *Radiology – practice*. 2018. V. 67. No. 1. P. 50–62 (in Russian).
  7. *Petraikin A. V., Smolyarchuk M. J., Petryaykin F. A. et al.* Assessment of the densitometric study accuracy. Application of RSK PK2 phantom. *Traumatology and orthopaedics of Russia*. 2019. V. 25. No. 3. P. 124–134 (in Russian).
  8. *Brown J. K., Timm W., Bodeen G. et al.* Asynchronously calibrated quantitative bone densitometry. *J. Clin. Densitom.* 2017. V. 20. No. 2. P. 216–225.
  9. *Engelke K., Adams J. E., Armbrecht G. et al.* Clinical use of quantitative computed tomography and peripheral quantitative computed tomography in the management of osteoporosis in adults. The 2007 ISCD Official Positions. *J. Clin. Densitom.* 2008. V. 11. No. 1. P. 123–162.
  10. *Engelke K., Lang T., Khosla S. et al.* Clinical use of quantitative computed tomography (QCT) of the hip in the management of osteoporosis in adults. The 2015 ISCD Official Positions-Part I. *J. Clin. Densitom.* 2015. V. 18. No. 3. P. 338–358.
  11. *Kalender W. A., Felsenberg D., Genant H. K. et al.* The European Spine Phantom – a tool for standardization and quality control in spinal bone mineral measurements by DXA and QCT. *Eur. J. Radiol.* 1995. V. 20. No. 2. P. 83–92.
  12. *Laugerette A., Schwaiger B.J., Brown K. et al.* DXA-equivalent quantification of bone mineral density using dual-layer spectral CT scout scans. *Eur. Radiol.* 2019. No. 1. P. 1–11.
  13. *Schwaiger B.J., Kopperdahl D. L., Nardo L. et al.* Vertebral and femoral bone mineral density and bone strength in prostate cancer patients assessed in phantomless PET/CT examinations. *Bone*. 2017. No. 101. P. 62.
  14. *Wang L., Su Y., Wang Q. et al.* Validation of asynchronous quantitative bone densitometry of the spine: Accuracy, short-term reproducibility, and a comparison with conventional quantitative computed tomography. *Nature. Scientific Reports*. 2017. No. 7. P. 6284. DOI: 10.1038/s41598-017-06608-y.
  15. *Ziemlewicz T. J., Maciejewski A., Binkley N. et al.* Direct comparison of unenhanced and contrast-enhanced CT for opportunistic proximal femur bone mineral density measurement: Implications for osteoporosis screening. *Am. J. Roentgenol.* 2016. V. 206. No. 4. P. 694–698.
  16. Precision Assessment & Calculator FAQs – International Society for Clinical Densitometry (ISCD). URL: <https://www.iscd.org/resources/faqs/precision-assessment/>.

## Сведения об авторах

**Петрайкин Алексей Владимирович**, кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1. Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: alexeypetraikin@gmail.com ORCID.org/0000-0003-1694-4682

**Petraikin Alexey Vladimirovich**, Ph. D. Med., Associate Professor, Senior Researcher of Technical Monitoring and QA Development, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department». Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia. Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: alexeypetraikin@gmail.com ORCID.org/0000-0003-1694-4682

**Низовцова Людмила Арсеньевна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1. Тел.: +7 (495) 670-74-80. Электронная почта: nizovzova@npcmr.ru ORCID.org/0000-0002-9614-4505

**Nizovtseva Lyudmila Arsenyevna**, M. D. Med., Professor, Chief Researcher, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department». Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia. Phone number: +7 (495) 670-74-80. E-mail: nizovzova@npcmr.ru ORCID.org/0000-0002-9614-4505

**Сергунова Кристина Анатольевна**, кандидат технических наук, руководитель отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1. Тел.: +7 (905) 570-15-28. Электронная почта: sergunova@rpcmr.org.ru ORCID.org/0000-0002-9596-7278

**Sergunova Kristina Anatol'evna**, Ph. D. Med., Head of Technical Monitoring and QA Development Department, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department». Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia. Phone number: +7 (905) 570-15-28. E-mail: sergunova@rpcmr.org.ru ORCID.org/0000-0002-9596-7278

**Петрайкин Федор Алексеевич**, ординатор факультета фундаментальной медицины Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Адрес: 119192, г. Москва, Ломоносовский пр., д. 27, корп. 1. Тел.: +7 (909) 934-32-66. Электронная почта: feda.petraykin@gmail.com ORCID.org/0000-0001-6923-3839

**Petryaykin Fedor Alekseevich**, Radiology Resident, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University. Address: 27-1, Lomonosovsky prospekt, 119192, Moscow, Russia. Phone number: +7 (909) 934-32-66. E-mail: feda.petraykin@gmail.com ORCID.org/0000-0001-6923-3839

**Ахмад Екатерина Сергеевна**, научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1. Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: e.ahmad@npcmr.ru ORCID.org/0000-0002-8235-9361

**Ahmad Ekaterina Sergeevna**, Scientist Researcher of Technical Monitoring and QA Development, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department». Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia. Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: e.ahmad@npcmr.ru ORCID.org/0000-0002-8235-9361

**Семенов Дмитрий Сергеевич**, научный сотрудник отдела разработки средств контроля и технического мониторинга ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1. Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: d.semenov@npcmr.ru ORCID.org/0000-0002-4293-2514

**Semenov Dmitry Sergeevich**, Scientist Researcher of Technical Monitoring and QA Development Department, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department». Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia. Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: d.semenov@npcmr.ru ORCID.org/0000-0002-4293-2514

**Гомболевский Виктор Александрович**, кандидат медицинских наук, руководитель отдела развития качества радиологии, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: gombolevskiy@npcmr.ru  
ORCID.org/0000-0003-1816-1315

**Gombolevsky Viktor Aleksandrovich**, M. D. Med., Ph. D. Med., Head of Department for Radiology Quality Enhancement, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department».

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: gombolevskiy@npcmr.ru  
ORCID.org/0000-0003-1816-1315

**Николаев Александр Евгеньевич**, младший научный сотрудник отдела развития качества радиологии, ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: a.e.nikolaev@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-5151-4579

**Nikolaev Aleksandr Evgenievich**, Junior Researcher of Department for Radiology Quality Enhancement, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department».

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: a.e.nikolaev@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-5151-4579

**Кошурников Дмитрий Сергеевич**, кандидат медицинских наук, заведующий отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Госпиталь для ветеранов войн № 3 Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 129336, г. Москва, Стартовая ул., д. 4.  
Тел.: +7 (499) 760-49-96. Электронная почта: koshurdmtr@rambler.ru  
ORCID.org/0000-0002-7024-9560

**Koshurnikov Dmitry Sergeevich**, M. D. Med., Ph. D. Med., Head of Radiology Department, Hospital for war veterans № 3.

Address: 4, Startovaya str., Moscow, 129336, Russia.  
Phone number: +7 (499) 760-49-96. E-mail: koshurdmtr@rambler.ru  
ORCID.org/0000-0002-7024-9560

**Титова Юлия Ивановна**, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России.

Адрес: 410012, г. Саратов, Чернышевского ул., д. 148.  
Тел.: +7 (845) 239-30-51. Электронная почта: titovajulia@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-5738-9780

**Titova Yulia Ivanovna**, Radiologist of Radiology Department, Scientific and Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery of Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky.

Address: 148, Chernyshevsky str., Saratov, 410012, Russia.  
Phone number: +7 (845) 239-30-51. E-mail: titovajulia@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-5738-9780

**Владзимирский Антон Вячеславович**, доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: a.vladzimirsky@npcmr.ru  
ORCID.org/0000-0002-2990-7736

**Vladzimirsky Anton Vyacheslavovich**, M. D. Med., Deputy Director for Science, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department».

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: a.vladzimirsky@npcmr.ru  
ORCID.org/0000-0002-2990-7736

**Морозов Сергей Павлович**, доктор медицинских наук, профессор, директор ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109029, г. Москва, Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1.  
Тел.: +7 (495) 276-04-36. Электронная почта: npcmr@zdrav.mos.ru  
ORCID.org/0000-0001-6545-6170

**Morozov Sergey Pavlovich**, M. D. Med., Professor, Director, State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow «Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Healthcare Department».

Address: 28-1, ul. Srednyaya Kalitnikovskaya, Moscow, 109029, Russia.  
Phone number: +7 (495) 276-04-36. E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru  
ORCID.org/0000-0001-6545-6170

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Кальциевый индекс как скрининговый метод диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (обзор литературы)

К. Н. Журавлев<sup>\*</sup>,<sup>1</sup>, В. Е. Синуцын<sup>2</sup>, А. В. Шпектор<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы»

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», факультет фундаментальной медицины

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра неотложной кардиологии

## Coronary Calcium Score as Powerful Screening Method for Cardiovascular Diseases (Literature Review)

K. N. Zhuravlev<sup>\*</sup>,<sup>1</sup>, V. E. Sinitsyn<sup>2</sup>, A. V. Shpektor<sup>3</sup>

<sup>1</sup> I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow

<sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Fundamental Medicine

<sup>3</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Emergency Cardiology

### Реферат

Кальциноз коронарных артерий является характерным признаком коронарного атеросклероза, который часто выявляется при компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки. Стандартизованным методом оценки коронарного кальциноза является кальциевый индекс по методу Агатстона. Полуколичественная оценка коронарного кальция с электрокардиографической (ЭКГ) синхронизацией считается сильным прогностическим фактором возникновения коронарных событий у асимптомных пациентов. Нулевой кальциевый индекс может служить как наиболее сильный негативный фактор риска развития сердечно-сосудистых событий в течение 10–15 лет. Согласно международным рекомендациям, кальциевый индекс следует использовать у пациентов промежуточного риска

<sup>\*</sup> Журавлев Кирилл Николаевич, врач-рентгенолог, заведующий отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109240, г. Москва, ул. Яузская, д. 11.

Тел.: + 7(495) 915-38-61. Электронная почта: kir232@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-1733-267X

Zhuravlev Kirill Nikolaevich, M. D. Med., Radiologist, Head of Radiology Department, I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow, Russia.

Address: 11, ul. Yauzskaya, Moscow, 109240, Russia.

Phone number: +7 (495) 915-38-61. E-mail: kir232@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-1733-267X

и низкого риска с сердечно-сосудистым семейным анамнезом, а также у диабетиков старше 40 лет. С другой стороны, большинство данных пациентов являются кандидатами на включение в скрининговые программы по раннему выявлению рака легкого с помощью низкодозных КТ органов грудной клетки, особенно возрастные пациенты и курильщики. Актуальным является вопрос о возможности использования стандартных и низкодозовых протоколов КТ органов грудной клетки (ОГК) при определении кальциевого индекса и соответствии полученных результатов со стандартной методикой Агатстона.

**Ключевые слова:** кальциевый индекс, индекс коронарного кальция, кальциноз коронарных артерий, низкодозная компьютерная томография, ишемическая болезнь сердца.

### Abstract

Calcification of the coronary arteries is a quite common characteristic finding at chest CT, especially in elderly and smoking patients. The standardised method of evaluation of coronary artery calcification is a calcium score. Coronary calcium, quantified on ECG-gated CT examinations, is the strong predictor of cardiovascular events in the asymptomatic population. A zero calcium score stands alone as perhaps the most powerful «negative risk factor» for near-term development of a coronary event, particularly in patients with an intermediate-risk. According to international guidelines, the calcium score should be used in patients with intermediate risk or low risk with a cardiovascular family history. On the other hand, most of these patients may be candidates for lung cancer screening chest CTs, especially old patients and heavy smokers. The possibility of using standard and low-dose protocols of chest CTs in determining the calcium score is quite promising.

**Key words:** Calcium Score, Coronary Artery Calcification, Lung Cancer Screening, Low-dose Computed Tomography, Coronary Artery Disease.

### Актуальность

Сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смертности во всем мире, при этом ишемическая болезнь сердца (ИБС) составляет половину всех смертей от сердечно-сосудистых заболеваний [2]. По оценкам в последующие 15 лет 25 млн человек умрут от инсульта или сердечных заболеваний, причем 80 % всех случаев будет приходиться на развивающиеся страны [2]. Примерно у половины пациентов самым первым проявлением ИБС является либо инфаркт миокарда, либо внезапная смерть. К сожалению, традиционная оценка факторов риска может быть использована для прогноза только 65–80 % будущих сердечно-сосудистых событий. В результате этого у многих пациентов среднего и старшего возраста случаются сердечно-сосудистые события, несмотря на то что

пациенты формально относятся к группе низкого риска.

Скрининговые методы, направленные на раннее выявление рака молочной железы, рака толстой кишки, а в последнее время и рака легких, широко себя зарекомендовали. Однако для сердечно-сосудистых заболеваний и для выявления субклинического значимого атеросклероза, несмотря на более высокую смертность и степень инвалидизации по сравнению с онкологическими заболеваниями, единый скрининговый инструмент еще не разработан и не принят повсеместно [6].

### Морфогенез обызвествления атеросклеротической бляшки

Морфологическим субстратом ИБС служит атеросклеротическая бляшка,

приводящая к стенозированию просвета коронарных артерий, развитию тромбоза и некротических изменений миокарда. Атеросклеротический процесс начинается задолго до появления первых клинических симптомов заболевания, а традиционные факторы риска (ФР) связаны с ранним развитием атеросклероза у детей и молодых людей. Наличие бессимптомного атеросклероза в юном возрасте является предиктором развития сердечно-сосудистых осложнений в дальнейшей жизни.

Процесс обызвествления при атеросклерозе начинается уже во втором десятилетии жизни, сразу после формирования жировых полосок. С помощью высокоточных микроскопических методов в липидной структуре атеросклеротических бляшек у молодых людей выявляются небольшие скопления кристаллов [10].

Благодаря электронной микроскопии была подтверждена теория, согласно которой гидроксиапатит, преобладающая кристаллическая форма в кальциевой бляшке, образуется в везикулах, которые высвобождаются из клеток артериальной стенки, аналогично тому, как матричные везикулы высвобождаются из хондроцитов при формировании костной ткани [9]. Было высказано предположение, что везикулы, оставшиеся от погибших пенистых клеток и гладкомышечных клеток (ГМК) и расположенные во внеклеточном пространстве, богатом липидами, служат местами отложений кальция. Также была выявлена тесная пространственная и структурная взаимосвязь между отложениями холестерина и гидроксиапатита. Соответственно существуют различные механизмы обызвествления при атеросклерозе.

В настоящее время предложено 4 механизма процесса кальциноза:

1. Гибель воспалительных клеток в атеросклеротических ядрах служит пусковым механизмом для образования кристаллов фосфата кальция.
2. Матричные везикулы, которые высвобождаются из клеток, также служат локальными местами формирования кальциевых комплексов.
3. Локальное снижение экспрессии ингибиторов минерализации.
4. Индукция костеобразования за счет дифференцировки перицитов и сосудистых ГМК [9].

Во время гибели из макрофагов высвобождаются матричные везикулы и апоптозные тела, которые содержат в своем составе липиды, белки и микроРНК. Такие депозиты становятся ядрами для осаждения ортофосфата кальция [10], который затем минерализуется до аморфного фосфата кальция, а затем до кристаллов гидроксиапатита.

Относительно недавно были обнаружены генетические детерминанты кальцификации артериальной стенки. Недавние исследования выявили определенные типы микроРНК (miRs), которые регулируют процесс кальциноза в гладкомышечных клетках на генетическом уровне и участвуют в обызвествлении стенок сосудов, регулируя функции других клеток [10]. Доказано, что miR-223 является важным фактором регуляции обызвествления ГМК, вызывая накопление неорганического фосфата в клетках, а подавление функции других miRs (miR-221, 222, 24-2, 27a и 31) *in vitro* ведет к активации обызвествления [17]. Однако чтобы доказать ключевую роль miRs в процессе кальциноза стенок артерий и использовать их в терапев-

тических целях, необходимы дополнительные исследования.

Эти данные также дают дополнительные доказательства, что кальциноз при атеросклерозе является регулируемым процессом, похожим на формирование кости, а не пассивным осаждением кристаллов фосфата кальция.

### Кальциевый индекс

Кальциноз коронарных артерий является достаточно характерной находкой в современной популяции, особенно у возрастных и курящих пациентов [7]. В 1990 г. Agatston et al. предложили стандартизованный метод оценки кальциноза коронарных артерий, названный его именем [1].

Показатель рассчитывается на изображениях как сумма площади включений кальция плотностью выше 130 единиц Хаунсфилда (HU), умноженная на фактор плотности. Фактор плотности зависит от максимального показателя плотности в зоне интереса: фактор 1 — 130–199 HU, фактор 2 — 200–299 HU, фактор 3 — 300–399 HU, фактор 4 — более 400 HU. Толщина среза, как правило, составляет 3 мм. Таким образом, участки с наибольшей плотностью имеют наибольший фактор плотности, что приводит к высокому кальциевому индексу. Показатель может варьировать из-за артефактов свечения, которые могут завышать значения у маленьких по размеру кальцинатов. Поэтому важно соблюдать методику по ширине срезов и интервалам между срезами.

Кальциевый индекс (КИ) считается наиболее сильным инструментом прогнозирования риска развития коронарной болезни сердца [5]. В связи с простотой выполнения, экономичностью и практически отсутствием противо-

показаний определение КИ получило широкое распространение, особенно при скрининге у пациентов с подозрением на наличие ИБС. Официальное признание значимости КИ произошло в 2010 г. с его включением в Руководство ACCF/АНА Guideline for Assessment of Cardiovascular Risk in Asymptomatic Adults. КИ получил 2А класс рекомендаций для использования у асимптомных пациентов промежуточного риска ИБС (10–20 % 10-летнего риска по Фремингемской шкале риска (ФШР) и у всех пациентов с диабетом старше 40 лет.

Критерии 2010 г. Appropriate Use Criteria (пересмотрены в 2013 г.) указывают на использование КИ у пациентов промежуточного риска и у пациентов низкого риска с отягощенным семейным анамнезом. Далее в 2013 г. авторы ACC/АНА Guideline on the Assessment of Cardiovascular Risk предположили, что КИ, вероятно, является самым эффективным инструментом оценки риска у пациентов с промежуточным риском [4] и оставило класс рекомендаций 2Б. Также в 2013 г. рекомендации ACC/АНА Guideline on the Treatment of Blood Cholesterol to Reduce Atherosclerotic Cardiovascular Risk in Adults указывают на то, что повышенный показатель КИ ( $\geq 300$ ) может быть «дополнительным фактором» (класс 2Б) для принятия решения о лечении гиперлипидемии [16]. В 2016 г. European Society of Cardiology Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice включил КИ во 2Б класс рекомендаций для оценки риска у бессимптомных пациентов [12]. Суммарная информация по рекомендациям использования КИ приведена в табл. 1.

КИ не рекомендуется использовать у пациентов с высоким риском, поскольку

## Современные рекомендации по применению кальцевого индекса

Рекомендации	Группа пациентов	Класс рекомендаций
2010, ACC/AHA Risk Guidelines	10–20 % – промежуточный риск. Диабетики > 40 лет. 6–10 % низкий – промежуточный риск	2А 2А 2Б
2010, Appropriate Use Criteria	10–20 % – промежуточный риск. Низкий риск с семейным сердечно-сосудистым анамнезом. Высокий риск. Низкий риск	Обосновано. Обосновано. Сомнительно. Необосновано
2013, ACC/AHA Cholesterol and Risk Guidelines	Неопределенный риск после использования традиционных методов стратификации	2Б
2016, ESC Cardiovascular Disease Prevention Guideline	Группа риска в пределах 5–10 % по шкале SCORE	2Б

ку таким пациентам, как правило, уже назначено лечение или проводятся другие методы обследования [4].

Прогностическая ценность КИ была хорошо подтверждена в нескольких крупных исследованиях, включая Dallas Heart Study, Rotterdam Study, Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) и Heinz-Nixdorf Recall Study [3–5, 15]. Исследования показали, что КИ является лучшим предиктором будущих событий среди населения в целом, лиц пожилого возраста и с диабетом. Он обеспечивает более надежное прогнозирование риска, чем толщина интимы-медиа сонных артерий, С-реактивный белок (в том числе высокочувствительный), лодыжечно-плечевой индекс и семейный анамнез.

Существуют исследования, которые подтвердили возможность пересмотра классических групп риска по ФШР после проведения КИ. При этом группа риска, куда изначально относился пациент, менялась на более низкую или более

высокую. Например, в крупном исследовании Heinz-Nixdorf Recall Study в группе высокого риска по ФШР (> 20 %) реальная 10-летняя частота событий у пациентов с КИ < 100 и 100–399 составила 4 и 11 % соответственно [14]. Это позволяло их отнести в низкую и промежуточную группы риска по коронарным событиям. А в группе промежуточного риска по ФШР (10–20 %) 10-летняя частота событий у пациентов с КИ < 100 и 100–399 составила 3 и 6 % соответственно, что также позволило реклассифицировать данные группы пациентов в более низкую категорию риска.

Интересным свойством оценки кальция является его высокая отрицательная прогностическая ценность. Различные исследования показали, что бессимптомные пациенты с нулевым уровнем КИ имеют низкий риск сердечно-сосудистых событий или смертности от всех причин в среднесрочной и долгосрочной перспективе [5]. В боль-

шом ретроспективном обзоре [14] был исследован КИ у 44 052 пациентов: частота сердечно-сосудистых событий у пациентов с КИ = 0 составила только 0,52 % в течение 5,6 года наблюдения. Пациенты без каких-либо клинических факторов риска, но с КИ  $\geq 400$  имели значительно более высокую частоту развития коронарных событий, чем пациенты с  $\geq 3$  фактора риска, но с КИ, равным 0 (коэффициент смертности 16,89 на 1000 человеко-лет против 2,72 на 1000 человеко-лет). С точки зрения первичного профилактического скрининга нулевой показатель КИ остается, возможно, единственным самым мощным «негативным фактором риска». Выявление нулевого КИ может иметь потенциальное экономическое значение при соответствующем использовании.

Согласно текущим рекомендациям по ведению пациентов с повышенным уровнем холестерина (2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults), примерно половина взрослого населения для первичной профилактики атеросклероза имеет право на терапию статинами (58 млн взрослых, что на 13 млн больше по сравнению с предыдущими рекомендациями) [11]. Это приводит к разумным опасениям относительно чрезмерного использования статинов. Неоднократно высказывались предположения о разработке методов повышения точности оценки риска сердечно-сосудистых заболеваний, тем самым сужая область использования статинов.

В этом контексте КИ является не только высокоспецифическим маркером атеросклероза, но и эффективным инструментом для реклассификации рисков сердечно-сосудистых заболева-

ний. Кальциноз коронарных артерий отсутствует не только у бессимптомных пациентов (до 50 % среди бессимптомного взрослого населения США) [3], но и среди пациентов с высоким прогностическим риском на основе традиционных факторов риска (например, до 33 % лиц с 3 факторами риска имеют КИ = 0) [11]. Нулевой показатель КИ прогнозирует очень низкую 10-летнюю частоту коронарных событий: от 1,5 до 3 % у симптомных пациентов и до 0,52 % у бессимптомных пациентов. Это ставит под вопрос целесообразность назначения превентивной статинотерапии данной категории пациентов на протяжении 10–15 лет.

В настоящее время в Европе стартовало большое рандомизированное исследование ROBINSCA (Risk or Benefit IN Screening for Cardiovascular Disease), в котором планируется достичь размера выборки в 33 000 пациентов. Затем методом случайного распределения 1:1:1 будет выделено 3 группы: группа наблюдения (без вмешательств), профилактическое лечение на основе отнесения к группе риска (назначение статинов на основе значения SCORE  $\geq 10$  %) и профилактическое лечение на основе КИ (стандартная медицинская помощь для КИ < 100, назначение статинов для КИ 100–399 и назначение статинов в сочетании с ингибитором ангиотензинпревращающего фермента (АПФ) для КИ  $\geq 400$ ). Это исследование уже стартовало и должно завершиться примерно в 2022 г.

### **Кальциевый индекс и КТ органов грудной клетки без ЭКГ синхронизации**

Высокое значение имеет возможность оценки коронарного кальция и опреде-

ления категории риска при выполнении низкодозовых КТ органов грудной клетки (ОГК) у пациентов при скрининге рака легкого. При этом отсутствует необходимость проведения дополнительных сканирований с электрокардиографической (ЭКГ) синхронизацией. Более того, совместный подсчет КИ и скрининг рака легкого при выполнении всего одного сканирования может положительно сказаться на экономических особенностях скрининговых программ.

В систематическом обзоре и мета-анализе Xie et al. [18] показали высокую сопоставимость подсчета КИ при КТ ОГК без синхронизации со стандартной методикой КИ. Основываясь на 5 исследованиях, авторы пришли к выводу, что при наличии выраженного кальциноза коронарных артерий КТ без синхронизации дает достаточно надежный результат при сравнении с КТ с ЭКГ синхронизацией. Однако они обнаружили, что обычная КТ дала ложноотрицательный результат у 8,8 % пациентов и занижала высокий индекс в 19,1 % случаев. Кроме того, на основе этих 5 исследований, включающих 34 028 бессимптомных пациентов, авторы также могли сделать вывод, что у асимптомных пациентов, которые проходили скрининговое обследование по программе рака легких, увеличение группы КИ было связано с увеличением риска сердечно-сосудистой смерти и с увеличением риска коронарных событий.

Одним из первых является исследование Kim et al. [18] на небольшой выборке пациентов (128 человек), в котором были показаны 91 % чувствительности, 89 % специфичности, 91 % положительной прогностической ценности, 93 % отрицательной прогностической ценности и 90 % точности при вы-

явлении  $КИ > 0$  при КТ ОГК без ЭКГ синхронизации; коэффициент корреляции составил 0,892. Наиболее высокой степенью корреляции обладали реконструкции с толщиной срезов 2,5 мм по сравнению со срезами толщиной по 1 и 5 мм. Однако стоит также отметить, что в исследовании 57 % всех пациентов имели  $КИ = 0$ .

Budoff et al. оценивали сопоставимость значений КИ при стандартных КТ ОГК и КТ с ЭКГ синхронизацией и обнаружили отличные корреляции между 2 методиками подсчета ( $r = 0,96$ ). Изображения для КИ с ЭКГ синхронизацией были получены на 64-срезовом КТ с интервалом 2,5 мм. Измеренная эффективная доза облучения с использованием этого метода составляла приблизительно 1 мЗв на пациента, однако коэффициент пересчета для грудной клетки использовался 0,014, что и привело к занижению эффективной дозы. Реконструкции из стандартных изображений КТ органов грудной клетки также проводились по 2,5 мм. Подсчет КИ проводился по шкале Агатстона. В этом исследовании использовались наиболее часто применяемые диапазоны КИ: 0, 1–100, 101–400 и  $> 400$ . Корреляция значений КИ, полученных с помощью 2 методик, была превосходной (Agatston ICC = 0,96, объемный индекс ICC 0,97,  $p < 0,0001$ ). Было отмечено, что расчетный КИ по КТ без ЭКГ синхронизации завышает значения по сравнению с классической методикой Агатстона. Статистический подсчет показал превосходное совпадение между 2 методами оценки КИ. Недостатком является небольшая выборка пациентов — всего 50 человек. В табл. 2 приведены основные характеристики исследований по изучению КИ на основе изображений КТ ОГК.

Таблица 1

**Исследования по сопоставимости значений КИ, полученных по классической методике с ЭКГ синхронизацией и при КТ органов грудной клетки**

Дизайн исследований	Budoff, 2011	Einstein, 2010	Kim, 2008	Kirsch, 2011	Wu, 2008
Количество пациентов	50	492	128	163	483
% мужчин	—	44	100	78	66
Тип КТ	64-МСКТ	16-ОФЭКТ 16-ПЭТ/КТ	40-МСКТ	16- и 64-МСКТ	16-МСКТ
Толщина срезов	2,5	—	2,5	5/3,0	3,0
% нулевого КИ	34	65	57	70	54
Оценка КИ	КИ + 4 группы	6 групп КИ	КИ	Визуально	КИ 4 группы КИ
Референсный метод КИ	КИ + 4 группы	6 групп КИ	КИ	КИ	КИ 4 группы КИ
Коэффициент совпадения	$r = 0,96$ $k = 0,9$	$k = 0,89$	$r = 0,89$	$r = 0,83$	$r = 0,95$ $k = 0,89$

В недавнем исследовании оценка КИ проводилась с использованием двухэнергетического компьютерного томографа с высоким питчем [8]. Было исследовано 185 пациентов, которым в дополнение к низкодозовой КТ ОГК проводилась нативная КТ с ЭКГ синхронизацией. При КТ ОГК использовались высокий питч 3,0 и быстрое время сканирования 0,28 с, а для КИ использовалось пониженное напряжение на трубке 100 кВ и 112 мАс. Как отмечают исследователи, это позволило добиться следующих средних величин дозовых нагрузок: для КТ ОГК — 0,97 мЗв, для КИ — 0,37 мЗв. Коэффициент пересчета использовался 0,017. Среди 185 пациентов КИ более 0 был у 111 пациентов. Совпадение между 2 методиками подсчета было почти идеальным (показатель  $k = 0,95$ , 95 % CI — 0,93–0,98). Это было первое исследование, которое использовало

высокие питч и высокое временное разрешение при оценке КИ, что отразилось в низких показателях дозовой нагрузки. Однако ограничением метода является также небольшое количество пациентов и сложность в воспроизводимости данного исследования (скорость вращения трубки 0,28 с и высокий питч недоступны в одноэнергетических томографах). Также в исследовании использовалась итеративная реконструкция при построении изображений для КИ, что может влиять на окончательный результат.

Дополнительно в мета-анализе Xi et al. [18] приводят 5 исследований, которые изучали прогностическую ценность КИ при КТ ОГК без ЭКГ синхронизации, было включено 34 028 бессимптомных пациентов. Среднее время наблюдения составило 45 мес. Никто из участников на момент КТ-исследования не имел в анамнезе истории или сим-

!!!

птомов сердечно-сосудистых заболеваний. В течение всего периода наблюдений произошло 207 коронарных смерти и 675 сердечно-сосудистых событий. В целом с увеличением значения КИ увеличивалась частота коронарных событий и смертности. К сожалению, в исследованиях не было данных по прогностической ценности групп риска по КИ; однако в 1 исследовании был указан почти 7-кратный риск сердечной смерти при КИ > 1000. Пациенты с нулевым КИ имели наименьшую частоту событий. В течение 45 мес произошло 47 смертей (0,55 %) среди 8487 пациентов с нулевым КИ и 72 коронарных события (1,3 %) у 5249 пациентов с нулевым КИ. Среди 6415 пациентов с положительным КИ произошло 160 сердечно-сосу-

дистых смертей (2,5 %), а среди 12 718 пациентов с подтвержденным кальцинозом коронарных артерий 570 (4,5 %) коронарных событий. Характеристики исследований приведены в табл. 3.

### Заключение

На протяжении нескольких десятков лет накопилось большое количество доказательной информации не только о диагностической, но и прогностической ценности КИ. Данный метод в настоящее время с уверенностью занимает свою нишу среди методов по ранней доклинической диагностике ИБС, однако, несмотря на свою эффективность, нередко остается в стороне и не принимается во внимание врачами-клиницистами. Следует учесть, что метод

Таблица 3

#### Исследования по изучению прогностической ценности значений КИ, полученных по КТ органов грудной клетки

Исследования	Наблюдение, мес	Метод подсчета	Группы риска	Число событий/число в группе	Риск событий
Itani, 2004	48	Наличие/отсутствие кальциноза	КИ = 0 КИ > 0	4/4914 (0,08 %) 10/1206 (0,83 %)	— —
Jacobs, 2011	18	Визуальный подсчет	0 1–2 3–5 6–12	65/3435 (1,8 %) 113/2498 (4,5 %) 149/2603 (5,7 %) 191/1874 (10,2 %)	1,0 2,8 3,8 6,9
Jacobs, 2012	10	4 группы риска КИ	КИ 0 КИ 1–100 КИ 101–1000 КИ >1000	10/1814 (0,6 %) 27/2191 (1,2 %) 32/2267 (1,4 %) 58/1285 (4,5%)	1,0 1,8 1,9 5,3
Shemesh, 2010	72	Визуальный подсчет	0 1–3 4–12	43/3573 (1,2 %) 66/3589 (1,8 %) 84/1640 (5,1 %)	1,0 1,6 4,7
Sverzellati, 2012	36	2 группы КИ	КИ ≤ 400 КИ > 400	26/1079 (2,4 %) 7/80 (8,8 %)	1,0 2,9

включен в американские и европейские рекомендации по диагностике ИБС, она доказала свою высокую прогностическую ценность, особенно при КИ = 0, и может служить отправной точкой в изменениях рекомендаций по назначению статинов бессимптомным пациентам. Подсчет КИ после реконструкции изображений КТ органов грудной клетки не уступает по точности стандартной методике по Агатстону с ЭКГ синхронизацией как по абсолютным значениям, так и при отнесении пациентов к той или иной группе риска по КИ 0, 1–100, 101–400, 401–1000 и > 1000. Сочетание КТ органов грудной клетки (в том числе низкодозной) с подсчетом КИ может значительно усиливать значимость и эффективность скрининговых программ не только с диагностической, но и с экономической точки зрения. Одновременное раннее выявление таких социально значимых заболеваний, как рак легких и ишемическая болезнь сердца, является перспективным этапом дальнейшего развития современной радиологии.

### Список литературы

1. Agatston A. S., Janowitz W. R., Hildner F. J. et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography // J. Am. Coll. Cardiol. 1990. V. 15. № 4. P. 827–832.
2. Benjamin E. J., Virani S. S., Callaway C. W. et al. Heart disease and stroke statistics: 2018 update — a report from the American Heart Association // Circ. 2018. V. 137. № 12. P. 67–49.
3. Detrano R., Guerci A. D., Carr J. J. et al. Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups // N. Engl. J. Med. 2008. V. 358. № 13. P. 1336–1345.
4. Goff Jr. D. C., Lloyd-Jones D. M., Bennett G. et al. 2013 ACC/AHA guideline on the assessment of cardiovascular risk // J. Am. Coll. Cardiol. 2014. V. 63. № 25. Pt. B. P. 2935–2959.
5. Greenland P., Blaha M. J., Budoff M. J. et al. Coronary calcium score and cardiovascular risk // J. Am. Coll. Cardiol. 2018. V. 72. № 4. P. 434–444.
6. Han D., Lee J. H., Hartaigh B. Ó., Min J. K. Role of computed tomography screening for detection of coronary artery disease // Clin. Imag. 2016. V. 40. № 2. P. 307–10.
7. Hecht H. S., Cronin P., Blaha M. J. et al. 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: A report of the society of cardiovascular computed tomography and society of thoracic radiology // J. Thorac. Imaging. 2017. V. 32. № 5. P. 54–66.
8. Hutt A., Duhamel A., Deken V. et al. Coronary calcium screening with dual-source CT: reliability of ungated, high-pitch chest CT in comparison with dedicated calcium-scoring CT // Eur. Radiol. 2016. V. 26. № 6. P. 1521–8.
9. Liu W., Zhang Y., Yu C.-M. et al. Current understanding of coronary artery calcification // J. Geriatr. Cardiol. 2015. V. 12. № 6. P. 668–675.
10. Otsuka F., Sakakura K., Yahagi K., Joner M., Virmani R. Has our understanding of calcification in human coronary atherosclerosis progressed? // Arterioscler Thromb. Vasc. Biol. 2014. V. 34. № 4. P. 724–736.
11. Pencina M. J., Navar-Boggan A. M., D'Agostino R. B. et al. Application of new cholesterol guidelines to a population-based sample // N. Engl. J. Med. 2014. V. 370. № 15. P. 1422–1431.
12. Piepoli M. F., Hoes A. W., Agewall S. et al. European guidelines on cardiovascular

- disease prevention in clinical practice // *Eur. Heart. J.* 2016. V. 37. № 29. P. 2315–2381.
13. *Pursnani A., Massaro J. M., D'Agostino R. B. et al.* Guideline-based statin eligibility, coronary artery calcification, and cardiovascular events // *JAMA.* 2015. V. 314. № 2. P. 134–4.
  14. *Sandfort V., Bluemke D. A.* CT calcium scoring. History, current status and outlook // *Diagn. Interv. Imag.* 2017. V. 98. № 1. P. 3–10.
  15. *Shemesh J.* Coronary artery calcification in clinical practice: what we have learned and why should it routinely be reported on chest CT? // *Ann. Transl. Med.* 2016. V. 4. № 8. P. 159.
  16. *Stone N. J., Robinson J., Lichtenstein A. H. et al.* American college of cardiology/american heart association task force on practice guidelines. 2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. V. 63. № 25. Pt. B. P. 2889–2934.
  17. *Taibi F., Metzinger-Le Meuth V., Massy Z. A., Metzinger L.* MiR-223: An inflammatory oncomiR enters the cardiovascular field // *Biochim. Biophys. Acta.* 2014. V. 1842. № 7. P. 1001–1009.
  18. *Xie X., Zhao Y., de Bock G. H. et al.* Validation and prognosis of coronary artery calcium scoring in nontriggered thoracic computed tomography // *Circ. Cardiovasc. Imag.* 2013. V. 6. № 4. P. 514–521.
  19. *Tomiyama H., Nakamura H., Nakamura T. et al.* Coronary artery calcium scoring by computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1990. V. 15. No. 4. P. 827–32.
  20. *Benjamin E.J., Virani S. S., Callaway C. W. et al.* Heart disease and stroke statistics: 2018 update – a report from the american heart association // *Circ.* 2018. V. 137. No. 12. P. 67–49.
  21. *Detrano R., Guerci A. D., Carr J. J. et al.* Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N. Engl. J. Med.* 2008. V. 358. No. 13. P. 1336–1345.
  22. *Goff Jr. D. C., Lloyd-Jones D. M., Bennett G. et al.* 2013 ACC/AHA guideline on the assessment of cardiovascular risk. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. V. 63. No. 25 Pt. B. P. 2935–2959.
  23. *Greenland P., Blaha M. J., Budoff M. J. et al.* Coronary calcium score and cardiovascular risk // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018. V. 72. No. 4. P. 434–444.
  24. *Han D., Lee J. H., Hartaigh B. Ó., Min J. K.* Role of computed tomography screening for detection of coronary artery disease. *ClinImaging.* 2016. V. 40. No. 2. P. 307–310.
  25. *Hecht H. S., Cronin P., Blaha M. J. et al.* 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: A report of the society of cardiovascular computed tomography and society of thoracic radiology. *J. Thorac. Imag.* 2017. V. 32. No. 5. P. 54–66.
  26. *Hutt A., Duhamel A., Deken V. et al.* Coronary calcium screening with dual-source CT: reliability of ungated, high-pitch chest CT in comparison with dedicated calcium-scoring CT. *Eur. Radiol.* 2016. V. 26. No. 6. P. 1521–1528.
  27. *Liu W., Zhang Y., Yu C.-M. et al.* Current understanding of coronary artery calcification. *J. Geriatr. Cardiol.* 2015. V. 12. No. 6. P. 668–675.

## References

1. *Agatston A. S., Janowitz W. R., Hildner F. J. et al.* Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed

10. *Otsuka F., Sakakura K., Yahagi K., Joner M., Virmani R.* Has our understanding of calcification in human coronary atherosclerosis progressed? *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2014. V. 34. No. 4. P. 724–736.
11. *Pencina M. J., Navar-Boggan A. M., D'Agostino R. B. et al.* Application of new cholesterol guidelines to a population-based sample. *N. Engl. J. Med.* 2014. V. 370. No. 15. P. 1422–1431.
12. *Piepoli M. F., Hoes A. W., Agewall S. et al.* European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur. Heart. J.* 2016. V. 37. No. 29. P. 2315–2381.
13. *Pursnani A., Massaro J. M., D'Agostino R. B. et al.* Guideline-based statin eligibility, coronary artery calcification, and cardiovascular events. *JAMA.* 2015. V. 314. No. 2. P. 134–134.
14. *Sandfort V., Bluemke D. A.* CT calcium scoring. History, current status and outlook. *Diagn. Interv. Imaging.* 2017. V. 98. No. 1. P. 3–10.
15. *Shemesh J.* Coronary artery calcification in clinical practice: what we have learned and why should it routinely be reported on chest CT? *Ann Transl. Med.* 2016. V. 4. No. 8. P.159.
16. *Stone N. J., Robinson J., Lichtenstein A. H. et al.* American college of cardiology/american heart association task force on practice guidelines. 2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014. V. 63. No. 25. Pt B. P. 2889–2934.
17. *Taibi F., Metzinger-Le Meuth V., Massy Z.A., Metzinger L.* MiR-223: An inflammatory oncomiR enters the cardiovascular field. *Biochim. Biophys. Acta.* 2014. V. 1842. No. 7. P. 1001–1009.
18. *Xie X., Zhao Y., de Bock G. H. et al.* Validation and prognosis of coronary artery calcium scoring in nontriggered thoracic computed tomography. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2013. V. 6. No. 4. P. 514–521.

### Сведения об авторах

**Журавлев Кирилл Николаевич**, врач-рентгенолог, заведующий отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. И. В. Давыдовского Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 109240, г. Москва, ул. Яузская, д. 11.  
Тел.: +7(495) 915-38-61. Электронная почта: kir232@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-1733-267X

**Zhuravlev Kirill Nikolaevich**, Radiologist, Head of Radiology Department, I. V. Davidovsky Clinical Hospital, Moscow.

Address: 11, ul. Yauzskaya, Moscow, 109240, Russia.  
Phone number: +7 (495) 915-38-61. E-mail: kir232@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-1733-267X

**Синицын Валентин Евгеньевич**, доктор медицинских наук, профессор, факультет фундаментальной медицины, заведующий кафедрой лучевой диагностики, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова».

Адрес: 119991, г. Москва, ул. Ленинские Горы, д. 1.  
Тел.: +7 (495) 932-88-14. Электронная почта: vsini@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-5649-2193

**Sinitsyn Valentin Yevgenievich**, M. D. Med., Ph. D. Med., Professor, Chair of Radiology (Faculty of Fundamental Medicine), Lomonosov Moscow State University.

Address: 1, ul. Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia.  
Phone number: +7 (495) 932-88-14. E-mail: vsini@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-5649-2193

**Шпектор Александр Вадимович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неотложной кардиологии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7(495) 611-01-77. Электронная почта: moscowcardio\_23@yahoo.com  
ORCID.org/0000-0001-6190-6808

**Shpektor Alexander Vadimovich**, M. D. Med., Ph. D. Med., Professor, Chair of Faculty of Emergency Cardiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: moscowcardio\_23@yahoo.com  
ORCID.org/0000-0001-6190-6808

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Современные представления о параметрах гемодинамики в артериовенозной фистуле для гемодиализа (обзор литературы)

В. С. Коэн\*, Т. В. Захматова

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России

## Modern View on Hemodynamic Parameters in Arteriovenous Fistula for Hemodialysis (Literature Review)

V. S. Koen\*, T. V. Zahmatova

North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov Ministry of Healthcare Russia

### Реферат

Социально-экономическая значимость хронической болезни почек в терминальной стадии обусловлена тем, что требуются дорогостоящие методы лечения. Число пациентов, находящихся на программном гемодиализе, ежегодно увеличивается, большинство из них трудоспособного возраста. Наиболее предпочтительным сосудистым доступом для гемодиализного лечения является артериовенозная фистула, однако ее дисфункция встречается более чем у 30 % пациентов. Адекватное долгосрочное функционирование фистулы зависит от ее успешного созревания, своевременной диагностики и устранения возможных осложнений постоянного сосудистого доступа. Основным методом диагностики дисфункции артериовенозной фистулы является дуплексное сканирование, позволяющее определить диаметр, состояние стенок и просвета сосудов, объемную скорость кровотока, выявить такие осложнения, как стеноз приводящей артерии, зоны анастомоза и отводящей вены, тромбоз фистулы, синдром обкрадывания кисти. Ультразвуковая диагностика осложнений сосудистого доступа позволяет провести их своевременную коррекцию, что увеличивает продолжительность адекватного функционирования фистулы.

**Ключевые слова:** артериовенозная фистула, гемодиализ, дуплексное сканирование, стеноз, тромбоз, синдром обкрадывания кисти.

\* Коэн Валерия Сергеевна, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России.  
Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41.  
Тел.: +7 (921) 573-71-52. Электронная почта: valeriia.koen@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-3280-5714

Koen Valeriia Sergeevna, Postgraduate, Department of Radiology, North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov, Ministry of Healthcare Russia.  
Address: 41, ul. Kirochnaya, St. Petersburg, 191015, Russia.  
Phone number: +7 (921) 573-71-52. E-mail: valeriia.koen@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-3280-5714

## Abstract

The social and economic importance of the chronic kidney disease at the terminal stage is caused by expensive methods of treatment, number of hemodialysis patients that increases annually and the fact that most of them are of working-age. The most preferred vascular access for hemodialysis is the arteriovenous fistula, however its dysfunction occurs at more than 30 % of cases. Adequate long-term fistula functioning depends on its successful maturation, early diagnostics and elimination of vascular access possible complications. The main diagnostic method of the arteriovenous fistula dysfunction is duplex ultrasound that allows to determine diameters, the walls condition and vessels lumen, access flow, to reveal such complications as stenosis of the inflow artery, anastomosis zone and outflow vein, fistula thrombosis, hand ischemia syndrome. Ultrasound diagnostics of vascular access complications allows to provide its early correction that increases duration of fistula adequate functioning.

**Key words:** Arteriovenous Fistula, Hemodialysis, Duplex Ultrasound, Stenosis, Thrombosis, Hand Ischemia.

## Актуальность

Хроническая болезнь почек занимает особое место среди хронических инфекционных болезней, так как в терминальной стадии она приводит к резкому снижению качества жизни пациентов и требует дорогостоящих методов лечения [6]. Доля гемодиализа среди других методов заместительной почечной терапии составляет до 95 %. В мире более 2 млн пациентов с терминальной почечной недостаточностью находятся на программном гемодиализе [5], и диализная популяция увеличивается каждый год. Социально-экономическая значимость заболевания определяется тем, что большинство пациентов трудоспособного возраста, — средний возраст в разных странах составляет от 49 до 65 лет [3].

Наиболее предпочтительным сосудистым доступом для гемодиализа является артериовенозная фистула (АВФ), так как она связана с меньшим риском инфекционных осложнений и меньшей смертностью по сравнению с артериовенозным протезом и туннельным перманентным катетером. Однако дисфункция АВФ встречается более чем у 30 % пациентов, а максимальная продолжи-

тельность ее функционирования редко превышает 4 года. При этом длительность пребывания пациента на гемодиализной терапии может достигать 20 лет и более [2, 4, 6, 16]. Эффективное долгосрочное лечение во многом зависит от успешного созревания и функционирования постоянного сосудистого доступа. Учитывая ограниченный ресурс сосудов у пациентов, следует стремиться к максимальной продолжительности функционирования уже сформированной АВФ путем своевременной диагностики и коррекции ее осложнений. Основным методом диагностики дисфункции сосудистого доступа является дуплексное сканирование (ДС) [1, 7, 14].

**Цель:** провести анализ литературы по вопросам ультразвуковой оценки созревания, нормального функционирования и диагностики осложнений артериовенозной фистулы для постоянного гемодиализа.

## Изменения показателей гемодинамики в АВФ при ее созревании

Большое внимание в литературе уделяется изменению параметров гемодина-

мики в созревающей АВФ. Сразу после формирования фистулы вследствие значительного градиента давления между приводящей артерией и отводящей веной происходит резкое увеличение потока крови в артерию. Несмотря на то что интраоперационное измерение объемной скорости кровотока (ОСК) не отражает реальные данные вследствие спазма сосудов и считается, что показатели могут быть занижены, большинство АВФ сразу же после формирования соустья демонстрируют увеличение скорости кровотока в 5–10 раз. Например, при формировании радиоцефальной фистулы кровотока в лучевой артерии может повыситься с 20 до 200 мл/мин непосредственно после операции. Диапазон значений ОСК может сильно отличаться у разных пациентов и в среднем равен 50–500 мл/мин. В проксимальной (плечевой) АВФ скорость кровотока, измеренная интраоперационно сразу после формирования фистулы, в среднем составляет 700–1000 мл/мин и возрастает на 50–100 % по мере увеличения диаметра сосудов [2, 3, 5]. Приносящая артерия со временем удлиняется и расширяется для обеспечения достаточного кровотока. Увеличение диаметра и длины артерии сопровождается ее аневризматической дегенерацией в поздних стадиях вследствие атрофии гладкомышечных клеток меди [2].

Большую роль в созревании фистулы и увеличении ОСК играет размер наложенного анастомоза. Исследования показали, что при диаметре соустья, составляющем около 20 % диаметра приносящей артерии, существенного изменения ОСК и созревания фистулы не происходит. При формировании анастомоза размером около 75 % диаметра артерии кровотока в АВФ значительно

увеличивается, а при последующем увеличении размера анастомоза отмечается дальнейший, но умеренный рост ОСК в отводящей вене [2]. Другие авторы считают, что при диаметре соустья в 1,5 раза больше диаметра приносящей артерии кровотока возрастает в 5,6 раза, а при диаметре, превышающем в 3 раза, ОСК увеличивается в 8 раз. При этом ремоделирование происходит и в самом анастомозе, который увеличивается в размере, что приводит к дополнительному возрастанию кровотока в АВФ [3].

Увеличение ОСК в фистуле влияет на кровотока в артерии дистальнее анастомоза. При небольшом диаметре соустья направление кровотока в дистальной части лучевой артерии не меняется. По мере увеличения размера анастомоза кровотока становится двунаправленным: антероградным в систолу, ретроградным в диастолу. При большом размере соустья ток крови полностью меняет направление на ретроградное. Значительной дилатации дистальной порции артерии не происходит из-за небольшой ОСК [2, 3, 5]. В случае ретроградного кровотока в дистальной порции лучевой артерии ток крови осуществляется по локтевой артерии через артериальную ладонную дугу в фистульную вену. Объем крови, поступающей в АВФ из дистальной части лучевой артерии, может достигать 20–30 %. Происходит увеличение скорости кровотока в локтевой, передней межкостной артериях и коллатеральных ветвях на предплечье для компенсации дефицита кровоснабжения кисти [2].

К понятию «созревание фистулы» также относят увеличение диаметра вены и утолщение ее стенки (процесс артериализации вены) [5]. Резкое возрастание ОСК по фистуле приводит к

увеличению напряжения сдвига в отводящей вене. Так, величина напряжения сдвига колеблется от  $-12$  дин/см<sup>2</sup> на прямом участке фистульной вены до  $+112$  дин/см<sup>2</sup> в зонах изгиба и ближе к анастомозу, что вызывает активацию высвобождения NO, простаглицлина и EDHF, повышение концентрации цГМФ в сосудистой стенке, что приводит к расслаблению гладкой мускулатуры и дилатации вены. Одновременно с этим происходит реконструкция цитоскелета и гиперплазия неоинтимы и медиа, которые ведут к относительному уменьшению диаметра вены. NO и простаглицлин ограничивают гипертрофию сосудистой стенки, однако ее толщина должна быть достаточной для своевременного закрытия дефекта от диализной иглы после пункции и предотвращения развития гематом. Соотношение этих механизмов оказывает существенное влияние на созревание АВФ [2, 5, 18]. Препятствовать созреванию вены могут ее крупные притоки на протяжении 10 см от анастомоза, которые отводят большой объем крови. Поэтому обнаружению притоков вены следует уделять особое внимание во время дооперационной оценки топографии сосудистого русла с целью их своевременной перевязки [9]. Установлено, что минимальный диаметр отводящей вены, пригодной для пункций и адекватного гемодиализа, составляет 4–6 мм при глубине залегания не более 5–6 мм [9, 16, 18].

### **Оптимальные значения объемного кровотока в АВФ**

Среди авторов не существует единого мнения о целевом значении показателя ОСК в фистуле. Считается, что минимальная объемная скорость, способная обеспечить адекватный кровото-

ток через диализатор, составляет 350–400 мл/мин, и чем выше скорость, тем больше вероятность длительного успешного функционирования АВФ и меньше риск тромбоза фистулы [2, 18]. При снижении ОСК на каждые 100 мл/мин вероятность осложнений возрастает на 10–15 % в зависимости от уровня формирования АВФ [1]. С увеличением скорости кровотока в фистуле увеличивается нагрузка на правые камеры сердца и возрастает риск развития хронической сердечной недостаточности. Доказано, что ОСК в фистуле не должна превышать 30 % от сердечного выброса, в среднем составляя не более 1500–2000 мл/мин [1, 18]. Также имеются данные о влиянии высокой скорости кровотока в АВФ на развитие таких осложнений, как ишемический синдром обкрадывания кисти и стеноз отводящей вены. Рекомендуемые показатели ОСК в фистуле значительно отличаются у разных авторов – от 350 до 2000 мл/мин. Согласно американским и европейским клиническим рекомендациям, оптимальная скорость кровотока составляет не менее 600 мл/мин [9, 16, 18].

В литературе приводятся данные о других параметрах, способных прогнозировать эффективность созревания и длительность функционирования АВФ. Фистулы, наложенные на лучевую артерию с кровотоком более 20 мл/мин, в дальнейшем чаще адекватно функционируют. АВФ с интраоперационным кровотоком около 230 мл/мин имеют большую вероятность созревания по сравнению с фистулами с небольшой интраоперационной ОСК (в среднем 98 мл/мин) [5, 15]. Наиболее часто в качестве предикторов эффективного созревания АВФ используют значения

ОСК в фистуле и размер отводящей вены через месяц после формирования соустья. При диаметре вены больше 4 мм и объемной скорости 500 мл/мин и выше фистула адекватно функционирует в 95 % случаев, при наличии 1 критерия – в 74–76 % и лишь в 33 % случаев, если нет ни одного из признаков. Доказано, что вена диаметром менее 2,5 мм до наложения фистулы имеет плохую способность к созреванию, так же как и артерия диаметром менее 2 мм, поэтому некоторые авторы не рекомендуют формирование соустья между сосудами данного размера [6, 9, 16].

### **Стенотическое поражение сосудов, формирующих АВФ**

Фистулы, параметры гемодинамики которых не достигли целевых значений, не могут быть использованы для эффективного гемодиализа. С помощью ДС можно выявить осложнения АВФ, препятствующие ее успешному созреванию [16]. Одним из наиболее частых осложнений сосудистого доступа является стеноз. Причинами стеноза приводящей артерии могут быть атеросклеротические изменения и сахарный диабет. Стеноз отводящей вены связан с высокой скоростью кровотока, многократными пункциями в локальной зоне, турбулентным кровотоком и вибрацией, постоянно травмирующими стенку вены [3, 6, 9]. Гистологические исследования демонстрируют скопление миофибробластов, фибробластов и фиброцитов в субэндотелиальном слое интимы, что служит признаком повышенной метаболической активности клеток, которая развивается вследствие вышеуказанных повреждающих факторов [3, 9]. Зона стеноза может быть выявлена при ДС в В-режиме как участок уменьшения про-

света сосуда не менее чем на 50 % [16]. Однако, учитывая возможную неравномерность диаметра отводящей вены при длительном функционировании фистулы, извитость ее хода с формированием острых углов, а также для оценки гемодинамической значимости стеноза, следует использовать другие критерии. Определяют показатели кровотока в месте предполагаемого стеноза и на 2 см ниже, рассчитывают отношение пиковой систолической скорости в месте стеноза и в проксимальном участке. Если данное отношение превышает 2:1, то диагностируют стеноз более 50 % приносящей артерии или дренирующей вены. Для стеноза зоны анастомоза данный показатель равен 3:1 и более, также учитывают увеличение пиковой систолической скорости в зоне анастомоза более 400–500 см/с [9, 16, 17]. Некоторые авторы рекомендуют сравнивать скорость кровотока в зоне стеноза и в дистальном отделе, при этом считают, что при стенозе более 50 % соотношение составляет более 2 для стеноза артерии и вены, 3 и более для стеноза зоны анастомоза при максимальной систолической скорости более 400 см/с в зоне стеноза для всех локализаций [8, 9].

Гемодинамически значимые стенозы приводят к снижению ОСК в дистальных отделах. Установлено, что о наличии стеноза более 50 % свидетельствует снижение объемной скорости менее 500 мл/мин, а также уменьшение ОСК на 25 % по сравнению с данными предыдущего исследования [8, 10, 11, 17, 18]. В качестве критерия значимого стенозирования отводящей вены предлагают использовать диаметр свободного просвета вены в зоне стеноза менее 2,7 мм с чувствительностью 90 % и специфичностью 80 % [16].

В случае отсутствия стеноза приводящей артерии или фистульной вены при низкой объемной скорости в АВФ следует продолжить поиск с целью выявления стеноза подключичной и внутренней яремной вен [16, 18]. По данным литературы частота центральных стенозов составляет от 5 до 20 %. Их наиболее частой причиной служит предшествующая катетеризация вен [4, 18]. Своевременная диагностика стенозов ипсилатеральных подключичной и внутренней яремной вен, а также дистальных отделов головной или основной вен на дооперационном этапе имеет особое значение для снижения риска дисфункции сосудистого доступа [4].

### **Тромбоз АВФ**

Уменьшение ОСК в фистуле в результате стеноза приводит к формированию тромбов [6, 10, 11, 18]. По данным разных авторов, тромбоз АВФ встречается в 70–95 % случаев, при этом стеноз фистулы обнаруживают в 85 % тромбированных доступов. Другими причинами тромбоза являются нарушение реологических свойств крови, связанное с повышением уремических токсинов у пациентов с хронической болезнью почек, а также низкое системное артериальное давление и постоянная травма сосуда вследствие многократных пункций в локальной зоне [2, 17]. Установлено, что для снижения тромбообразования необходимо формирование фистулы с достаточно доступной для пункций длиной отводящей вены – не менее 30–35 см [7]. Исследования показали, что риск тромбоза значительно уменьшается при минимальной ОСК в фистуле около 580 мл/мин [13]. Кроме визуализации тромботических масс в просвете сосуда ультразвуковыми критериями тромбоза

АВФ являются отсутствие сжимаемости вены и нарушение фазности кровотока при дыхании [8].

Еще одним фактором риска тромбоза АВФ является аневризматическая дилатация фистульной вены. Ее формированию способствуют многочисленные пункции, локализация в области слияния с притоковыми венами, в зоне клапанного аппарата, а также в ригидных зонах, образующихся вследствие предшествующих хирургических вмешательств или катетеризаций [4, 9]. Турбулентный характер кровотока в аневризме ведет к оседанию тромбоцитов на эндотелий в местах с низкой скоростью кровотока с последующей агрегацией и активацией процесса коагуляции фибрина [9].

### **Ишемический синдром обкрадывания кисти**

Другим осложнением функционирования АВФ является ишемический синдром обкрадывания кисти. Частота стил-синдрома составляет от 5 до 20 %, а встречаемость обкрадывания без явных клинических проявлений – от 67 до 95 % [2, 5, 8]. Спорным является вопрос о том, какие факторы ведут к его развитию. Среди причин формирования стил-синдрома наиболее часто указывают большую ОСК в фистуле (более 750–1900 мл/мин), ретроградный кровоток в дистальной части приводящей артерии, стенотическое поражение приносящего сосуда и заболевания периферических артерий [4, 6–8, 16]. Однако исследования показали, что не все пациенты с большим объемным сбросом по фистуле либо стенозом приводящей артерии имеют ишемию кисти. Изолированное наличие ретроградного кровотока в артерии

дистальнее соустья, встречающееся у 80–90 % пациентов, не приводит к синдрому обкрадывания кисти [2, 4–6]. Сброс крови из артерии напрямую в вену, минуя микроциркуляторное русло кисти, большая ОСК в фистуле, стеноз приводящей артерии в норме приводят к увеличению частоты сердечных сокращений, сердечного выброса, объемного кровотока по локтевой артерии и к развитию коллатеральных ветвей на предплечье, компенсирующих дефицит кровотока в кисти [6]. Доказано, что пациенты, страдающие сахарным диабетом, более склонны к развитию стил-синдрома в результате нарушения механизмов ауторегуляции кровотока на фоне микроангиопатии [5–7, 12]. Таким образом, ишемический синдром обкрадывания кисти является мультифакториальной патологией, определяющую роль в развитии которого имеют состояние артерий предплечья, не участвующих в формировании АВФ, микроциркуляторного русла кисти и нарушение компенсаторных механизмов регуляции кровотока [3, 8, 12].

## Выводы

1. Выполнение дуплексного сканирования в динамике пациентам с АВФ для гемодиализа позволяет оценить ее созревание, нормальное функционирование и диагностировать осложнения, что дает возможность провести своевременную коррекцию фистулы.
2. При формировании анастомоза размером около 75 % диаметра артерии создаются условия для нормального созревания АВФ, а при диаметре соустья, составляющего около 20 % диаметра приносящей артерии, созревания фистулы не происходит.
3. По данным литературных источников показатель объемной скорости кровотока в АВФ, необходимой для ее нормального функционирования, значительно отличается – от 350 до 2000 мл/мин.
4. Критериями значимого стенозирования сосудов, формирующих АВФ, являются: диаметр свободного просвета вены в зоне стеноза менее 2,7 мм, снижение объемной скорости дистальнее стеноза менее 500 мл/мин, отношение пиковой систолической скорости кровотока в месте стеноза и в проксимальном участке более 2:1 (для стеноза зоны анастомоза 3:1 и более).
5. Основными факторами возникновения тромбоза АВФ считают нарушение реологических свойств крови, снижение системного артериального давления, постоянную травматизацию сосуда вследствие многократных пункций в локальной зоне, дилатацию отводящей вены и снижение объемного кровотока.
6. Частота ишемического синдрома обкрадывания кисти составляет от 5 до 20 %, среди причин формирования стил-синдрома ведущее значение имеют большая объемная скорость кровотока в фистуле, стеноз приносящего сосуда, поражение артерий предплечья, не участвующих в формировании АВФ, и микроциркуляторного русла кисти, а также нарушение компенсаторных механизмов ауторегуляции кровотока.

**Список литературы**

1. *Алферов С. В.* Гемодинамические нарушения при различных артериовенозных доступах для гемодиализа: Дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2013. 162 с.
2. *Васильев А. Н., Михеева Ю. С., Смирнов А. В.* Патология физиология артериовенозной фистулы // Нефрология. 2015. Т. 19. № 66. С. 61–72.
3. *Гринев К. М.* Пути улучшения диагностики и хирургического лечения гемодинамических осложнений артериовенозных фистул для хронического гемодиализа: Дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2016. 215 с.
4. *Гринев К. М., Карнов С. А., Алферов С. В.* Нетромботические осложнения постоянного сосудистого доступа при программном гемодиализе и способы их хирургической коррекции // Вестник СПбГУ. Медицина. 2017. Т. 12. № 4. С. 340–353.
5. *Гурков А. С.* Кровоток в сосудах предплечья и кисти у пациентов с артериовенозной фистулой для гемодиализа: Дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2014. 189 с.
6. *Манафов Э. Н.* Постоянный сосудистый доступ для гемодиализа: хирургическая тактика: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2015. 109 с.
7. *Попов А. Н.* Оптимальные варианты длительно функционирующих артериовенозных фистул у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе: Дис. ... канд. мед. наук. Екатеринбург, 2015. 129 с.
8. *Хатчинсон С. Дж., Холмс К. К.* Ультразвуковая диагностика в ангиологии и сосудистой хирургии. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. 400 с.
9. *Шольц Х.* Сосудистый доступ для гемодиализа: Пер. с англ. / Ред. А. С. Гуркова. М.: Практическая медицина, 2019. 280 с.
10. *Agarwal A. K., Shah R., Haddad N. J.* Access blood flow testing // Seminars in dialysis. 2014. V. 27. № 6. P. 595–598.
11. *Aragoncillo I., Abad S., Caldas S. et al.* Adding access blood flow surveillance reduces thrombosis and improves arteriovenous fistula patency: a randomized controlled trial // JVA. 2017. V. 18. № 4. P. 352–358.
12. *Huber T. S., Larive B., Imrey P. B. et al.* Access-related hand ischemia and the Hemodialysis Fistula Maturation Study // J. Vasc. Surg. 2016. V. 64. № 4. P. 1050–1054.
13. *Ishii T., Suzuki Y., Nakayama T. et al.* Duplex ultrasound for the prediction of vascular events associated with arteriovenous fistulas in hemodialysis patients // JVA. 2016. V. 17. № 6. P. 499–505.
14. *Itoga N. K., Ullery B. W., Tran K. et al.* Use of a proactive duplex ultrasound protocol for hemodialysis access // J. Vasc. Surg. 2016. V. 64. № 4. P. 1042–1049.
15. *Ladenheim E. D., Lulic D., Lum C. et al.* First-week postoperative flow measurements are highly predictive of primary patency of radiocephalic arteriovenous fistulas // JVA. 2016. V. 17. № 4. P. 307–312.
16. *Pietryga J. A., Little M. D., Robbin M. L.* Sonography of arteriovenous fistulas and grafts // Seminars in dialysis. 2017. V. 30. № 4. P. 309–318.
17. *Quencer K. B., Kidd K., Kinney T.* Preprocedure evaluation of a dysfunctional dialysis access // Elsevier. 2017. V. 20. № 1. P. 20–30.
18. *Vascular Access Work Group.* KDOQI Clinical practice guideline for hemodialysis adequacy: 2015 Update // AJDK. 2015. V. 66. № 5. P. 554–930.

**References**

1. *Alferov S. V.* Hemodynamic disorders in different arteriovenous accesses for

- hemodialysis. Dis. ... kand. med. nauk. Saint Petersburg, 2013. 162 p. (in Russian).
2. *Vasil'ev A. N., Miheeva J. S., Smirnov A. V.* Pathophysiology of arteriovenous fistula. *Nefrologiya*. 2015. V. 19. No. 66. P. 61–72 (in Russian).
  3. *Grinev K. M.* Ways to improve the diagnostics and surgical treatment of hemodynamic complications of arteriovenous fistulas for hemodialysis. Dis. ... doct. med. nauk. Saint Petersburg, 2016. 215 p. (in Russian).
  4. *Grinev K. M., Karpov S. A., Alferov S. V.* Non-thrombotic complications of permanent vascular access for hemodialysis and methods of its surgical treatment. *Vestnik SPbGU. Medicina*. 2017. V. 12. No. 4. P. 340–353 (in Russian).
  5. *Gurkov A. S.* Blood flow in forearm and hand vessels in patients with arteriovenous fistula for hemodialysis. Dis. ... kand. med. nauk. Saint Petersburg, 2014. 189 p. (in Russian).
  6. *Manafov Je. N.* Permanent vascular access for hemodialysis: surgical tactics. Dis. ... kand. med. nauk. Moscow, 2015. 109 p. (in Russian).
  7. *Popov A. N.* Optimal variants of long-term functioning arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. Dis. ... kand. med. nauk. Ekaterinburg, 2015. 129 p. (in Russian).
  8. *Hatchinson S. J., Holms K. K.* Ultrasound diagnostics in angiology and vascular surgery. Moscow: GEOTAR-Media, 2018. 400 p. (in Russian).
  9. *Shol'c H.* Vascular access for hemodialysis. Per. s angl. Pod red. A. S. Gurkova. Moscow: Prakticheskaya medicina, 2019. 280 p. (in Russian).
  10. *Agarwal A. K., Shah R., Haddad N. J.* Access blood flow testing. *Seminars in dialysis*. 2014. V. 27. No. 6. P. 595–598.
  11. *Aragoncillo I., Abad S., Caldés S. et al.* Adding access blood flow surveillance reduces thrombosis and improves arteriovenous fistula patency: a randomized controlled trial. *JVA*. 2017. V. 18. No. 4. P. 352–358.
  12. *Huber T. S., Larive B., Imrey P. B. et al.* Access-related hand ischemia and the hemodialysis fistula maturation study. *J. Vasc. Surg.* 2016. V. 64. No. 4. P. 1050–1054.
  13. *Ishii T., Suzuki Y., Nakayama T. et al.* Duplex ultrasound for the prediction of vascular events associated with arteriovenous fistulas in hemodialysis patients. *JVA*. 2016. V. 17. No. 6. P. 499–505.
  14. *Itoga N. K., Ullery B. W., Tran K. et al.* Use of a proactive duplex ultrasound protocol for hemodialysis access. *J. Vasc. Surg.* 2016. V. 64. No. 4. P. 1042–1049.
  15. *Ladenheim E. D., Lulic D., Lum C. et al.* First-week postoperative flow measurements are highly predictive of primary patency of radiocephalic arteriovenous fistulas. *JVA*. 2016. V. 17. No. 4. P. 307–312.
  16. *Pietryga J. A., Little M. D., Robbin M. L.* Sonography of arteriovenous fistulas and grafts. *Seminars in dialysis*. 2017. V. 30. No. 4. P. 309–318.
  17. *Quencer K. B., Kidd K., Kinney T.* Preprocedure Evaluation of a dysfunctional dialysis access. Elsevier. 2017. V. 20. No. 1. P. 20–30.
  18. Vascular Access Work Group. KDOQI Clinical practice guideline for hemodialysis adequacy: 2015 Update. *AJDK*. 2015. V. 66. No. 5. P. 554–930.

### Сведения об авторах

**Козн Валерия Сергеевна**, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России.  
Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41.  
Тел.: +7 (921) 573-71-52. Электронная почта: valeriia.koen@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-3280-5714

**Koen Valeriya Sergeevna**, Postgraduate, Department of Radiology, North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov, Ministry of Healthcare Russia.  
Address: 41, ul. Kirochnaya, St. Petersburg, 191015, Russia.  
Phone number: +7 (921) 573-71-52. E-mail: valeriia.koen@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-3280-5714

**Захматова Татьяна Владимировна**, доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова» Минздрава России.  
Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41.  
Тел.: +7 (905) 283-43-65. Электронная почта: tvzakh@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-8253-2382

**Zakhmatova Tatiana Vladimirovna**, M. D. Med., Associate Professor, Department of Radiology, North-West State Medical University named after I. I. Mechnikov, Ministry of Healthcare Russia.  
Address: 41, ul. Kirochnaya, St. Petersburg, 191015, Russia.  
Phone number: +7 (905) 283-43-65. E-mail: tvzakh@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-8253-2382

### Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

## Редкие варианты диффузного билатерального почечного поражения в практике врача ультразвуковой диагностики скорпомощного детского стационара

Е. Б. Ольхова\*,<sup>1,2</sup>, С. А. Суханов<sup>3</sup>, А. Л. Музуров<sup>2,4</sup>,  
Г. А. Генералова<sup>2</sup>, Л. А. Дерюгина<sup>5</sup>, И. А. Утц<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России

<sup>2</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница Св. Владимира Департамента здравоохранения города Москвы»

<sup>3</sup> ГУЗ «Саратовская областная детская клиническая больница»

<sup>4</sup> ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования» Минздрава России

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского» Минздрава России

## Rare Variants of Diffuse Bilateral Renal Lesion in the Practice of Ultrasound Diagnostics of Emergency Children's Hospital

E. B. Olkhova\*,<sup>1,2</sup>, S. A. Sukhanov<sup>3</sup>, A. L. Muzurov<sup>2,4</sup>,  
G. A. Generalova<sup>2</sup>, L. A. Deryugina<sup>5</sup>, I. A. Utz<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia

<sup>2</sup> Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow Healthcare Department

<sup>3</sup> Saratov Regional Children's Clinical Hospital

<sup>4</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia

<sup>5</sup> Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky

\* **Ольхова Елена Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ «ДГКБ Св. Владимира Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9 а. Тел.: + 7(495) 611-01-77. Электронная почта: elena-olchova@bk.ru ORCID.org/0000-0003-3757-8001

**Olkhova Elena Borisovna**, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia, the Head of Department of the Ultrasound Diagnostic Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir, Moscow Healthcare Department. Address: 9 a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia. Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: elena-olchova@bk.ru ORCID.org/0000-0003-3757-8001

## Реферат

Заболевания почек были и остаются одной из основных причин выполнения УЗИ детям. Несмотря на богатый опыт исследования в этой области, до сих пор остаются ситуации, когда грубые билатеральные структурные изменения почек крайне сложны для трактовки ввиду крайней редкости патологии. К таким случаям относится, в частности, нефробластоматоз, 4 подтвержденных наблюдения которого представлены в данной публикации. В качестве дифференциальной диагностики продемонстрированы случаи тяжелого нефротического синдрома, в том числе врожденного, и редкие варианты острого почечного повреждения в дебюте лимфопролиферативных заболеваний, когда почки также выглядят резко увеличенными в размерах и малоструктурными. Также приведен 1 случай недифференцированной дисплазии почечной ткани, эхографически идентичный нефробластоматозу и 16 наблюдений множественных очагов регенерации почечной паренхимы у детей с билатеральными обструктивными уропатиями, морфологических подтверждений которых в настоящее время нет. Публикация содержит обзор литературы и обширно иллюстрирована.

**Ключевые слова:** ультразвуковая диагностика, дети, нефробластоматоз, острое почечное повреждение, очаги регенерации паренхимы почек.

## Abstract

Kidney disease was and remains one of the main reasons for performing ultrasonography in children. Despite the rich experience of research in this area, there are still situations where gross bilateral structural changes in the kidneys are extremely difficult to interpret due to the extreme rarity of the pathology. Such cases include, in particular, nephroblastomatosis, 4 confirmed observations of which are presented in this publication. As a differential diagnosis, cases of severe nephrotic syndrome, including congenital syndrome, and rare variants of acute renal damage in the debut of lymphoproliferative diseases, when the kidneys also look dramatically enlarged and unstructured, have been demonstrated. Also one case of undifferentiated renal tissue dysplasia, which is echographically identical to nephroblastomatosis, and 16 observations of multiple foci of regeneration of the renal parenchyma in children with bilateral obstructive uropathies, which currently have no morphological evidence, are shown. The publication contains a review of the literature and is extensively illustrated.

**Key words:** Ultrasonography, Children, Nephroblastomatosis, Acute Renal Damage, Nodulus of the Renal Parenchyma Regeneration.

## Актуальность

Заболевания почек — одна из самых распространенных причин направления на УЗИ детей всех возрастных групп. В большинстве случаев (урологическая патология, острые воспалительные заболевания, мочекаменная болезнь, опухоли) патология моностеральная или выражена с обеих сторон, но в разной степени. Диффузное билатеральное поражение типично для нефрологических заболеваний, при этом наиболее известны различные виды дисплазии почечной ткани, в том числе кистозные варианты, обменные почечные поражения, острое

почечное повреждение различного генеза, нефриты и варианты синдромального поражения. Все эти разновидности достаточно хорошо изучены и за последние десятилетия прогрессивного развития УЗД описаны достаточно подробно. Однако иногда встречаются случаи, ставящие в тупик даже самых опытных врачей УЗД в связи с редкостью и атипичностью эхографических проявлений. Теоретически известным узким специалистам, эти поражения тем не менее впервые диагностируются именно на этапе скоромощного стационара, куда дети обращаются с неспецифическими, а порой совершенно посторонними жа-

!!!

лобами. В таких случаях эхографическая картина становится неожиданной находкой, требующей комплексного диагностического подхода.

## Материалы и методы

Собственный опыт насчитывает 5 редких наблюдений диффузного билатерального поражения почек, эхографическая и клиническая дифференцировка которых была значительно затруднена и потребовала длительного, комплексного диагностического поиска. Сюда включены 4 случая морфологически подтвержденного билатерального нефробластоматоза (НБМ): 3 — диффузного и 1 — многоочагового — и 1 случай недифференцированной дисплазии почек (эхографически и гистологически сходной с НБМ). Несмотря на такое небольшое количество наблюдений, крайняя редкость патологии позволяет считать собственный опыт достаточным и значительным. Подавляющее большинство публикаций содержат 1–2 наблюдения, и только единичные публикации — о 30 и более случаях. При этом такие крупные собрания наблюдений являются обобщением многолетнего опыта онкологических стационаров, где исследования выполнялись разными специалистами и преобладала визуализация методом КТ. Также в данное исследование включены 16 детей с неустановленными билатеральным и мультиочаговыми почечными изменениями на фоне тяжелых obstructивных уропатий.

## Результаты и их обсуждение

Объемные образования почек у детей встречаются относительно часто, и почти всегда это злокачественная опухоль — нефробластома (опухоль Вильмса), происходящая из эмбриональной ткани, на

долю которой приходится до 90 % всех опухолей почек. Всего же злокачественные опухоли почек составляют в детском возрасте до 8 % от всех злокачественных новообразований. В отличие от остальных опухолей, для опухоли Вильмса существует предопухоловое состояние: персистенция эмбриональных клеток (метанефрогенной бластемы — nephrogenic rests (NR)). В норме NR определяются в почках плодов до 36 недель гестации, более позднее их существование не является нормой. О частоте персистенции NRs можно судить по данным патоморфологических исследований, результаты которых свидетельствуют о ее сохранении в почечной ткани у 1 % погибших от разных причин доношенных новорожденных. У пациентов с нефробластомой частота персистирования NRs принципиально выше: при моностеральной опухоли Вильмса — до 40 %, при билатеральной — практически 100 % [2, 5, 7]. Обратный анализ показал, что при отсутствии NRs вероятность развития билатеральной опухоли Вильмса исключена [6]. Всего же частота развития опухоли Вильмса при сохранении у ребенка NRs оценивается менее чем в 1 % [2].

В зависимости от потенциального роста и клинического значения различают несколько вариантов NR: перилобарные (perilobar, PLNRs), при котором NR остатки локализуются по периферии кортикального вещества почек; интралобарные (intralobar, ILNRs), когда NR расположены в почечной паренхиме; комбинированные (combined — сочетание пери- и интралобулярных) и универсальные (universal). В зависимости от индивидуального состояния (фазы развития) NR делят на спящие (nascent or dormant), зрелые или

склерозирующие (регрессирующие: maturing or sclerosing); гиперпластические (hyperplastic) и неопластические (neoplastic) [5, 7]. В почках с опухолью Вильмса с равной частотой обнаруживаются как PLNRs, так и ILNRs [2, 5].

В редких случаях развивается диффузный нефробластоматоз — диффузное или многоочаговое билатеральное поражение почек без верифицированной опухоли Вильмса. Обычно это заболевание называют диффузным гиперпластическим перилобарным нефробластоматозом (diffuse hyperplastic perilobar nephroblastomatosis — DHPLNB), поскольку именно PLNRs склонны к диффузной пролиферации и развитию этого состояния [2, 9, 14].

Впервые нефробластоматоз был описан в 1961 г., когда L. Nou и R. Holman описали редкий вариант поражения почек у новорожденных, когда возникало их билатеральное увеличение и подчеркнутая дольчатость [2]. Редкость заболевания определяет малое количество собственных наблюдений в подавляющем большинстве публикаций: 1–3 наблюдения [1]. Единичные публикации крупных исследовательских центров насчитывают 20–30 случаев. Наибольшая группа, описанная до настоящего времени, включает 52 пациента [2, 3, 6, 7]. Как и при типичной опухоли Вильмса, развитие нефробластоматоза типично для детей раннего возраста (до 3 лет): средним считается возраст в 16 мес, однако в единичных случаях отмечено возникновение нефробластоматоза и старше 10 лет [2, 5–7]. Среди собственных наблюдений в 1 случае DHPLNB впервые диагностирован в возрасте 9 лет. Девочки болеют примерно в 1,5 раза чаще, но имеются четкие гендерные различия в зависимости от варианта NRs:

ILNRs чаще встречается у мальчиков, PLNRs — у девочек. Среди собственных 4 подтвержденных нефробластоматозов девочек и мальчиков было поровну.

Для диагностики нефробластоматоза используется весь арсенал методов лучевой диагностики: УЗИ, КТ, МРТ [1–3, 9, 12]. В отличие от нефробластомы, которая представляет собой отграниченное образование, для нефробластоматоза характерно диффузное билатеральное поражение (возможно, выраженное асимметрично). В типичном случае на УЗИ определяются увеличенные в размерах почки с диффузным снижением или незначительным повышением эхогенности паренхимы [9]. Так, во всех собственных 5 наблюдениях основным эхографическим признаком почечного поражения было асимметричное или симметричное, резко выраженное увеличение размеров почек с нарушением их структуры в виде «гомогенизации» и невыраженного повышения или снижения эхогенности паренхимы. Степень увеличения размеров почек была более выраженной, чем при других заболеваниях, у детей раннего возраста почки «занимали весь живот» (рис. 1).

Время, за которое почки так увеличивались в размерах, вероятно, составляет недели/месяцы. Так, в 1 случае имелись достоверные данные о ранее выполненных УЗИ (см. рис. 1, в — е): девочка 9 лет поступила в наш стационар с проявлениями ОРЗ, при этом уже полгода назад при УЗИ в поликлинике было зафиксировано симметричное увеличение размеров почек, которому не придали значения (жалоб у ребенка не было). К моменту госпитализации с ОРЗ размеры почек достигали 145 × 65 мм. Эхографическая картина была сразу расценена как НБМ, и ребенок

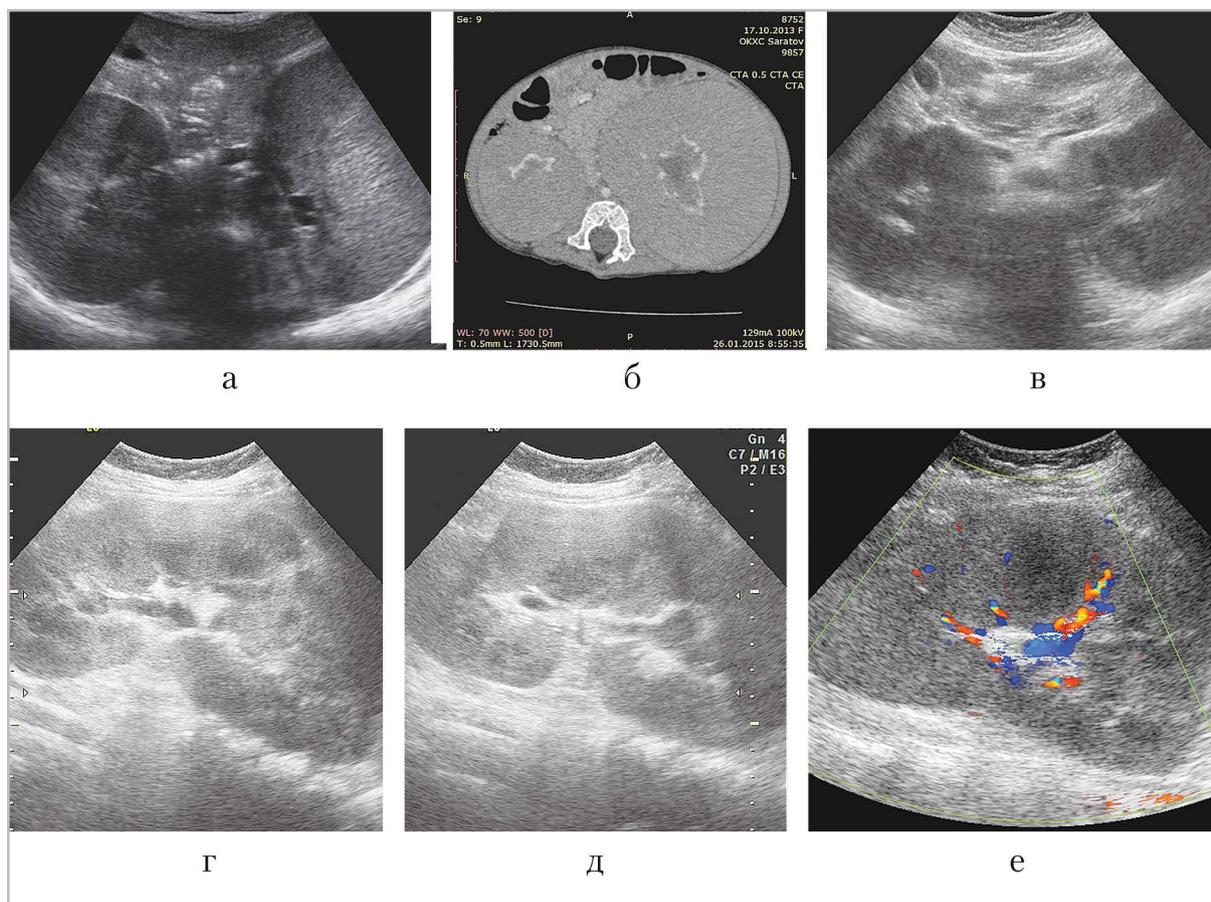


Рис. 1. Общий вид почек при нефробластоматозе: *а* — поперечный скан в эпигастрии у ребенка 1 года; *б* — тот же ребенок, поперечный срез; *в* — поперечный скан в эпигастрии у ребенка 9 лет; *г, д* — тот же ребенок, продольные сканы правой и левой почек соответственно; *е* — левая почка, цветное доплеровское исследование

был направлен в профильное учреждение, где диагноз НБМ был подтвержден.

Доказана достоверная связь разных вариантов NRs с определенными генетическими синдромами: наиболее часто упоминается высокая вероятность нефробластоматоза варианта ILNRs у детей с синдромом Дениса — Драша и со спорадической аниридией. При последней аномалии ILNRs персистируют практически у 100 % пациентов, и риск развития опухоли Вильмса у них составляет не менее 33 %. PLNRs ассоциированы с синдромом Беквита — Видемана, изолированной гемигипертрофией

и некоторыми другими хромосомными аномалиями, при этом вероятность малигнизации намного меньше. Оба варианта NRs могут быть ассоциированы с аномалиями XI пары хромосом. Для опухоли Вильмса описана ассоциация с урологическими заболеваниями, но для DHPLNB таких сочетаний в литературе не найдено. В собственных наблюдениях генетической патологии у детей не было, но в 1 случае DHPLNB развился на фоне 2-стороннего мегауретера: мальчик с рождения наблюдался и был неоднократно оперирован в нашем стационаре по поводу 2-стороннего об-

структивного мегауретера (наложение кутанеостом, уретероцистонеоимплантация с обеих сторон, закрытие кутанеостом). С рождения ребенку многократно выполнялось УЗИ, при этом эхографическая картина соответствовала течению 2-стороннего мегауретера (с периодическими эпизодами пиелонефрита) и не отличалась от таковой в аналогичных клинических случаях. К 11 мес хирургическая коррекция порока была закончена, и ребенок «пропал» из поля зрения: родители в стационар не обращались. К 17 мес у мальчика было отмечено увеличение размеров живота, при этом ребенок оставался активен, жалоб родители не предъявляли. С подозрением на хронические запоры родители обратились к оперировавшему их урологу. При УЗИ выявлено увеличение размеров почек до  $170 \times 78$  мм справа и  $140 \times 60$  мм слева на фоне умеренной дилатации мочевыводящих путей (МВП), больше – слева. Толщина гомогенной неструктурной паренхимы в отдельных местах достигала 35 мм (рис. 2).

Практически все специализированные учреждения признают необходи-

мость лечения ДНПЛНВ с применением в первую очередь химиотерапии, реже – лучевой терапии. Часто выполняется сочетанное использование этих методов.

Только в 1 случае течение ДНПЛНВ на фоне специфической терапии было эхографически прослежено в динамике: типичная эхографическая и КТ-картина в дебюте заболевания трансформировалась в крайне малоизвестную картину регрессирующего ДНПЛНВ, эхографическая картина которого практически не представлена в ультразвуковой литературе: почка представляется «слоистой». При этом наружный гомо- или гетерогенный слой неструктурной гиперэхогенной паренхимы представлен собственно недифференцированной бластемной тканью, внутри которой формируется практически нормальная почка (рис. 3). Подобные изображения «слоистой» почечной паренхимы при регрессе ДНПЛНВ на фоне химиотерапии имеются у специалистов КТ, которые обычно наблюдают таких пациентов.

Еще одно собственное наблюдение представляет большой интерес. Девочка

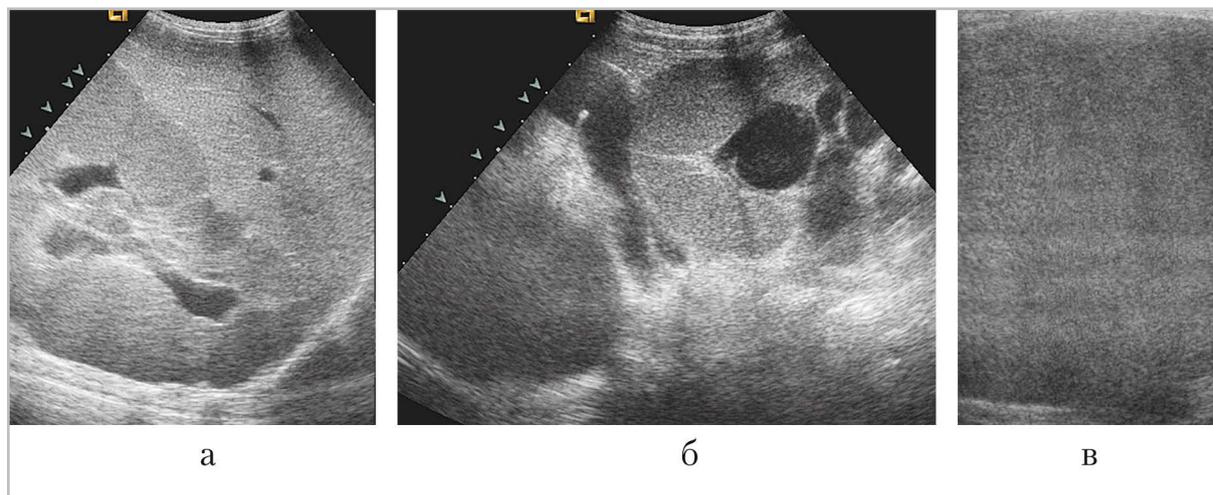


Рис. 2. ДНПЛНВ после коррекции 2-стороннего мегауретера: *а* – правая почка; *б* – левая почка; *в* – фрагмент паренхимы правой почки, линейный датчик, 8 МГц

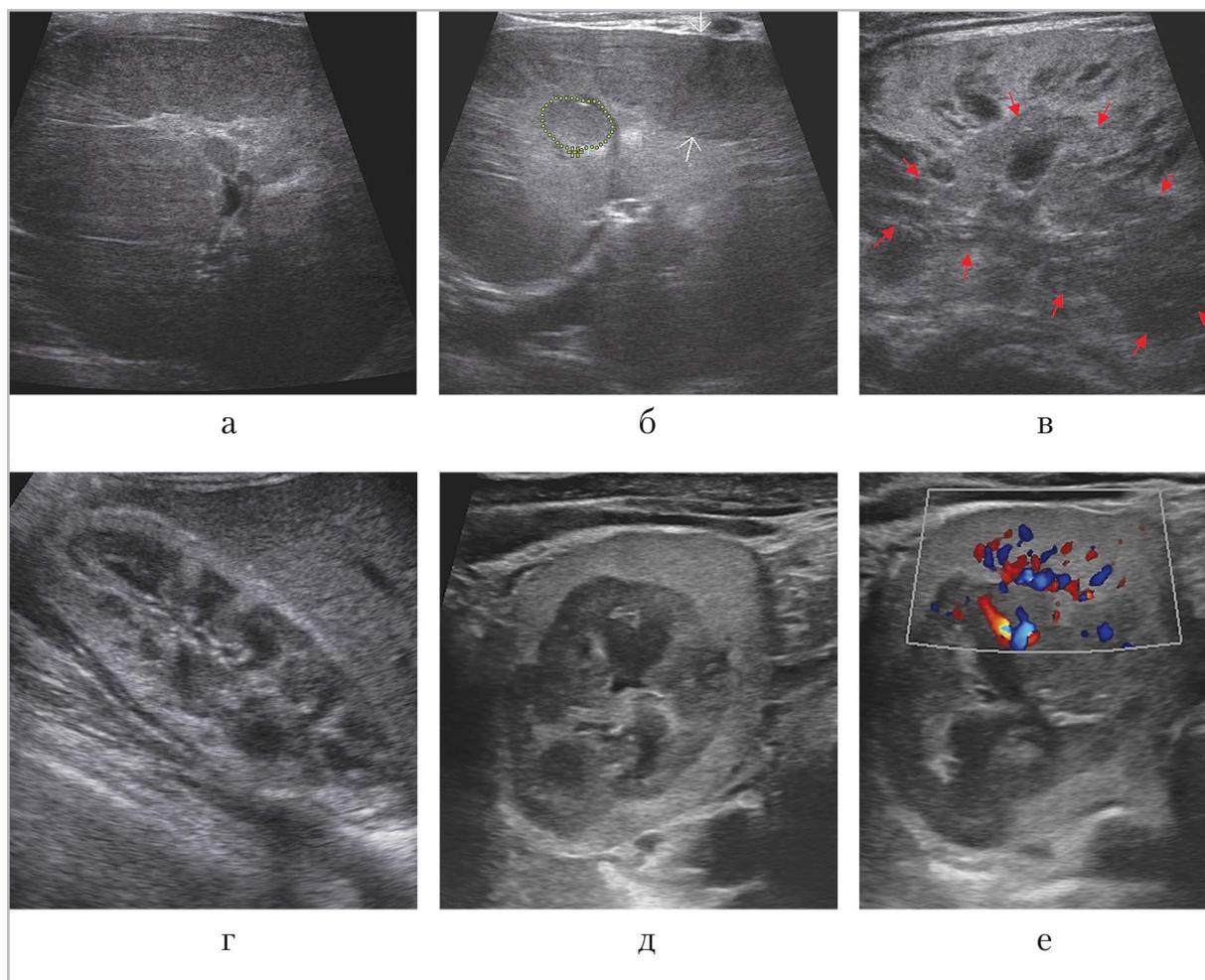


Рис. 3. Наблюдение 2: *а, б* — дебют заболевания; правая и левая почки соответственно (фрагмент); *в, з* — через 1 год, правая и левая почки соответственно: справа формирующаяся почка (*красные стрелки*) окружена широким слоем неструктурной бластемной ткани, слева — тонкий однородный гиперэхогенный слой бластемной ткани по поверхности почки; *д, е* — через 3 года, правая почка: бластемная ткань по поверхности почки однородная, повышенной эхогенности

поступила к нам в клинику в возрасте 6 сут с огромными почками (размер около  $80 \times 40$  мм), неструктурными, диффузно повышенной эхогенности. Проявлений азотемии, как и в других наблюдениях, не было. Эхографическая картина была расценена как проявления НБМ, того же мнения придерживались и специалисты перинатального центра, направившие ребенка в наше отделение гемодиализа (рис. 4). К наше-

му удивлению, гистологическое исследование биоптата не подтвердило наше заключение. Была выполнена световая микроскопия с окраской гематоксилин-эозином, ШИК-реакция, трихром по Массону. В препарате было найдено 97 (!) клубочков, все клубочки уменьшены в размерах, выглядят незрелыми: зачатки капиллярных петель покрыты кубическим эпителием, частично склерозированы. Диффузный отек и склероз

интерстиция с сопутствующей субтотальной атрофией канальцев. В других канальцах отмечается дистрофия канальцевого эпителия. Сохранные канальцы гипертрофированы.

Артерии и артериолы — без особенностей. Иммунофлуоресценция дала отрицательные результаты. Гистологическая картина была расценена как проявления несовершенного нефрогенеза, с признаками диффузного мезангиального склероза.

Как уже отмечалось, и в собственных наблюдениях, и по данным литературы ДНПЛНВ протекает практически бессимптомно, прицельное обследование и, естественно, выявление структурных изменений почек начинается именно из-за увеличения живота ребенка в размерах. Специфической клинической симптоматики собственно ДНПЛНВ не имеет. Общее состояние детей при первичном обращении не страдает, часто нет и лабораторных признаков почеч-

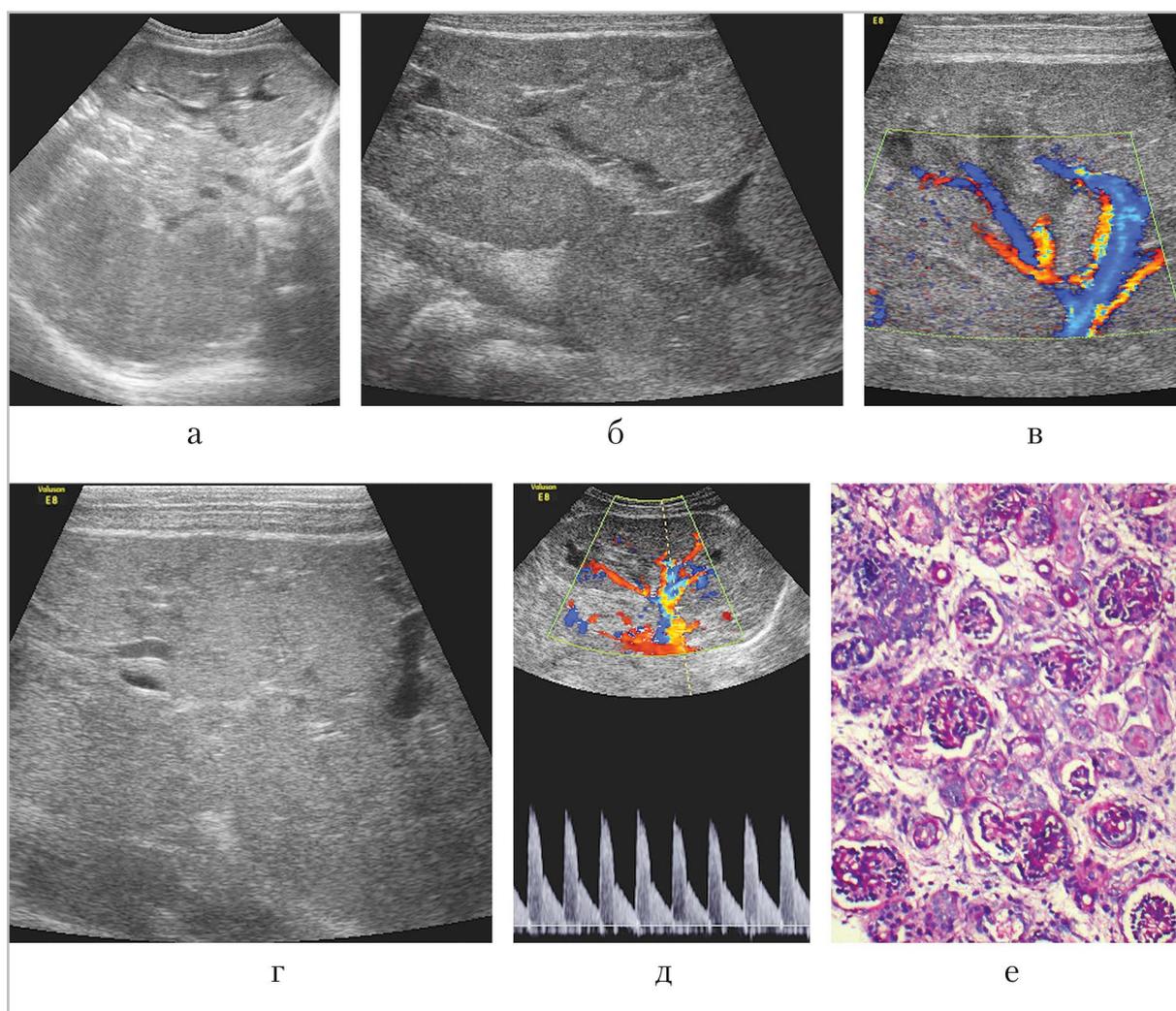


Рис. 4. Случай несовершенного нефрогенеза, эхографически сходный с ДНПЛНВ: *а* — поперечный скан тела младенца с одновременной визуализацией обеих почек; *б, в* — правая почка в В-режиме и при цветовом доплеровском исследовании; *г, д* — левая почка, В-режим и доплерограмма потока в магистральной почечной артерии; *е* — гистологическая картина

ного повреждения (отечного синдрома, азотемии, артериальной гипертензии). Соответственно в ряду диагностических мероприятий у ребенка с увеличением размеров живота первое место закономерно занимает УЗИ, при котором обнаруживается билатеральное резко выраженное увеличение размеров почек с нарушением их типичной структуры. В медицинских учреждениях «общей практики», куда впервые и попадает такой пациент, по данным УЗИ в первую очередь бывает заподозрен острый гломерулонефрит (нефротический синдром — НС). Значительный собственный опыт работы с детьми с нефротическим синдромом (в том числе врожденным нефротическим синдромом — ВНС) позволяет предположить

определенные дифференциальные эхографические признаки (табл. 1). Следует подчеркнуть, что если идиопатический НС значительно эхографически отличается от ДНПЛНВ, то эхографические проявления ВНС могут быть весьма схожи с ДНПЛНВ.

На рис. 5 представлены эхографические варианты НС и ВНС у детей. При крайней степени эхографической выраженности ВНС почки бывают резко увеличенными в размерах, с неровными контурами, гиперэхогенной паренхимой. Пирамидки могут быть резко деформированы и «задавлены» отеком кортексом и утрачивают свое типичное эхографическое представительство, превращаясь в гипоэхогенные «тяжи» между фрагментами кортикального ве-

Таблица 1

### Эхографические дифференциально-диагностические признаки нефробластоматоза и нефротического синдрома

Заболевание. Эхографический признак	НС (ОГН)	ВНС	ДНПЛНВ
Размеры почек	Увеличены	Резко увеличены	Резко увеличены
Контурсы	Ровные, четкие	Возможно неровные, четкие	Возможно неровные, четкие
Симметричность поражения	Всегда	Всегда	Не всегда
Кортикомедулярная дифференцировка	Обычно сохранена	Иногда нечеткая	Нечеткая или отсутствует
Эхогенность паренхимы	Диффузно умеренно повышена	Резко повышена	Незначительно повышена или нормальная
Сосудистый рисунок	Обеднен на периферии почки	Обычно сохранен	Сохранен или обеднен на периферии
RI артериального ренального кровотока	Вариабелен	Вариабелен	Не изменен
Асцит, гидроторакс	Типичны	Типичны	Отсутствуют

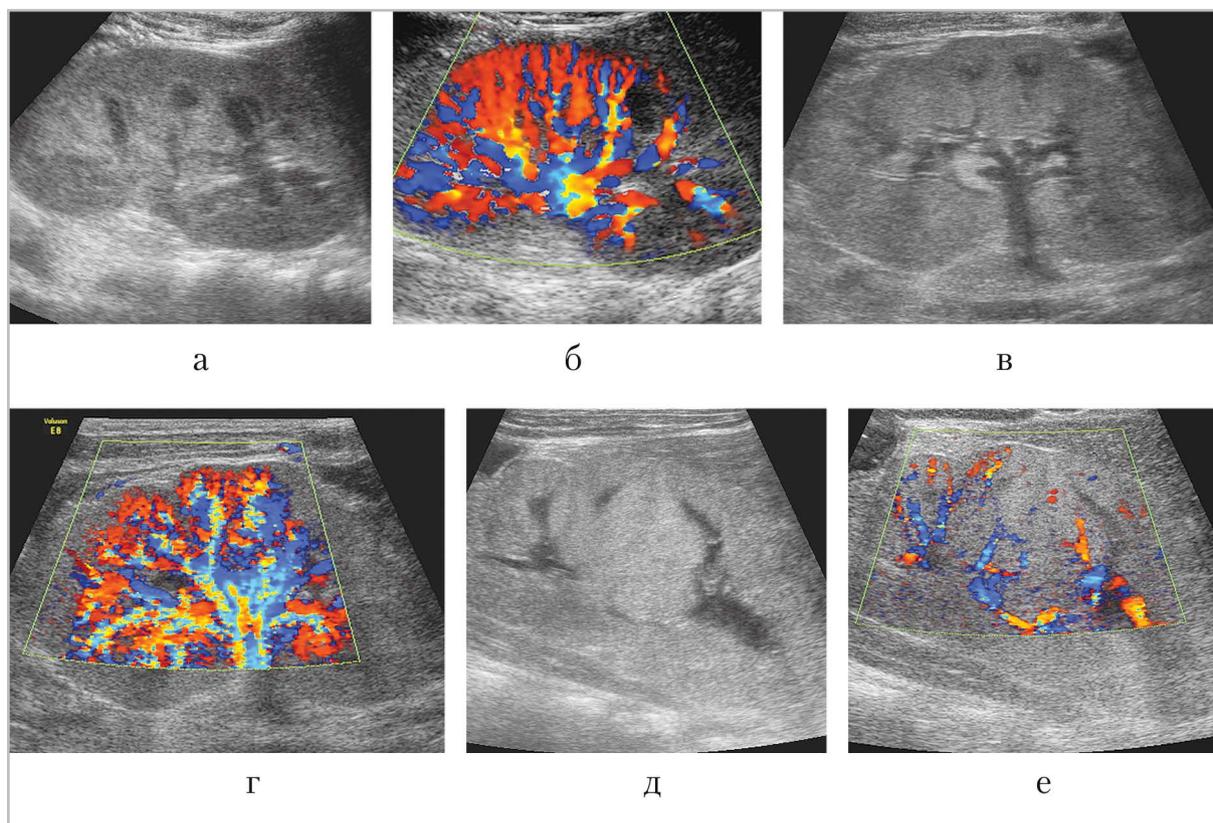


Рис. 5. Эхографические варианты нефротического синдрома: *а, б* — НС (ребенок 4 лет); *в, г* — ВНС у ребенка 6 мес; *д, е* — ВНС крайней степени выраженности у ребенка 1 года

щества. В таких случаях типично также обеднение интраниального сосудистого рисунка, хотя параметры кровотока остаются относительно приемлемыми.

Еще одной группой заболеваний, при которых можно визуализировать билатеральное симметричное резкое увеличение размеров почек со снижением структурности паренхимы и невыраженным диффузным повышением ее эхогенности, являются онкогематологические заболевания. В подавляющем большинстве случаев при лейкозах, лимфоме и лимфогрануломатозе почки умеренно увеличены в размерах, типично снижение структурности паренхимы почек и диффузно-неравномерное повышение/понижение эхогенности паренхимы. Параметры ренального крово-

тока бывают сохранены. Функция почек обычно не страдает. Типичны полиорганные изменения (поражение лимфоузлов, селезенки и пр.), заставляющие сразу подумать о том или ином варианте лимфопролиферативного заболевания. Следует прицельно искать увеличенные лимфоузлы в воротах почек, в брыжейке, на шее, в средостении и пр., а также очаговые изменения селезенки и печени. Сами же по себе изменения почек малоспецифичны и могут наблюдаться и при выраженном интоксикационном синдроме любой этиологии, при системных заболеваниях и пр. Такие почки при УЗИ на ДНПЛНВ не похожи (рис. 6).

Однако в крайне редких случаях лейкоз может манифестировать с явлением острого почечного поражения

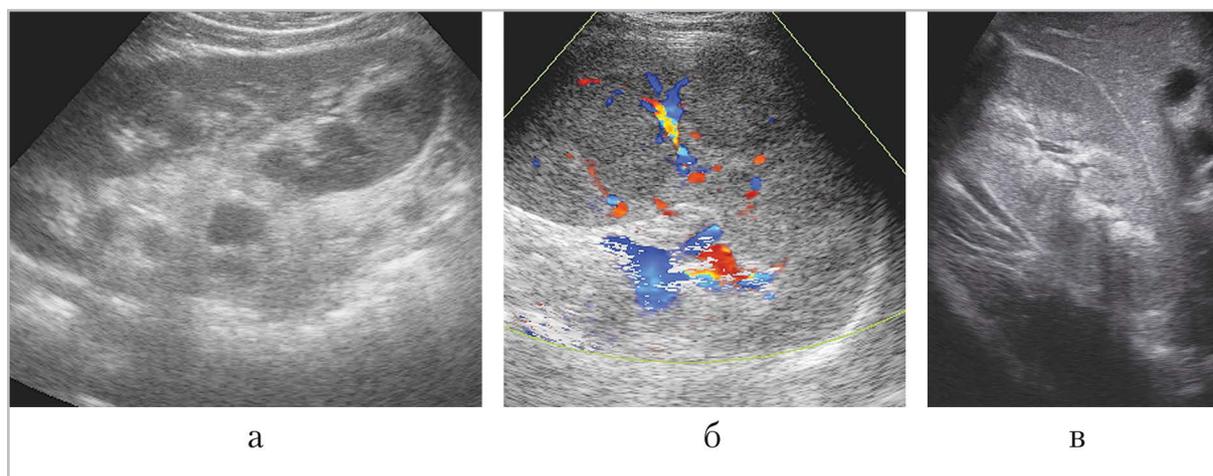


Рис. 6. Изменения почек при лимфогрануломатозе, лейкозе (в дебюте заболевания); *а, б* — левая почка (136 × 59 мм) и селезенка мальчика 15 лет с лимфогрануломатозом, обратившегося по поводу невыраженной лейкоцитурии; *в* — правая почка ребенка 13 лет в дебюте острого лейкоза (погиб через 2 года на фоне химиотерапии)

(ОПП), установить причину которого бывает непросто. Прогностически это очень серьезный вариант, и эхографические изменения почек (особенно в В-режиме) могут быть весьма схожи с ДНПЛНВ за счет резкого увеличения размеров почек и диффузных изменений паренхимы с нечеткостью кортикомедуллярной дифференцировки. Примечательно, что сосудистый рисунок в паренхиме почек может быть обеднен умеренно (совсем не в такой степени, как, например, при гемолитико-уремическом синдроме), и количественные характеристики кровотока также остаются относительно «приемлемыми», не соответствуя тяжести проявлений почечного повреждения. Так, в собственных наблюдениях скорость кровотока оставалась в пределах нормы ( $V_{\max}$  на магистральной почечной артерии достигала 0,6–0,8 м/с у разных детей) при умеренном повышении  $RI$  до 0,75–0,8. Интересно, что имели место нетипичные изменения паренхимы в области пирамидок: резко задавленные отечным

кортексом, они были деформированы и сдавлены, тем не менее прослеживалась радиальная исчерченность за счет отека (гидропическая дистрофия канальцев, типичная для ОПП любого генеза) у девочки с лимфомой и эхоплотные линейной формы включения по ходу собирательных тубул у детей 10 и 11 лет с миело- и лимфобластным лейкозом соответственно. В обоих последних случаях имела место выраженная гиперурикемия. Достоверно визуализировать такие изменения удавалось только при высокоразрешающем сканировании линейным датчиком 3–12 МГц на аппаратуре экспертного и премиум-класса. Учитывая крайнюю редкость ситуации, предлагаемая ниже таблица дифференциально-диагностических признаков может считаться только ориентировочной (табл. 2). Несмотря на предельно малое количество наблюдений, такие изменения пирамидок (радиальная гиперэхогенная исчерченность) у детей с ОПП в совокупности с другими описанными изменениями заставляет на-

**Эхографические дифференциально-диагностические признаки нефробластоматоза и тяжелого поражения почек (ОПН) при гемобластозах**

<b>Заболевание. Эхографический признак</b>	<b>ОПН как дебют гемобласто- стоза</b>	<b>DHPLNB</b>
Размеры почек	Резко увеличены	Резко увеличены
Контурсы	Возможно, неровные, четкие	Возможно, неровные, четкие
Симметричность поражения	Всегда	Не всегда
Кортико-медуллярная дифференцировка	Иногда нечеткая	Нечеткая или отсутствует
Пирамидки	Деформированы, могут иметь радиальную исчерченность за счет отека или скопления солей	Не прослеживаются
Эхогенность паренхимы	Незначительно повышена	Незначительно повышена или нормальная
Сосудистый рисунок	Несколько обеднен по периферии	Сохранен или обеднен на периферии
RI артериального ренального кровотока	Чаще — не изменен или несколько повышен	Не изменен
Асцит, гидроторакс	Возможны	Отсутствуют

стоятельно рекомендовать прицельный поиск лимфопролиферативных заболеваний у таких пациентов с ОПН.

Эхограммы почек пациентов, проанализированных в табл. 2, представлены на рис. 7.

Случаи ОПП, как дебюта лимфомы почек, в литературе описаны как казуистика. Так, Ter Haar E. et al. (2016) [8], представили наблюдение 4-летнего ребенка с диффузным поражением почек и ОПП на фоне лимфомы Беркитта. Почки эхографически были весьма схожи с таковыми при DHPLNB: огромных размеров, со снижением кортикомедуллярной дифференцировки и повышением эхогенности паренхимы (аналогично собственному наблюдению, представленному на рис. 7, а, б).

Вообще же ОПП вследствие лимфоматозной инфильтрации почек в дебюте лимфомы (чаще В-клеточной, неходжкинской) представляется казуистически редкой ситуацией не только в детской, но и во взрослой практике. Так, к 2010 г. было описано всего 19 подобных наблюдений [11]. Только в 3 публикациях была найдена информация о гиперкальциемии у пациентов (1 ребенок и 2 взрослых) с В-лимфомой почек и ОПП в дебюте заболевания [12–14]. У ребенка имелись множественные метастазы в кости, у взрослых пациентов выявлены проблемы с парацитовидными железами. Можно ли как-то соотнести собственные наблюдения синдрома «гиперэхогенных пирамид» на фоне ОПП в дебюте лимфолиферативных

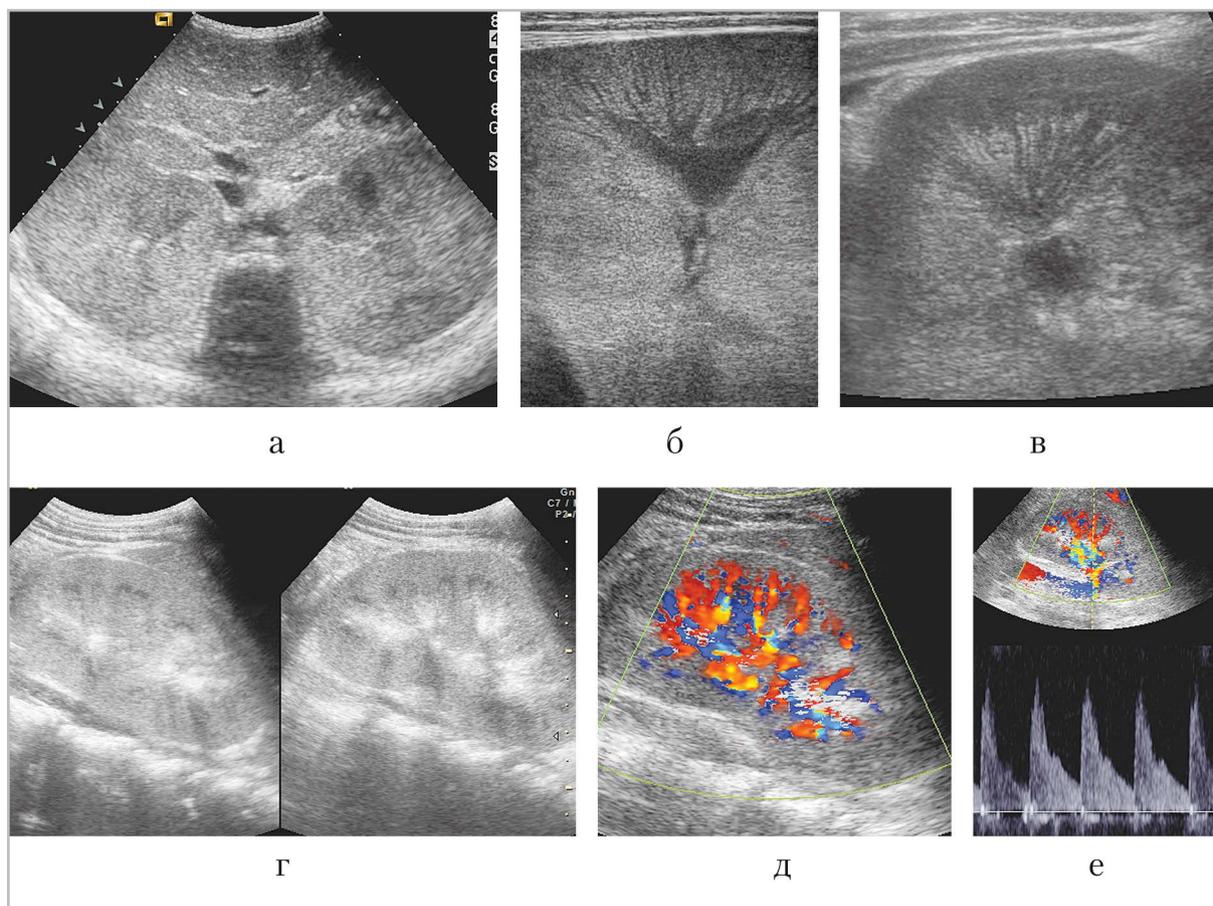


Рис. 7. Почки при злокачественном течении лимфопролиферативных заболеваний: *а, б* — ребенок 2 лет с ОПН в дебюте лимфомы; *в* — ребенок 10 лет ОПН в дебюте миелобластного лейкоза; *г – е* — ребенок 11 лет с ОПН в дебюте лимфобластного лейкоза

заболеваний у собственных пациентов с метаболическими нарушениями, однозначно сказать сложно.

В единственном случае НБМ имел вид билатерального мультифокального поражения. Увеличение размеров и неравномерное повышение эхогенности почечной паренхимы с «зажатыми» между массаами кортикального вещества деформированными пирамидками было отмечено с рождения, однако ребенок «исчез» из поля зрения на год (хорошее самочувствие послужило причиной временного отказа родителей от обследования малыша). В возрасте 13 мес было выявлено билатеральное симметричное

мультифокальное поражение почек, так же как и в предыдущих наблюдениях — без проявлений почечной недостаточности и при хорошем самочувствии ребенка (рис. 8).

В отличие от нефробластоматоза, который хоть и является крайне редким и сложным заболеванием, но достаточно полно изучен морфологически, имеется и другое состояние, ни генез которого, ни морфология неясны. Речь идет об изменениях почек у некоторых детей с тяжелыми билатеральными обструктивными уропатиями. Подавляющее большинство исследований сводится к обсуждению собственно урологической

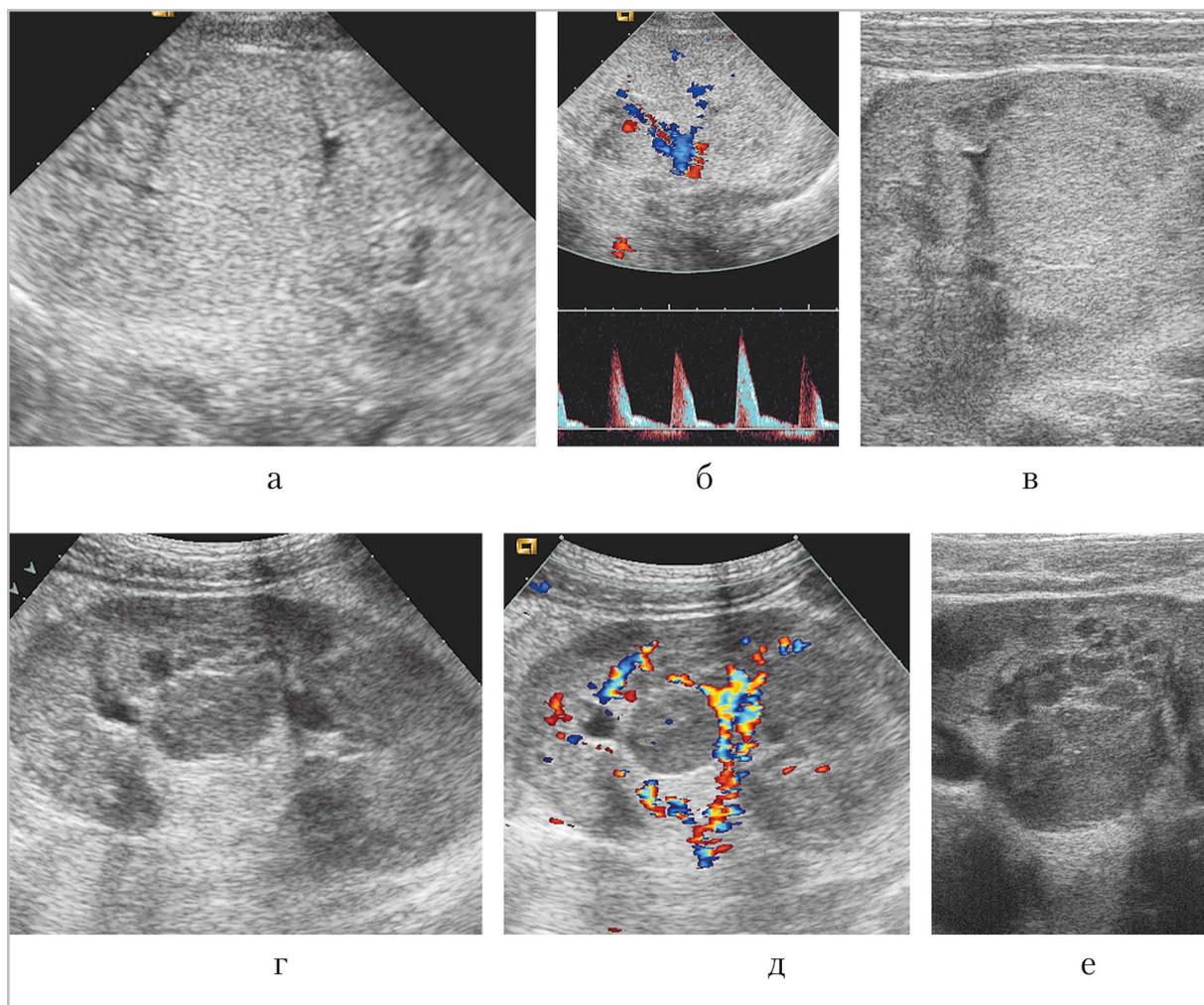


Рис. 8. Мультилокулярный билатеральный вариант ДНПЛНВ: *a – в* – УЗИ в возрасте 9 сут; *г – е* – УЗИ в возрасте 13 мес

(оперативной) тактики и терапии последующего течения заболевания (рациональная антибактериальная, нефропротективная и метаболическая терапия и пр.). Морфологам хорошо известны диспластические изменения почечной паренхимы при высоких степенях пузырно-мочеточникового рефлюкса, что признано фактором риска прогрессирования нефросклероза. В то же время состояние почек после коррекции собственно нарушений пассажа мочи привлекает внимание значительно реже: морфологически изучена рефлюкс-не-

фропатия (атрофический пиелонефрит), которая сводится к формированию рубцов почечной паренхимы с или без участков сохраненной паренхимы между рубцами. Эхографические исследования также посвящены в основном оценке собственно урологического обструктивного синдрома, в том числе и к изучению пассажа мочи (исследования мочеточниковых выбросов и пр.). Эхографические описания тяжелых изменений почек после коррекции обструктивных уропатий сводятся к картине «нефросклероза», которая включает в себя:

- уменьшение размеров почки;
- повышение эхогенности паренхимы;
- снижение структурности паренхимы;
- неравномерное (или равномерное) истончение паренхимы на фоне более или менее выраженной дилатации мочевыводящих путей;
- снижение интенсивности интратрениального сосудистого рисунка;
- снижение скорости артериального ренального кровотока;
- повышение резистивных характеристик артериального ренального кровотока.

Впрочем, количественные характеристики ренального кровотока при нефросклерозе более чем вариабельны.

Очаговые изменения почечной паренхимы у детей на фоне тяжелых билатеральных обструктивных уропатий в литературе не найдены. Как уже было отмечено, обструктивные уропатии могут быть ассоциированы с ДНПЛНВ, но среди многих сотен собственных наблюдений ОУ таких случаев не было, но в 16 случаях имели место многоочаговые изменения почечной паренхимы, генез которых остается невыясненным. Такие изменения наблюдались у детей с тяжелыми 2-сторонними ОУ, когда в паренхиме почек формировались повышенной эхогенности очаги, условно названные глыбками (рис. 9).

Примечательно, что такие изменения почек развивались только на фоне тяжелых и только билатеральных ОУ и исключительно на стадиях формирования хронической болезни почек (ХБП I–III степени). Во всех случаях дети были больны с рождения, все были оперированы (в том числе многократно). В основном такая эхографическая картина развивалась уже в школьном возрасте, самому юному пациенту с

глыбками было 4 года. Размеры глыбок были различными: от 3–4 мм до 15 и более (очень редко). Обычно в 1 почке наблюдались глыбки более или менее равных размеров, но могли быть и различной величины.

Паренхима почек между глыбками была истончена до 2–3 мм, пониженной (относительно глыбок) эхогенности, неструктурная. Кортикомедулярная дифференцировка ни в глыбках, ни в оставшейся паренхиме не прослеживалась. Чашечно-лоханочная система (ЧЛС) почек во всех случаях была дилатирована, в основном умеренно. Формиксы деформированы, уплощены.

Сосудистый рисунок во всех случаях прослеживался неравномерно: в глыбках относительно сохранен, но хаотичный, без типичной для почек картины. В истонченной паренхиме между глыбками сосудистый рисунок был резко ослаблен или не прослеживался. Предположительно возникновение таких глыбок связано с пролиферацией сохранившихся клеток метанефрогенной бластемы с развитием описанных очагов регенерации, пусть не имеющих классической структуры ренальной паренхимы, но функционирующих именно как паренхима почки. У пациентов с множественными глыбками функциональное состояние почек было относительно лучше ожидаемого. Точной морфологической верификации этой ультразвуковой находки нет, продолжается работа совместно с морфологами.

В редких случаях практически вся паренхима почки представляется конгломератом глыбок, более или менее четко отделенных друг от друга.

Примечательно, что у детей с приобретенными диффузными поражениями почек (нефротический синдром)

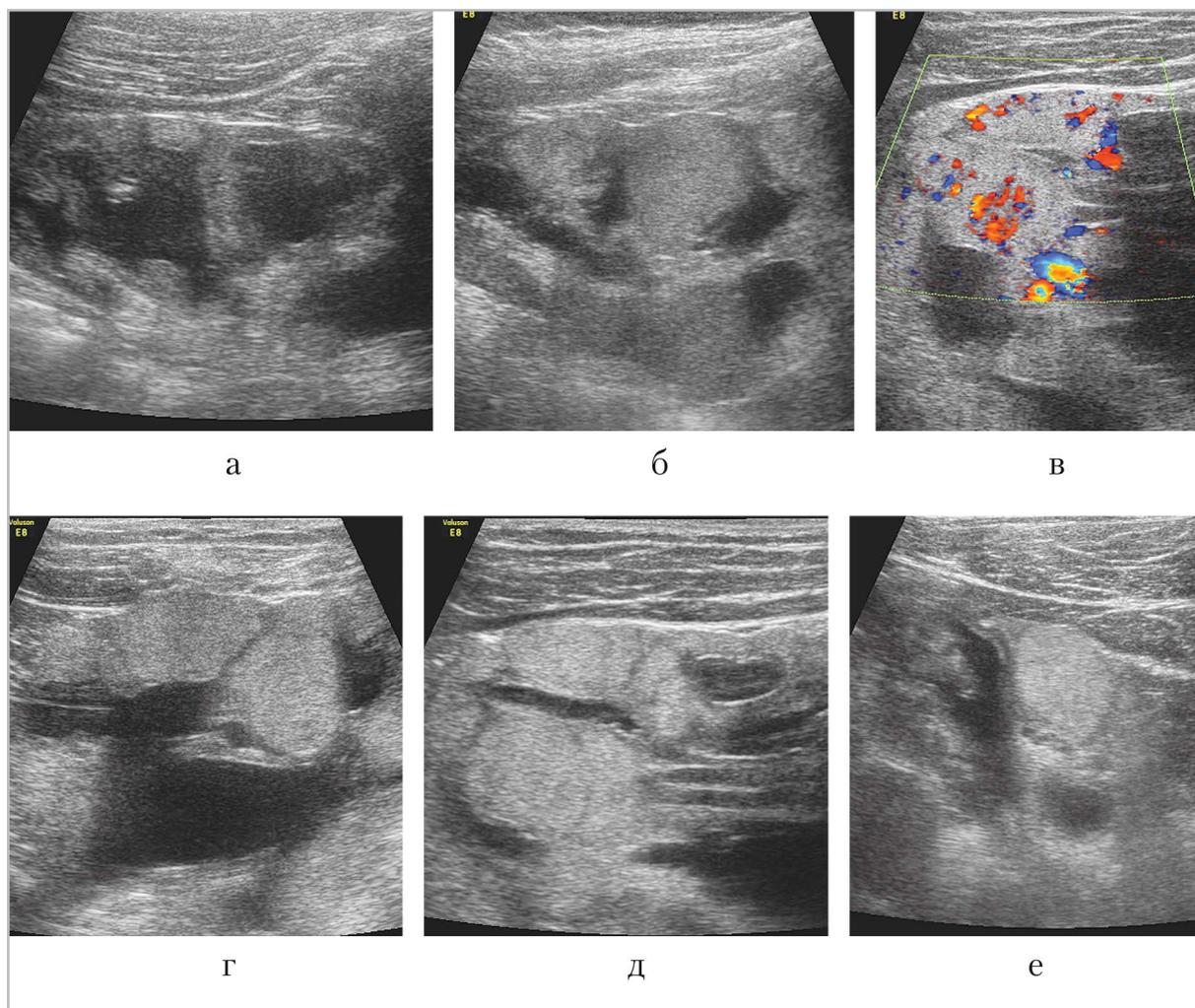


Рис. 9. Очаговые изменения почечной паренхимы у детей с 2-сторонним мегауретером, нефросклерозом, ХПН: *а, б* – правая и левая почки ребенка 4 лет; *в* – усиленный хаотичного вида сосудистый рисунок в очаге; *г* – паренхима пораженной почки сплошь представлена гиперэхогенными очагами; *д* – множественные очаги и истончение паренхимы между ними; *е* – единичный очаг в грубо измененной истонченной почечной паренхиме

с исходом в нефросклероз с ХПН возникновения глыбок не наблюдалось никогда. Также никогда не происходило формирование глыбок у детей, перенесших ОПН, например, при гемолитико-уремическом синдроме. Ни благоприятное, ни фатальное течение заболевания с кортикальным некрозом и исходом в ХПН не сопровождалось формированием таких очаговых изменений. По всей видимости, такие глыб-

ки являются очагами регенерации почечной паренхимы, и при этом процессе ведущая роль принадлежит метанефрогенной бластеме – временно «спящим» nephrogenic rests, способным, однако, в критической ситуации сформировать участки неструктурной почечной паренхимы. Диффузное поражение почек после рождения (например, нефротический или гемолитико-уремический синдром), по-видимому, приводит к

утрате регенераторных возможностей nephrogenic rests, и формирования глыбок не происходит. Если условно принять такие рассуждения, то описанные глыбки следует считать очагами регенерации почечной паренхимы и их появление прогностически благоприятно (рис. 10).

### Выводы

1. При эхографическом обнаружении резко выраженного билатерального а- или симметричного увеличения почек с утратой четкости дифференцировки паренхимы, особенно на фоне относительно благополучного состояния ребенка, целесообразно

предположить у пациента наличие нефробластоматоза.

2. Схожие эхографические изменения могут наблюдаться при нефротическом синдроме (в том числе врожденном) и при острой почечной недостаточности в дебюте лимфопролиферативных заболеваний. Приведенные в статье дифференциально-диагностические эхографические критерии вследствие малого количества наблюдения могут считаться только ориентировочными.
3. Множественные относительно мелкие гиперэхогенные участки утолщенной паренхимы в почках детей с тяжелыми билатеральными об-

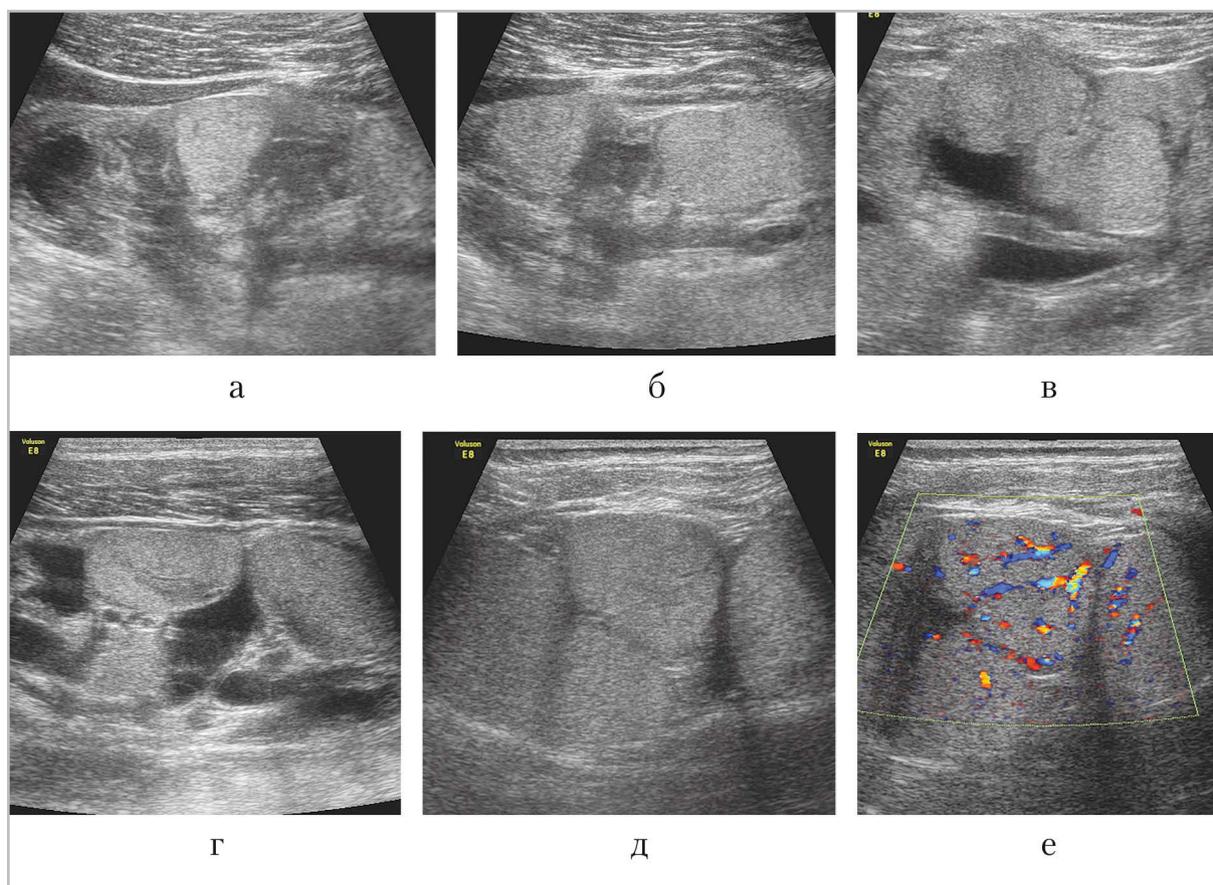


Рис. 10. Варианты эхографического представления очагов регенерации почечной паренхимы у детей с тяжелыми вариантами ОУ: *а, б* – правая и левая почки у мальчика 8 лет; *в, з* – почки детей 11 и 9 лет; *д, е* – правая и левая почки мальчика 5 лет

структивными уropатиями можно считать очагами регенерации почечной паренхимы, и их появление является прогностически благоприятным признаком.

## Список литературы

1. *Ольхова Е. Б., Никитина С. Ю., Зверев Д. В., Руненко В. И.* Редкие эхографические варианты опухолей почек у детей в многопрофильном скоромощном стационаре // Радиология – практика. 2007. № 6. С.13–25.
2. *Чилилова А. М., Качанов Д. Ю., Митрофанова А. М. и др.* Билатеральный диффузный гиперпластический перилобарный нефробластоматоз: собственное клиническое наблюдение // Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии. 2015. Т. 14. № 3. С. 37–43.
3. *Шароев Т. А., Соколова И.Н., Иванова Н. М. и др.* Нефробластоматоз у детей: обзор литературы и собственные материалы исследования // Онкоурология. 2009. № 4. С. 19–24
4. *Al-Salam S., Shaaban A., Alketbi M. et al.* Acute kidney injury secondary to renal large B-cell lymphoma: role of early renal-biopsy // Int. Urol. Nephrol. 2011. V. 43. № 1. P. 237–40.
5. *Beckwith J. B., Kiviat N. B., Bonadio J. F.* Nephrogenic rests, nephroblastomatosis, and the pathogenesis of Wilms' tumor // Pediatr. Pathol. 1990. V. 10. № 1–2. P. 1–36.
6. *Bergeron C., Iliescu C., Thiesse P. et al.* Does nephroblastomatosis influence the natural history and relapse rate in Wilms' tumour? A single centre experience over 11 years // Eur. J. Cancer. 2001. V. 37. № 3. P. 385–391.
7. *Hong-Chuan Niu, Wei-Ping Zhang, Ning Sun et al.* Prognostic factors of Wilms' tu-

mor complicated with nephroblastomatosis // Chin. Med. J. (Engl.). 2015. V. 20. № 128 (18). P. 2539–2541.

8. *Ter Haar E., Labarque V., Tousseyn T., Mekahli D.* Severe acute kidney injury as presentation of Burkitt's lymphoma // BMJ Case Rep. 2016; bcr2016214780. doi: 10.1136/bcr-2016-214780.
9. *Gao B., Nzekwu E., Cook A. J., Spaner S.J.* Case report: Diffuse hyperplastic perilobar nephroblastomatosis complicated by a unilateral Wilms tumour: diagnosis, treatment and follow-up // BMC Res. Notes. 2018. V. 19. № 11 (1). P. 396.
10. *Klatte T., Said J. W., Belldegrun A. S., Pantuck A. J.* Differential diagnosis of hypercalcemia in renal malignancy // Urol. 2007. V. 70. № 1. P. 179 e7–8.
11. *Levendoglu-Tugal O., Kroop S., Rozenblit G. N., Weiss R.* Primary renal lymphoma and hypercalcemia in a child // Leuk. Lymphoma. 2002. V. 43. № 5. P. 1141–1146.
12. *Rohrschneider W. K., Weirich A., Rieden K. et al.* US, CT and MR imaging characteristics of nephroblastomatosis // Pediatr. Radiol. 1998. V. 28. № 6. P. 435–443.
13. *Soutelo J., Moldes S., Frisone C. et al.* The coexistence of hypercalcemia and hypoglycemia in a patient with a renaltumor and B cell lymphoma // Arch. Endocrinol. Metab. 2017. V. 61. № 1. P. 98–102.
14. *Vicens J., Iotti A., Lombardi M. G. et al.* Diffuse hyperplastic perilobar nephroblastomatosis // Pediatr. Dev. Pathol. 2009. V. 12. № 3. P. 237–238.

## References

1. *Olkhova E. B., Nikitina S. Yu., Zverev D. V., Runenko V. I.* Rare echographic versions of the tumors of kidneys in children in the multiprofile emergency hospital/ Radiology – practice. 2007. No. 6. P. 3–25.

2. *Chililova A. M., Kachanov D. Yu., Mitrofanova A. M. et al.* Bilateral diffuse hyperplastic perilobar nephroblastomatosis: A case report. *Pediatr. Haematol. Oncol. and Immunopathol.* 2015. V. 14. No. 4. P. 37–43.
3. *Sharova T. A., Sokolova I. N., Ivanova N. M. et al.* Nephroblastomatosis in children: review of the literature and own materials of the experiment. *Onkourology.* 2009. No. 4. P. 19–24.
4. *Al-Salam S., Shaaban A., Alketbi M. et al.* Acute kidney injury secondary to renal large B-cell lymphoma: role of early renal biopsy. *Int. Urol. Nephrol.* 2011. V. 43. No. 1. P. 237–240.
5. *Beckwith J. B., Kiviat N. B., Bonadio J. F.* Nephrogenic rests, nephroblastomatosis, and the pathogenesis of Wilms' tumor. *Pediatr. Pathol.* 1990. V. 10. No. 1–2. P. 1–36.
6. *Bergeron C., Iliescu C., Thiesse P. et al.* Does nephroblastomatosis influence the natural history and relapse rate in Wilms' tumour? A single centre experience over 11 years. *Eur. J. Cancer.* 2001. V. 37. No. 3. P. 385–391.
7. *Hong-Chuan Niu, Wei-Ping Zhang, Ning Sun et al.* Prognostic factors of wilms' tumor complicated with nephroblastomatosis. *Chin. Med. J. (Engl.).* 2015. V. 20. No. 128 (18). P. 2539–2541.
8. *Ter Haar E., Labarque V., Tousseyn T., Mekahli D.* Severe acute kidney injury as presentation of Burkitt's lymphoma. *BMJ Case Rep.* 2016; 2016; bcr2016214780. doi: 10.1136/bcr-2016-214780.
9. *Gao B., Nzekwu E., Cook A.J., Spaner S.J.* Case report: Diffuse hyperplastic perilobar nephroblastomatosis complicated by a unilateral Wilms tumour: diagnosis, treatment and follow-up. *BMC Res. Notes.* 2018. V. 19. No. 11 (1). P. 396.
10. *Klatte T., Said J. W., Beldegrun A. S., Pantuck A. J.* Differential diagnosis of hypercalcemia in renal malignancy. *Urology.* 2007. V. 70. No. 1. P. 179 e7–8.
11. *Levendoglu-Tugal O., Kroop S., Rozenblit G. N., Weiss R.* Primary renal lymphoma and hypercalcemia in a child. *Leuk. Lymphoma.* 2002. V. 43. No. 5. P. 1141–1146.
12. *Rohrschneider W. K., Weirich A., Rieden K. et al.* US, CT and MR imaging characteristics of nephroblastomatosis. *Pediatr. Radiol.* 1998. V. 28. No. 6. P. 435–443.
13. *Soutelo J., Moldes S., Frisone C. et al.* The coexistence of hypercalcemia and hypoglycemia in a patient with a renaltumor and B cell lymphoma. *Arch. Endocrinol. Metab.* 2017. V. 61. No. 1. P. 98–102.
14. *Vicens J., Iotti A., Lombardi M. G. et al.* Diffuse hyperplastic perilobar nephroblastomatosis. *Pediatr. Dev. Pathol.* 2009. V. 12. No. 3. P. 237–238.

### Сведения об авторах

**Ольхова Елена Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГБУЗ «ДГКБ Св. Владимира Департамента здравоохранения города Москвы». Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а. Тел.: + 7(495) 611-01-77. Электронная почта: elena-olchova@bk.ru ORCID.org/0000-0003-3757-8001

**Olkhova Elena Borisovna**, M. D. Med., Professor, Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Department of Radiology, Ministry of Healthcare of Russia, Head of Department of the Ultrasound Diagnostic Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir of Moscow Healthcare Department. Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia. Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: elena-olchova@bk.ru ORCID.org/0000-0003-3757-8001

**Суханов Сергей Алексеевич**, врач ультразвуковой диагностики отделения ультразвуковой и функциональной диагностики ГУЗ «Саратовская областная детская клиническая больница».  
Адрес: 410028, г. Саратов, ул. Вольская, д. 6.  
Тел.: + 7(8452) 39-38-27. Электронная почта: suhanovsa@gmail.com  
ORCID.org/ 0000-0001-7583-6783

**Sukhanov Sergey Alekseyevich**, Doctor of Ultrasound Diagnostics, Ultrasonic and Functional Diagnostics Department, Saratov Regional Children's Clinical Hospital.  
Address: 6, ul. Volskaya, Saratov, 410028, Russia.  
Phone number: + 7(8452) 39-38-27. E-mail: suhanovsa@gmail.com  
ORCID 0000-0001-7583-6783

**Музуров Александр Львович**, кандидат медицинских наук, заведующий отделением Центра гравитационной хирургии крови и гемодиализа ГБУЗ «ДГКБ Св. Владимира ДЗМ», доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и токсикологии детского возраста ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования» Минздрава России.  
Адрес: 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3.  
Тел.: +7 (499) 268-22-81. Электронная почта: al\_muz@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0003-4131-9440

**Muzurov Alexandr Lvovich**, Ph. D. Med., Head of Department of Center of Gravitational Blood Surgery and Hemodialysis Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir; Moscow of Healthcare department; Associate Professor, Department of Pediatric Anesthesiology, Critical Care Medicine and Toxicology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 1/3, ul. Rubtsovsko-Dvortsovaya, Moscow, 107014, Russia.  
Phone number: +7 (499) 268-22-81. E-mail: al\_muz@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0003-4131-9440

**Генералова Галина Анатольевна**, доктор медицинских наук, педиатр/нефролог, Центр гравитационной хирургии крови и гемодиализа ГБУЗ «ДГКБ св. Владимира ДЗМ».  
Адрес: 107014, Москва, Рубцовско-Дворцовая, 1/3.  
тел./факс; +7(499) 268-74-26, моб. тел. +79269057441.  
Тел.: +7(926) 905-74-41. Электронная почта: gangen@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0002-0184-4163

**Generalova Galina Anatolievna**, M. D. Med., Pediatric/Nephrologist of Department of the Center of Gravitational Blood Surgery and Hemodialysis Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir; Moscow of Healthcare Department  
Address: 1/3, Rubtsovsko-Dvortsovaya str., 107014, Moscow, Russia  
Phone number: +7 (926) 905-74-41. E-mail: gangen@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0002-0184-4163

**Дерюгина Людмила Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры хирургии детского возраста ФБГБУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Министерства здравоохранения России.  
адрес: 410012, г.Саратов, ул.Большая Казачья, д. 112.  
Тел.: +7 (905) 383-97-12. Электронная почта: dludmila1@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-5525-8648

**Deryugina Lyudmila Alexandrovna**, M. D. Med., Professor, Professor of Pediatric Surgical Department, Saratov State Medical University named V. I. Razumovsky, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 112, ul. Bolshayu Kazachya, Saratov, 410012, Russia.  
Phone number: + 7 (905) 383-97-12. E-mail: dludmila1@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-5525-8648

**Утц Ирина Александровна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой детских болезней лечебного факультета ФБГБУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения России.  
Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, д. 112.  
Тел.: +7(8452) 22-89-61. Электронная почта: irinautz1963@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-4471-5051

**Utz Irina Aleksandrovna**, M. D. Med., Professor, Head of Department of Children Diseases of Therapeutic Faculty, Saratov State Medical University named V. I. Razumovsky, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 112, ul. Bolshayu Kazachya, Saratov, 410012, Russia.  
Phone number: +7(8452) 22-89-61. E-mail: irinautz1963@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-4471-5051

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Клинический случай острого постнагрузочного рабдомиолиза верхних конечностей

А. А. Емельянцеv\*, И. С. Железняк, С. Н. Бардаков,  
В. А. Царгуш, А. Н. Бельских, М. В. Захаров

ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова»  
Минобороны России, Санкт-Петербург

## A Case of Acute Postexercise Rhabdomyolysis of Upper Extremities

A. A. Emel'yantsev\*, I. S. Zheleznyak, S. N. Bardakov,  
V. A. Tsargush, A. N. Bel'skikh, M. V. Zakharov

S. M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg

### Реферат

Представлен случай острого постнагрузочного рабдомиолиза редкой локализации в верхних конечностях с пигментной нефропатией без острого почечного повреждения, развившегося у 19-летнего пациента после переноса тяжелых предметов (в положении с опущенными вниз руками). Пациент тренирован, характеризовался достаточным физическим развитием и отсутствием проявлений наследственной или приобретенной нервно-мышечной патологии. Заболевание проявилось непосредственно после физической нагрузки в виде выраженного отека, гиперемии и болезненности в локтевых и плечевых суставах, а также умеренной слабостью мышц верхних конечностей. На утро следующего дня отмечено уменьшение объема и изменение цвета выделенной мочи до темно-бурого. Повышение уровня миоглобина сыворотки крови до 7231 нг/мл и креатинфосфокиназы до 157009 Ед/л позволило установить диагноз «рабдомиолиз с олигурией без увеличения азотемии». При выполнении магнитно-резонансной томографии верхних конечностей отмечалось гомогенное повышение интенсивности сигнала на T2-взвешенных изображениях и STIR, а также увеличение времени релаксации, что свидетельствовало о первом типе рабдомиолиза в трехглавых мышцах плеч, передних зубчатых, надключичных, подключичных и дельтовидных мышцах. В ходе обследования выявлена прямая корреляционная связь высокой силы между динамикой изменения КФК, миоглобина, АЛТ, АСТ сыворотки крови и времени релаксации мышечной ткани. Таким образом, МРТ является чувствительным методом визуализации даже нетипичной локализации рабдомиолиза, результаты которого влияют

\* Емельянцеv Александр Александрович, врач-рентгенолог, адъюнкт кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6.  
Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: yemelyantsev@gmail.com  
ORCID.org/0000-0001-5723-7058

Emel'yantsev Aleksandr Aleksandrovich, Radiologist, Adjunct of the Department of Roentgenology and Radiology with a Course of Ultrasound Diagnostics of the S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.  
Address: 6, ul/ Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: yemelyantsev@gmail.com  
ORCID.org/0000-0001-5723-7058

на дальнейшую тактику лечения и прогнозирование осложнений. Использование количественных методик МРТ позволяет контролировать эффективность проводимой терапии.

**Ключевые слова:** постнагрузочный рабдомиолиз, магнитно-резонансная томография, скелетные мышцы, количественная оценка.

## Abstract

The article presents a case of acute postexercise rhabdomyolysis of rare localization in the upper extremities without acute renal damage that developed in a 19-year-old patient after the transfer of heavy objects (in a position with his arms down). The patient was enough trained, was physically developed and didn't have manifestations of hereditary or acquired neuromuscular pathology. The disease manifested itself immediately after physical exertion in the form of severe edema, hyperemia and pain in the elbow and shoulder joints and moderate muscle weakness of the upper extremities. On the morning of the next day, a volume reduction and a color change of the excreted urine to dark brown was noted. An increase in the level of serum myoglobin to 7231 ng/ml and creatine phosphokinase (CPK) to 157009 U / L made it possible to establish the diagnosis of rhabdomyolysis with oliguria without increasing azotemia. MRI scan of the upper extremities showed a homogeneous increasing of signal intensity in T2-weighted images and STIR, as well as an increasing of relaxation time, indicated the first type of rhabdomyolysis in the triceps of the shoulders, anterior dentate, supraclavicular, subclavian and deltoid muscles. A dynamic examination revealed a direct, high strength correlation between CPK, myoglobin, ALT, AST of blood serum and relaxation time of muscle tissue. Thus, MRI is a sensitive imaging method even for atypical localization of rhabdomyolysis, the results of which affect further treatment tactics and prognosis of complications, and the use of quantitative MRI techniques allows to control the effectiveness of the therapy.

**Key words:** Post-Exercise Rhabdomyolysis, Skeletal Muscle, Quantitative Evaluation.

## Актуальность

Рабдомиолиз — это полиэтиологический синдром разрушения скелетных мышц, сопровождающийся высвобождением потенциально токсичного клеточного содержимого миоцитов в кровь [1]. Основные проявления рабдомиолиза включают миалгию, мышечную слабость, отек пораженных мышц в сочетании с повышением уровня сывороточной креатинфосфокиназы (КФК) более чем в 5 раз, миоглобина, а также уменьшением объема и изменением цвета мочи до темно-бурого. Тяжелые формы рабдомиолиза могут вызвать опасные для жизни осложнения, такие, как дисбаланс электролитов, острое почечное повреждение (ОПП), компартмент-синдром, парезы, параличи и синдром диссеминированного внутрисосудистого свертывания [2]. Таким образом, актуальным является своевременное

выявление рабдомиолиза, определение локализации и характера поражения мышц, что позволяет избежать тяжелых осложнений и сократить сроки реабилитации пациентов.

Одним из наиболее частых нетравматических видов рабдомиолиза является постнагрузочный, развивающийся в ответ на чрезмерную и/или непривычную длительную повторную физическую нагрузку с эксцентрическими характеристиками, часто на фоне predisposing факторов [5].

Среди всех вариантов постнагрузочного рабдомиолиза локализация в мышцах верхних конечностей и плечевого пояса встречается редко, при этом обычно повреждаются мышцы предплечья либо длинная головка трехглавой мышцы [1]. При поражении небольших мышечных групп уровни КФК и миоглобина могут

повышаться незначительно, что часто приводит к отсроченной верификации рабдомиолиза. В то же время малый размер фасциальных футляров и большое количество отдельных мышц в данных областях затрудняет своевременную клиническую топическую диагностику и повышает вероятность развития компартмент-синдромов с компрессией сосудисто-нервных пучков. Поражение отдельных мышц верхних конечностей особенно в сочетании с компрессией или ишемией нервных проводников может определять дисфункцию верхних конечностей на длительный период [5].

Наиболее эффективными методами лучевой диагностики для исследования патологии мышечной ткани являются УЗИ и МРТ [4]. Для диагностики рабдомиолиза в мелких мышечных группах верхних конечностей методом выбора является МРТ с чувствительностью, близкой к 100 %. Пораженная мышечная ткань имеет гомогенный гиперинтенсивный сигнал на изображениях, взвешенных по протонной плотности, и T2-взвешенных изображениях (ВИ) и изоинтенсивный сигнал на T1-ВИ, а также увеличение времени релаксации [3]. Выявление значительно увеличенного объема, округлых контуров фасциальных футляров и гиперинтенсивного сигнала на T1-взвешенных изображениях от пораженных мышц в совокупности с клиническими данными позволяет верифицировать острый компартмент-синдром, своевременно провести оценку повышения внутрифасциального давления и выполнить неотложную фасциотомию [5].

**Цель:** демонстрация возможностей УЗИ и МРТ в диагностике случая острого постнагрузочного рабдомиолиза с нетипичной и редкой локализацией —

симметричным повреждением латеральных и медиальных головок трехглавых мышц с обеих сторон.

### Клиническое наблюдение

Пациент М., 19 лет (масса тела — 72 кг, рост — 182 см, ИМТ — 21,7 кг/м<sup>2</sup>) непосредственно после физической нагрузки (перенос тяжелых предметов в положении с опущенными вниз руками) отметил развитие выраженного отека, гиперемии и болезненности в локтевых и плечевых суставах, а также умеренную слабость мышц верхних конечностей до 3 баллов (MRC) в группе разгибателей локтевого сустава. В ходе первичного медицинского осмотра установлен диагноз постнагрузочного артрита суставов верхних конечностей. Наутро следующего дня было отмечено уменьшение суточного объема мочи (до 1,6 л) и изменился цвет выделенной мочи до темно-бурого на фоне отека и выраженной болезненности мягких тканей проксимальных отделов верхних конечностей. Повышение уровня миоглобина сыворотки крови — 7231 (28–72 нг/мл), КФК — 157009 (10–160 Ед/л), АЛТ — 413 (10–50 Ед/л), АСТ — 2048 (10–50 Ед/л) позволило установить диагноз рабдомиолиза с олигурией, пигментной нефропатией без увеличения азотемии (креатинин — 74 (44–115 мкмоль/л); мочевины — 3,6 (2,5–8,3 ммоль/л) (рис. 1, а – в).

При выполнении стимуляционной электронейромиографии (ЭНМГ) моторных и сенсорных проводников верхних и нижних конечностей патологии не выявлено.

При выполнении УЗИ верхних конечностей выявлены признаки, соответствующие рабдомиолизу трехглавых и дельтовидных мышц с обеих сторон:

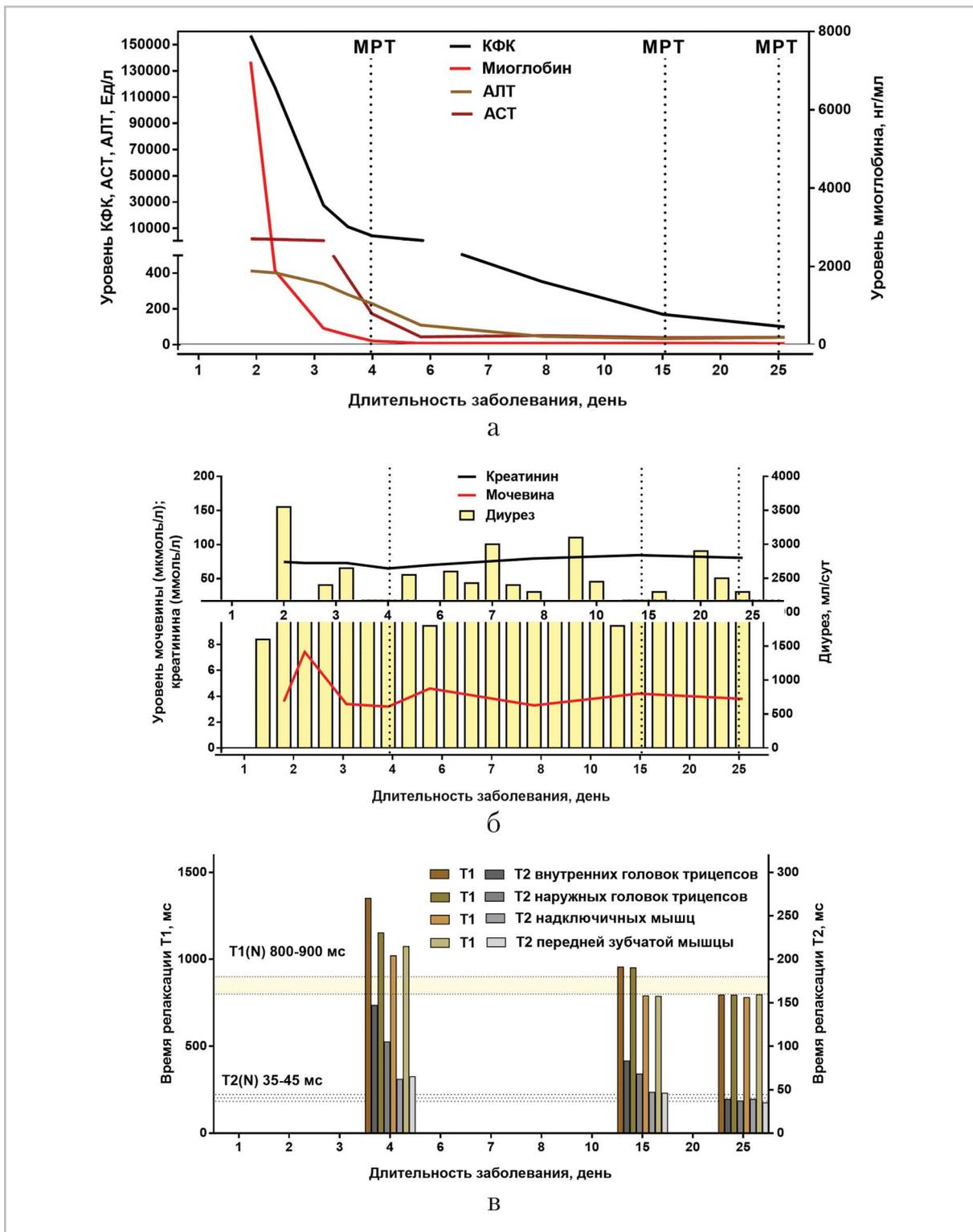


Рис. 1. Динамика данных лабораторно-инструментальных методов исследования пациента М., 19 лет, в течение заболевания: а – изменение КФК, АЛТ, АСТ, миоглобина; б – изменение показателей функции почек: креатинина, мочевины, суточного диуреза; в – изменение времени релаксации

отмечалось выраженное повышение эхогенности наружной и внутренней головок трехглавых мышц плеч, незначительное повышение эхогенности передних отделов дельтовидных мышц с обеих сторон. Однородность мышечной структуры сохранена, объемных образований не выявлено. Определялось незначительное снижение показателей

эластографии сдвиговой волны (0,8–0,9 м/с, 2,2–2,4 кПа) по сравнению с неизменной мышечной тканью (1,2–1,4 м/с, 3,5–4 кПа) (рис. 2).

На серии МР-томограмм (T1-ВИ, T2-ВИ, STIR, T2\*-ВИ) в аксиальной плоскости отмечается гиперинтенсивный МР-сигнал на T2-ВИ, T2\*-ВИ, STIR от волокон надостных мышц, верхних

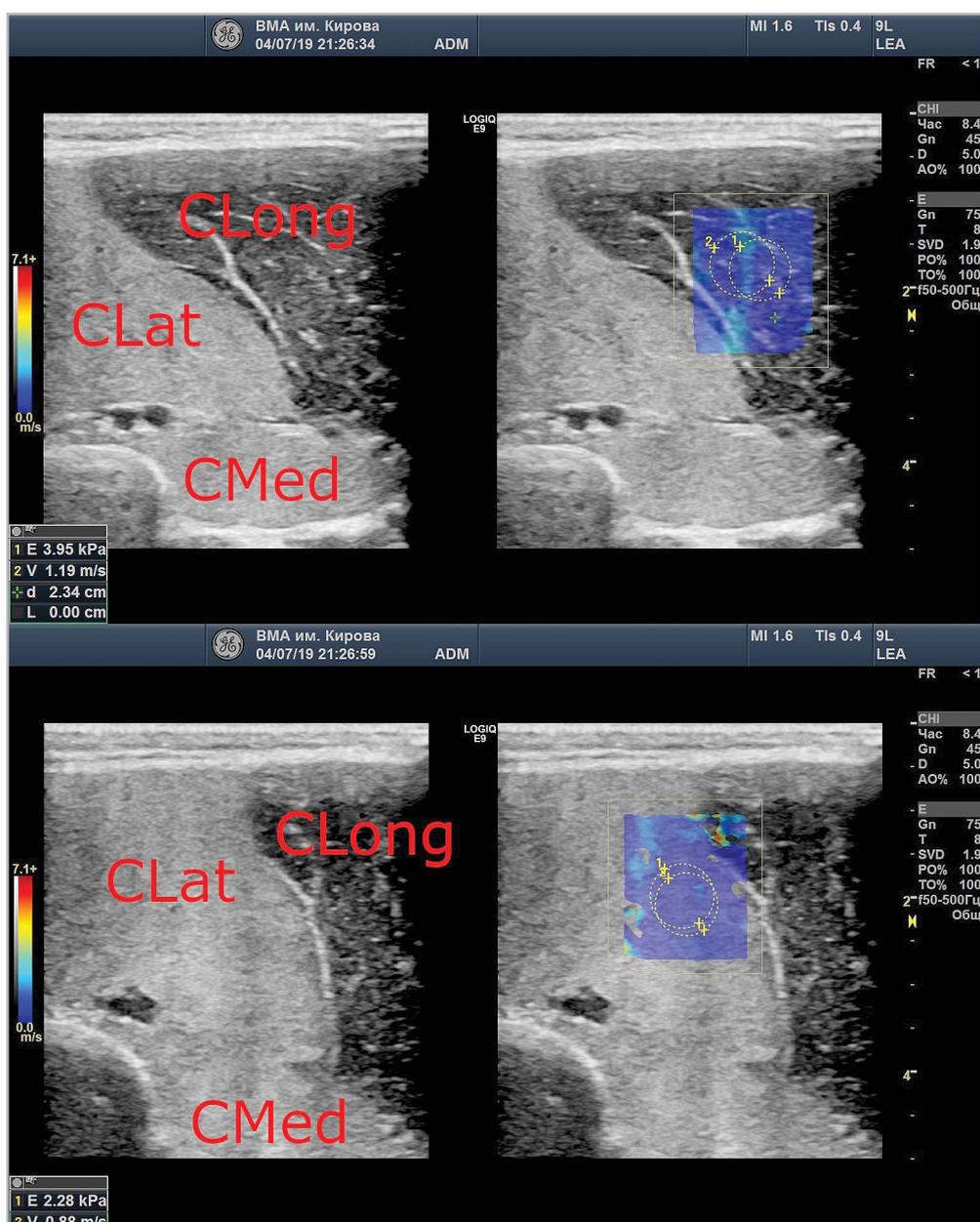


Рис. 2. Эхограммы musculus triceps brahii правого плеча с применением эластографии сдвиговой волны (CLong – capitum longus, CLat – capitum lateralis, CMed – capitum medialis)

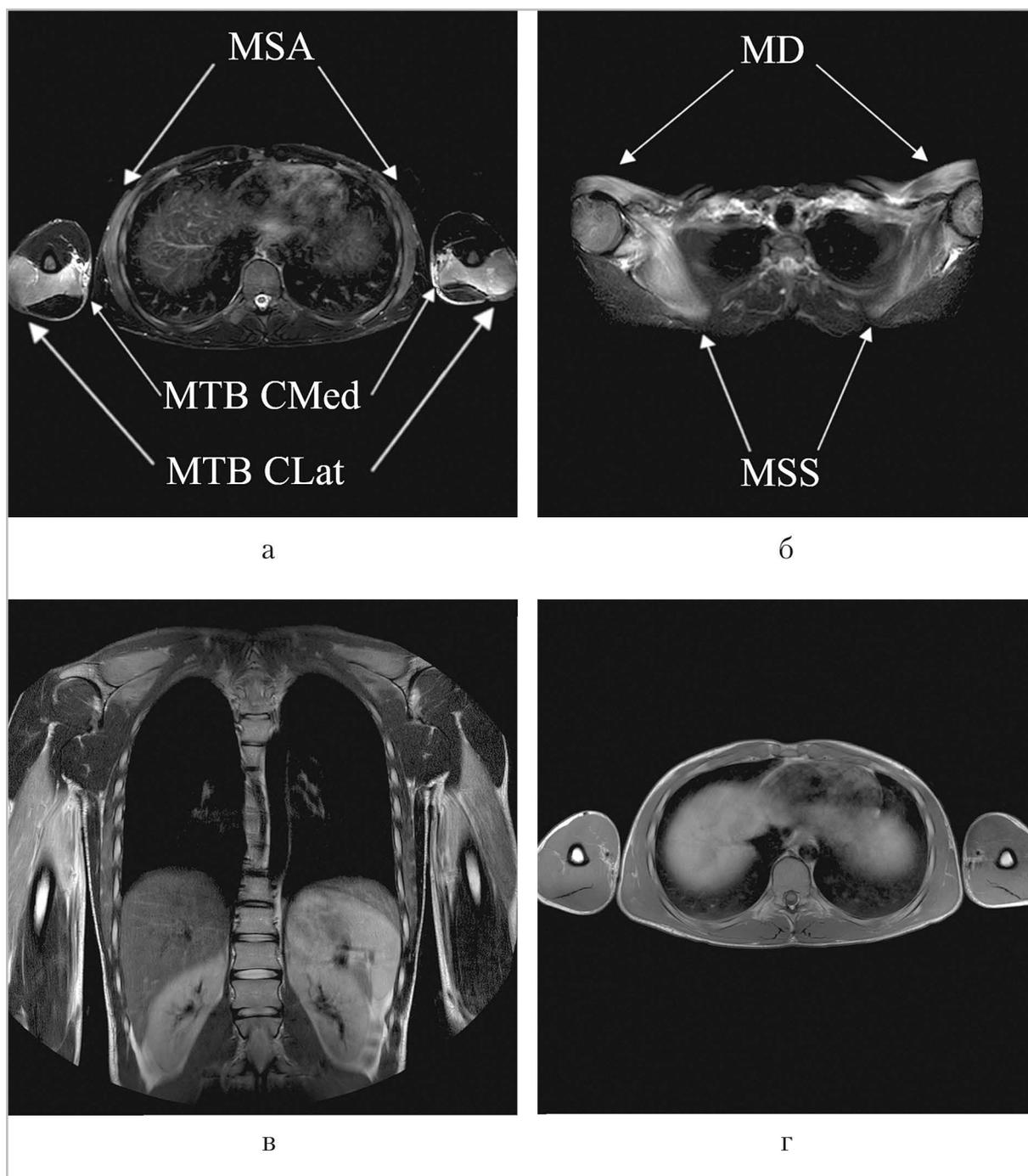


Рис. 3. МР-томограммы области плечевого пояса и плеч на 3-й день заболевания: *а* – STIR, аксиальная плоскость на уровне средней трети плеча; *б* – STIR, аксиальная плоскость на уровне надключичной области; *в* – T2-ВИ, фронтальная плоскость; *г* – T1-ВИ, аксиальная плоскость на уровне средней трети плеча. MTB – musculus triceps brachii; CLat – capitulum lateralis; CMed – capitulum medialis; MSA – musculus serratus anterior; MD – musculus deltoideus; MSS – musculus supraspinatus

отделов подостных мышц, ключичной части дельтовидных мышц, передних зубчатых мышц, медиальной и латеральной головок трехглавых мышц, локтевых мышц, вероятно, за счет отечных изменений (наиболее выражено у латеральной и медиальной головок трехглавых мышц). Изменения симметричны с обеих сторон. Объем мышц незначительно увеличен. Полостей деструкции не выявлено. Подкожная жировая клетчатка выражена равномерно, отмечается гиперинтенсивный МР-сигнал на STIR в области нижних третей обоих плеч по медиальным поверхностям. Выявленные изменения соответствуют острому рабдомиолизу 1-го типа, подкожному фасцииту в области нижних третей плеч по медиальным поверхностям с обеих сторон (рис. 3, *а – г*).

Для проведения количественного анализа были использованы последовательности MSME (MultiSlice —

MultiEcho) и IR (Inversion — Recovery с переменным значением TI) с последующим построением параметрических карт T1-релаксации и T2-релаксации. Отмечалось выраженное увеличение времени T2-релаксации до 145–150 мс (норма 35–45 мс) и умеренное увеличение времени T1-релаксации до 1320–1350 мс (норма 800–900 мс) мышечной ткани латеральных и медиальных головок трехглавых мышц с обеих сторон, а также умеренное увеличение T1-релаксации и T2-релаксации (1020–1070 и 62–65 мс соответственно) мышечной ткани дельтовидных, надостных, подостных и передних зубчатых мышц (рис. 4, *а, б*).

По результатам клинического, лабораторного и инструментального обследований пациенту был выставлен диагноз: острый постнагрузочный рабдомиолиз трехглавых, дельтовидных, надостных, подостных, передних зубчатых, локтевых мышц с обеих сторон.

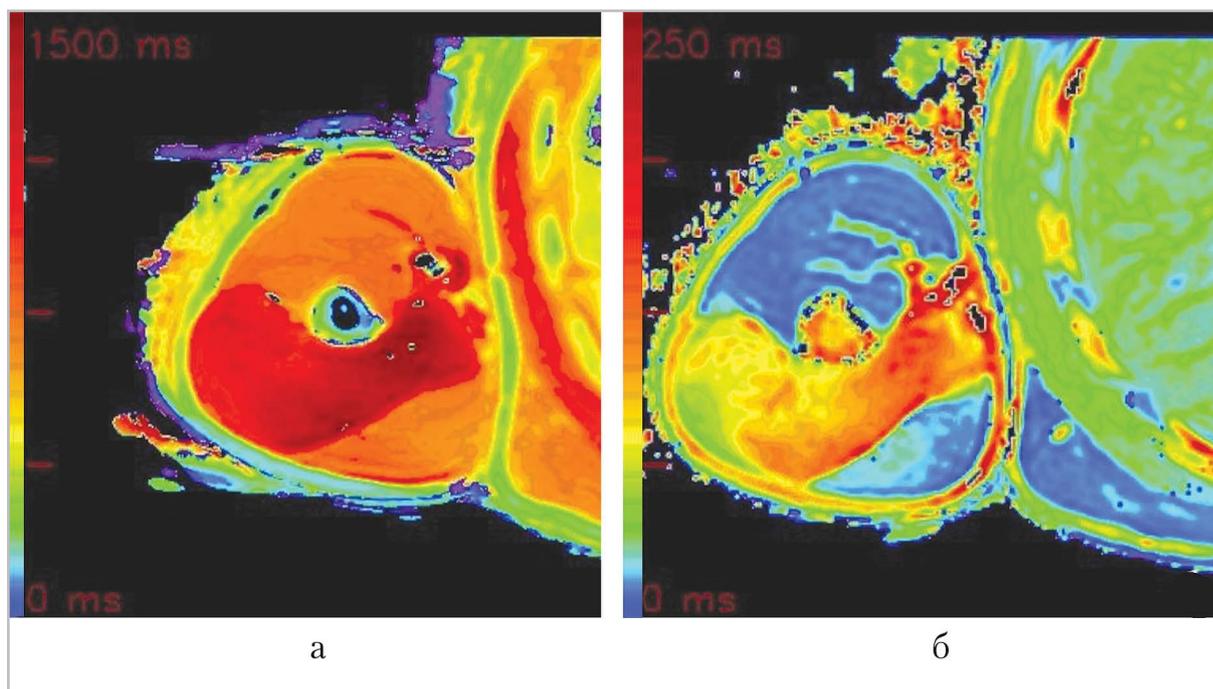


Рис. 4. Параметрические карты релаксации, цветовая шкала Rainbow, аксиальная плоскость на уровне средней трети правого плеча: *а* — T1-релаксация; *б* — T2-релаксация

Проводилась комплексная интенсивная терапия (инфузионная, регидратационная, диуретическая, антикоагулянтная, гепатопротективная, гастропротективная). Объем диуреза нормализовался на 3-и сутки госпитализации (3550 мл). Отечность мягких тканей верхних конечностей регрессировала на 5–6-е сутки, купирование миалгии достигнуто на 18 сутки, а нормализация показателей биохимических анализов крови к 20-м суткам.

При контрольном МР-исследовании отмечалась выраженная положительная динамика в виде нормализации интенсивности сигнала от пораженных мышц, сопровождающееся уменьшением объема мышечной ткани плеч с обеих сторон. Сохранялся гиперинтенсивный МР-сигнал на T2-ВИ, STIR от волокон медиальной и латеральной головок трехглавых мышц, вероятно, за счет отечных изменений (по сравнению с предыдущим исследованием, интенсивность сигнала значительно снизилась). Также отмечено изменение количественных характеристик: снижение времени T1-релаксации до нормативных значений от всех мышц, кроме медиальной и латеральной головок трехглавых мышц (незначительное повышение до 951–955 мс); сохранялось увеличение времени T2-релаксации мышечной ткани надостных мышц (52–54 мс), передних зубчатых мышц (55–58 мс), медиальной и латеральной головок трехглавых мышц (68–83 мс) (рис. 5, а – г).

На 25-е сутки после начала заболевания на фоне отсутствия клинических проявлений и нормализации лабораторных показателей отмечался незначительный гиперинтенсивный сигнал на STIR от медиальной и лате-

ральной головок трехглавых мышц при нормализации количественных МР-характеристик. Пациент был выписан с полным восстановлением функций пораженных мышц.

### Результаты и их обсуждение

Представленный клинический случай постнагрузочного рабдомиолиза характеризуется редкой локализацией поражений в трехглавых мышцах плеч и верхнего плечевого пояса, которые развились после переноса тяжелых предметов в течение нескольких часов у юноши 19 лет на фоне полного здоровья и достаточной тренированности. Кроме того, при анализе медицинской документации не выявлено эпизодов повышения уровня сывороточной КФК.

Манифестация первичных проявлений в виде болезненности и отечности периартикулярных тканей верхних конечностей привела к постановке первично ложного диагноза — артрит. В то же время выраженные типичные лабораторные проявления в виде повышения КФК в 897 раз и миоглобинемии до 7231 нг/л позволили установить синдром рабдомиолиза. Для рабдомиолиза верхних конечностей такие высокие значения КФК не характерны, поскольку уровень повышения КФК напрямую зависит от объема поврежденной мышечной ткани. Исключительно высокий уровень сывороточной КФК обычно наблюдается при множественном поражении отдельных мышц или крупных мышечных массивов в сочетании с другими этиологическими факторами. В представленном нами клиническом случае, несмотря на значительное повышение лабораторных маркеров рабдомиолиза, синдром ОПП не развился, а огра-

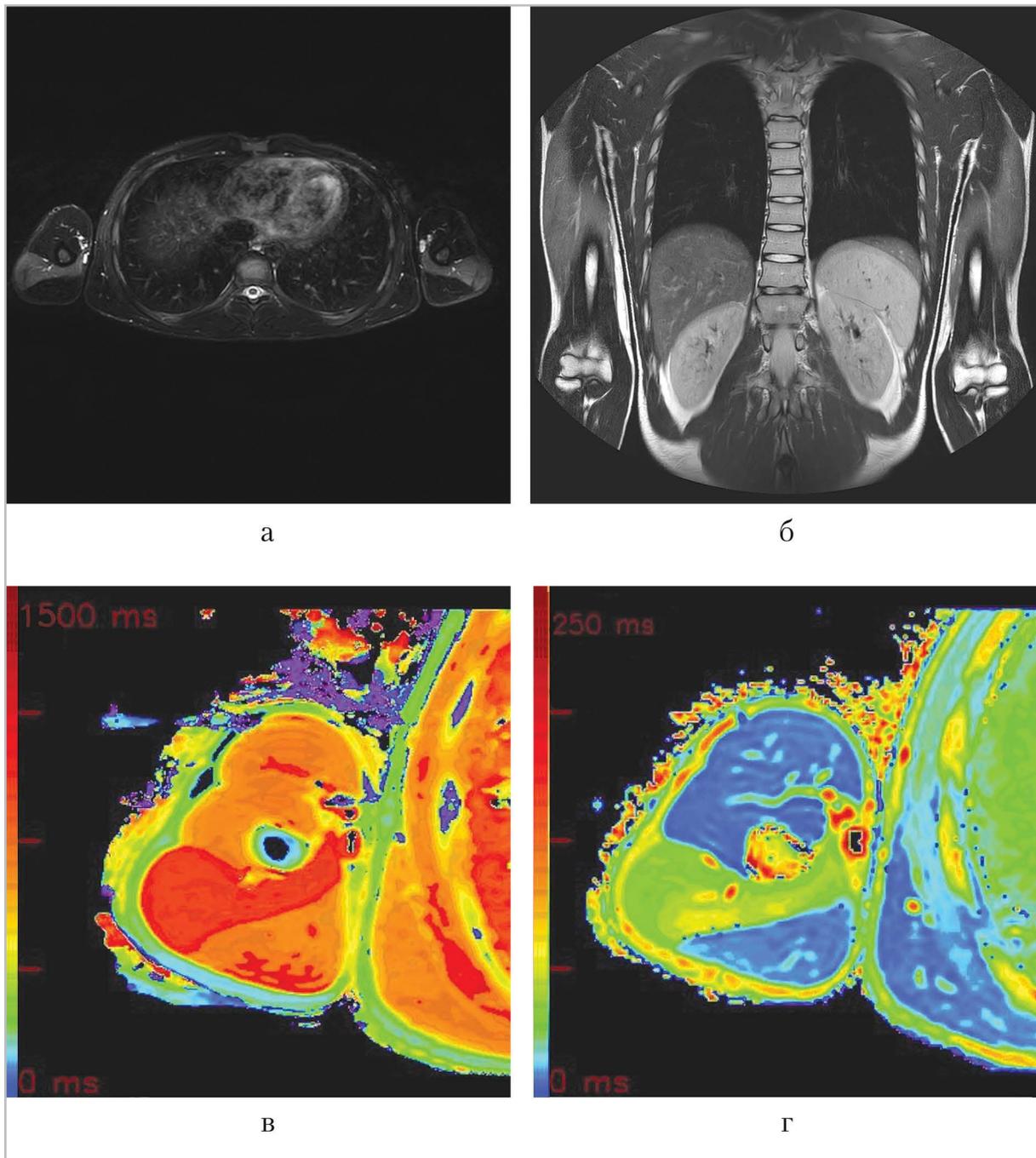


Рис. 5. МР-томограммы области плечевого пояса и плеч на 15-й день заболевания: *а* — STIR, аксиальная плоскость на уровне средней трети плеча; *б* — T2-ВИ, фронтальная плоскость. Параметрические карты релаксации, цветовая шкала Rainbow, аксиальная плоскость на уровне средней трети правого плеча: *в* — T1-релаксация; *г* — T2-релаксация

ничился лишь кратковременной пигментной нефропатией (двухдневная олигурия и бурый цвет мочи), что объ-

ясняется своевременной диагностикой и лечением. Также в ряде исследований показано отсутствие прямой связи

между вероятностью повреждения почек и повышенным уровнем КФК после физических нагрузок [2].

При проведении МРТ выявлены признаки рабдомиолиза 1 типа (т.е. без очагов некроза) в виде равномерного и симметричного гиперинтенсивного сигнала на T2-ВИ и STIR с обеих сторон с ранее не описанным паттерном распределения: наиболее пораженными являлись наружная и внутренняя головки трехглавых мышц, в меньшей степени — дельтовидная, передняя зубчатая, надключичная и подключичные мышцы. Выявленный паттерн повреждений обусловлен особенностями перенесенной физической нагрузки (подъем и перенос тяжести) и биомеханикой функционирования трехглавой мышцы плеча: длинная головка в большей степени обеспечивает разгибание и приведение плеча, медиальная и латеральная головки — сгибание предплечья. В ранее представленных случаях постнагрузочного рабдомиолиза в трехглавых мышцах спортсменов после многократных упражнений на разгибание предплечья в положении с поднятыми вверх конечностями наблюдалось поражение либо длинных головок, либо всего массива трехглавых мышц плеча [1, 7]. Также были описаны случаи рабдомиолиза мышц предплечий после физической нагрузки у спортсменов, осложненные компартмент-синдромом после выполнения отжиманий [5], и после становой тяги [6].

Таким образом, своевременное проведение МРТ позволило точно установить тип и паттерн рабдомиолиза, исключить наличие компрессионных и ишемических осложнений, а также избежать необходимости проведения оценки внутрифасциального давления.

Для точной оценки динамики патологических изменений использовались методы количественной магнитно-резонансной томографии — измерение времени релаксации. Отмечалось значительное увеличение времени T2-релаксации и умеренное увеличение времени T1-релаксации в пораженных мышцах по сравнению с неизменной мышечной тканью. Изменение времени релаксации обусловлено увеличением содержания внутриклеточной и внеклеточной воды, уменьшением тканевой перфузии и увеличением температуры тканей за счет асептического воспалительного процесса. Отмечается прямая корреляционная связь высокой силы ( $RS = 0,93, p < 0,05$ ) между динамикой основных лабораторных показателей и временем продольной и поперечной релаксации мышечной ткани, что дает возможность использовать последние для МР-оценки динамики патологического процесса. При этом, степень повышения времени T2-релаксации гораздо выше, чем при большинстве других патологических состояний, наблюдаемых в мышечной ткани, что позволяет использовать данный критерий для более точной диагностики рабдомиолиза [3].

УЗИ обладает меньшей чувствительностью в диагностике рабдомиолиза, чем МРТ, но имеет ряд преимуществ, таких как доступность метода и скорость проведения обследования. УЗИ скелетных мышц при подозрении на рабдомиолиз может быть рекомендовано при тяжелом состоянии пациента и недоступности МРТ [4]. Кроме того, использование количественных УЗ-параметров (жесткость, измеряемая при эластографии сдвиговой волны) требует дальнейшего изучения в диагностике рабдомиолиза.

**Выводы**

1. Рабдомиолиз мышц верхних конечностей, вызванный переносом тяжелых предметов, может сопровождаться избирательным поражением наружных и внутренних головок трехглавых мышц, отдельных пучков передних зубчатых, надключичных, подключичных и дельтовидных мышц.
2. МРТ является высокоинформативным и чувствительным методом диагностики рабдомиолиза, особенно в случаях атипичного распределения повреждений, вовлечения небольших мышечных групп и высокой вероятностью компримирующего воздействия на сосудисто-нервные пучки. Результаты качественной и количественной МРТ влияют на тактику лечения и позволяют отслеживать динамику патологических изменений.
3. Ультразвуковой метод диагностики также применим для диагностики рабдомиолиза при отсутствии возможности проведения МРТ.

**Список литературы / References**

1. *Armfield N.* Exertion-induced rhabdomyolysis of the long head of the triceps // *Sonography*. 2015. № 4 (2). С. 92–95.
2. *Luckoor P., Salehi M., Kunadu A.* Exceptionally high creatine kinase (ck) levels in multicausal and complicated rhabdomyolysis: a case report // *Am. J. of Case Reports*. 2017. (18). С. 746–749.
3. *Mankodi A., Azzabou N., Bulea T., Reyngoudt H., Shimellis H., Ren Y., Kim E., Fischbeck K.H., Carlier P.* Skeletal muscle water T2 as a biomarker of disease status and exercise effects in patients with Duchenne muscular dystrophy // *Neuromuscular Disorders: NMD*. 2017. № 8 (27). С. 705–714.
4. *Nassar A., Talbot R., Grant A., Derr C.* Rapid diagnosis of rhabdomyolysis with point-of-care ultrasound // *Western J. of emerg. med.* 2016. № 6 (17). С. 801–804.
5. *Traub B. C., Lane M. K., Traub J. A.* Exercise-induced acute bilateral upper arm compartment syndrome // *Case Reports in Emerg. Med.* 2017. (2017). С. 1–3.
6. *Vucicevic Z.* Rhabdomyolysis and acute renal failure after gardening // *Case Reports in emerg. med.* 2015. С. 1–3.
7. *Yang Y., Carter A., Cook R. E., Paul E., Schwartz K. R.* Case of Exertional Rhabdomyolysis: a cheer for standardizing inpatient management and prevention // *Hospital Pediatr.* 2016. № 12 (6). С. 753–756.

**Сведения об авторах**

**Емельянец Александр Александрович**, врач-рентгенолог, адъюнкт кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.

Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: yemelyantsev@gmail.com  
ORCID.org/0000-0001-5723-7058

**Emel'yantsev Aleksandr Aleksandrovich**, Radiologist, Adjunct of the Department of Roentgenology and Radiology with a Course of Ultrasound Diagnostics of the S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.

Address: 6, ul. Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: yemelyantsev@gmail.com  
ORCID.org/0000-0001-5723-7058

**Железняк Игорь Сергеевич**, доктор медицинских наук, доцент, врач-рентгенолог, начальник кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.

Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.

Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: igzh@bk.ru  
ORCID.org/0000-0001-7383-512X

**Zheleznyak Igor' Sergeevich**, M. D. Med., Associate Professor, Roentgenologist, Head of Department of Roentgenology and Radiology with a course of ultrasound diagnostics of S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.  
Address: 6, ul. Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: igzh@bk.ru  
ORCID.org/0000-0001-7383-512X

**Бардаков Сергей Николаевич**, кандидат медицинских наук, врач-невролог, преподаватель кафедры нефрологии и эфферентной терапии Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 542-43-14. Электронная почта: epistaxis@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-3804-6245

**Bardakov Sergej Nikolaevich**, Ph. D. Med., Neurologist, Teacher in Department of Nephrology and Efferent Therapy at S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.  
Address: 6, ul. Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 542-43-14. E-mail: epistaxis@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-3804-6245

**Царгуш Вадим Андреевич**, врач-рентгенолог, адъюнкт кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 292-33-47. Электронная почта: tsargushvmf@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-5459-986X

**Tsargush Vadim Andreevich**, radiologist, adjunct of the Department of Roentgenology and Radiology with a course of ultrasound diagnostics of S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.  
Address: 6, ul. Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 292-33-47. E-mail: tsargushvmf@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-5459-986X

**Бельских Андрей Николаевич**, член-корреспондент Российской академии наук, профессор, заведующий кафедрой нефрологии и эфферентной терапии Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 542-43-14. Электронная почта: belskich@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-0421-3797

**Bel'skikh Andrej Nikolaevich**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Nephrology and Efferent Therapy of S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.  
Address: 6, ul. Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 542-43-14. E-mail: belskich@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-0421-3797

**Захаров Михаил Владимирович**, кандидат медицинских наук, заместитель начальника кафедры нефрологии и эфферентной терапии Военно-медицинской академии, Санкт-Петербург.  
Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
Тел.: +7 (812) 542-43-14. Электронная почта: zamivlad@ya.ru  
ORCID.org/0000-0001-6549-3991

**Zakharov Mihail Vladimirovich**, Ph. D. Med., Deputy Head of the Department of Nephrology of and efferent therapy at S. M. Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg.  
Address: 6, ul. Academica Lebedeva, St. Petersburg, 194044, Russia.  
Phone number: +7 (812) 542-43-14. E-mail: zamivlad@ya.ru

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Редкий случай внутрикостной миофибромы нижней челюсти у трехлетнего пациента: клиническое наблюдение

С. В. Яковлев\*,<sup>1</sup>, О. З. Топольницкий<sup>1</sup>, Д. А. Лежнев<sup>2</sup>, А. В. Makeev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра детской челюстно-лицевой хирургии

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики

## A Rare Case of Intraosseous Myofibroma of the Mandible in a Three Year Old Patient: Clinical Observation

S. V. Yakovlev\*,<sup>1</sup>, O. Z. Topolnitsky<sup>1</sup>, D. A. Lezhnev<sup>2</sup>, A. V. Makeev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Pediatric Oral and Maxillofacial Surgery

<sup>2</sup> Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology

### Реферат

Представляем уникальный случай миофибромы на нижней челюсти у трехлетнего пациента, которая клинически имитировала амелобластому и не имела никаких классических признаков поражения. Диагноз установлен только после проведения биопсии и патогистологического исследования, а 6-месячное динамическое наблюдение не выявило рецидива.

Миофиброма (миофиброматоз) — редкое доброкачественное новообразование веретенообразных клеток, которое преимущественно встречается у младенцев и детей младшего возраста. В классическом варианте эти поражения описаны у детей младше 2 лет, присутствуют примерно у 2/3 при рождении и редко встречаются у взрослых. Большинство поражений локализуется в губе, слизистой оболочке щеки и языка; однако поражения, возникающие в челюстях, очень редки. Они представляют собой доброкачественную пролиферацию фибробластов и миофибробластов, содержащую двухфазное скопление веретенообразных клеток, окружающих центральную зону менее дифференциро-

\* **Яковлев Сергей Васильевич**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры детской челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России. Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а. Тел.: +7 (962) 911-11-15. Электронная почта: serg.yak@mail.ru ORCID.org/0000-0002-2501-8552

**Yakovlev Sergey Vasilyevich**, Ph. D. Med., Department of Children Maxillo-Facial Surgery, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia. Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia. Phone number: +7 (962) 911-11-15. E-mail: serg.yak@mail.ru ORCID.org/0000-0002-2501-8552

ванных клеток, фокально расположенных по типу гемангиоперицитомы. Существуют противоречия в отношении аутосомно-доминантного, рецессивного наследования или спорадического возникновения. Редкость этого заболевания затрудняет диагностику для врачей-клиницистов, лучевых диагностов и патогистологов. Миофиброма имеет агрессивную клиническую картину и часто подвергается радикальному лечению из-за неправильного диагноза.

**Ключевые слова:** нижняя челюсть, миофиброма, новообразование веретенообразных клеток, компьютерная томография.

### Abstract

Presented here is a unique case of myofibroma involving the mandible in a 3-year-old patient. Clinically it mimicked more like an ameloblastoma and didn't exhibit any of its classical signs of a myofibroma. The diagnosis could be established only after complete excision of the lesion and histopathological examination. There was no recurrence after a follow-up period of 6 months. Myofibroma and myofibromatosis is a well-recognized spindle cell neoplasm that occurs predominantly in infants and young children. Classically these lesions are described in children younger than two years old, with 2/3 present at birth and rarely in adults. In the oral region, most lesions occur in the lip, buccal mucosa, and tongue; however, the lesions arising in the maxilla and mandible are very rare. These lesions are a benign fibroblast and myofibroblast proliferation containing a biphasic presentation of spindle-shaped cells surrounding a central zone of less differentiated cells focally arranged in a hemangiopericytoma like pattern. Controversy exists as to an autosomal dominant or recessive inheritance or to a sporadic occurrence. The rarity of this disease makes it difficult to diagnose for clinicians, radiation diagnosticians and histopathologists. Myofibroma has an aggressive clinical presentation and is often treated aggressively because of an inappropriate diagnosis.

**Key words:** Mandible, Myofibroma, Spindle Cell Neoplasm, Computed Tomography.

### Актуальность

Миофиброма — редкое доброкачественное поражение сократительных веретенообразных клеток, поражающее как мягкие ткани, так и кости у детей. Имеет 2 различные клинические формы: одиночную и генерализованную [1–3]. Впервые описано в 1951 г. J. O. Williams and D. Schrum [4], которые назвали поражение врожденной фибросаркомой, впоследствии Staut после исследования фиброза у детей изменил термин на врожденный генерализованный фиброматоз. В 1989 г. K. J. Smith et al. и Y. Daimaru et al. преобразовали в единый вариант у взрослых, используя термины: миофиброма и миофиброматоз. Последние термины были приняты ВОЗ для описания одиночного (миофибромы) или генерализованного (миофиброматоза) доброкачественного генеза.

Точная этиология заболевания неизвестна, в большинстве публикаций сообщается о единичных случаях, однако в некоторых исследованиях сообщается о возможности наследования как аутосомно-доминантного или рецессивного признака.

Эти поражения могут встречаться в широком возрастном диапазоне, по мнению некоторых авторов, в 90 % случаев они проявляются в возрасте до 2 лет. Одиночная форма (миофиброма) чаще всего встречается в дерме и подкожной клетке, в большинстве случаев поражая голову и шею. В челюстно-лицевой области встречается редко (на нее приходится не более 2 % всех случаев) и обычно поражает мягкие ткани полости рта. Внутрикостная миофиброма челюстей является спорадической и чаще встреча-

ется на нижней челюсти [5]. Из-за своей редкости, в сочетании с неспецифическими клиническими, рентгенологическими и гистологическими признаками, рискует быть ошибочно диагностирована как злокачественное и/или агрессивное новообразование из веретенообразных клеток [6].

**Цель:** демонстрация особенностей диагностики и лечения внутрикостной миофибромы нижней челюсти.

### Клиническое наблюдение

Пациентка П., 3 года, поступила в отделение детской челюстно-лицевой хирургии «Клинического центра челюстно-лицевой, пластической хирургии и стоматологии» Клиники ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова Минздрава России с жалобой на асимметрию лица, на наличие безболезненной припухлости на нижней челюсти справа.

Со слов мамы, около полугода назад ребенок получил травму щечной области справа (удар), в результате чего образовалась гематома. Два месяца назад родители обратили внимание

на припухлость угла нижней челюсти справа.

При осмотре конфигурация лица изменена за счет припухлости в области нижней челюсти справа. Кожа над образованием в цвете не изменена, собирается в складку. Региональные лимфатические узлы не увеличены. Открывание рта свободное, в полном объеме, безболезненное. Боковые движения нижней челюсти в полном объеме, безболезненные. Пальпация головок височно-нижнечелюстного сустава безболезненна. Видимая слизистая полости рта физиологической окраски, умеренно увлажнена. При пальпации в области нижней челюсти справа, от зуба 8.3 до верхней трети ветви нижней челюсти, определяется незначительное выбухание кортикальной пластинки, безболезненное. Зубы интактны, не смещены, без патологической подвижности (рис. 1, а, б).

С целью уточнения характера, объема и степени распространенности патологических изменений дополнительно было выполнено МСКТ-исследование

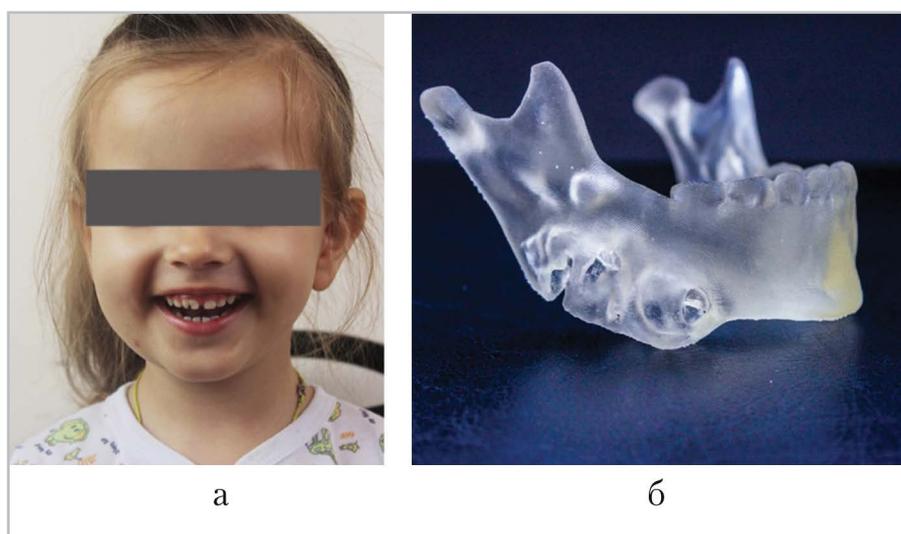


Рис. 1. Фото: а — внешний вид ребенка; б — стереолитографическая 3D-модель нижней челюсти. Новообразование тела и ветви нижней челюсти справа

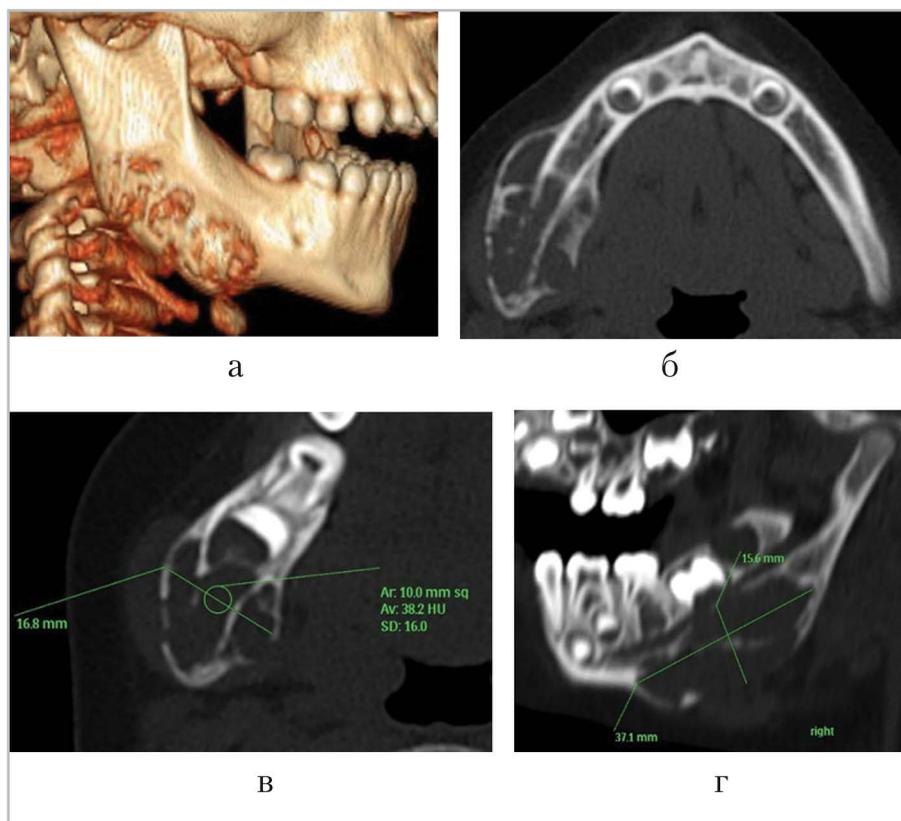


Рис. 2. МСК-томограммы: *а* — 3D-реконструкция; *б, в* — изображения в аксиальной плоскости; *г* — реконструкция в косоагиттальной плоскости. Новообразование тела и ветви нижней челюсти справа

(рис. 2, *а — г*). В дистальном отделе тела с переходом на нижние отделы ветви нижней челюсти справа, от уровня зуба 8.5, визуализируется многокамерное кистовидное образование с четким, достаточно ровным, местами склерозированным контуром размером  $37,1 \times 16,8 \times 15,6$  мм, заполненное однородным содержимым плотностью около 38 НУ.

Объем кости на данном уровне увеличен за счет вздутия, целостность кортикальных пластинок челюсти нарушена по всем поверхностям. По верхнему краю новообразования визуализируется канал нижнечелюстного нерва, который умеренно смещен кверху, целостность нижней стенки нарушена на протяжении 10,6 мм, просвет существенно не сужен. Фор-

ма, положение и размеры зачатков зубов 4.6, 4.7 заметно не нарушены.

На основании клинического и рентгенологического исследования был установлен предварительный диагноз: «амелобластома нижней челюсти справа». Фиброма и кератокиста рассматривались в качестве дифференциального диагноза. Учитывая характер поражения, большой объем предстоящего хирургического лечения и маленький возраст ребенка, была запланирована инцизионная биопсия.

Интраоперационно визуализированы инкапсулированные опухолевые массы, кортикальная пластинка нижней челюсти была частично разрушена. Материал отправлен на гистологическое

исследование в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Дмитрия Рогачева» (НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева) Минздрава России, где было сделано заключение: «миофиброма нижней челюсти» (рис. 3).

На основании клинической и рентгенологической картины, заключения гистологического исследования и изучения литературы было принято решение о проведении операции — удаления образования в виде экскохлеации. Образование было удалено в полном объеме, с сохранением непрерывности нижней челюсти и зачатков постоянных зубов.

Материал также отправлен на гистологическое исследование в НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева Минздрава России, где сделано повторное заключение: «миофиброма нижней челюсти».

Пациентка выписана на 10-е сутки после операции в удовлетворительном состоянии.

Через 6 мес ребенок осмотрен по алгоритму диспансерного учета. Жалоб нет. При осмотре конфигурация лица не изменена, нарушений окраски кожи не выявлено, региональные лимфоузлы не увеличены. Рот открывается безболезненно в полном объеме, видимая слизистая оболочка полости рта физиологической окраски, умеренно увлажнена,

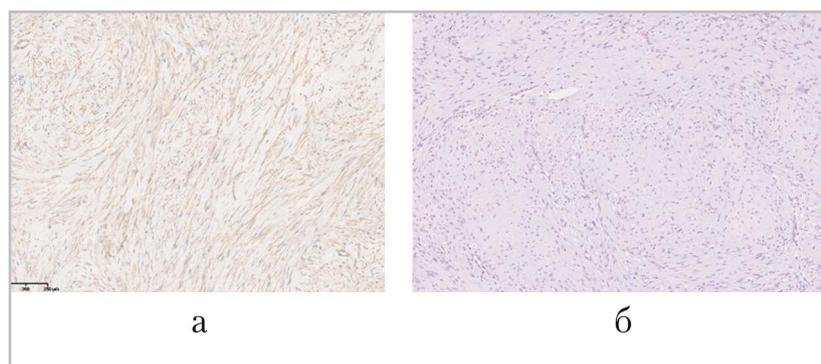


Рис. 3. Фото гистологического материала. Проплиферация фибробластов и миофибробластов, содержащая двухфазное скопление веретенообразных клеток, окружающих центральную зону менее дифференцированных клеток

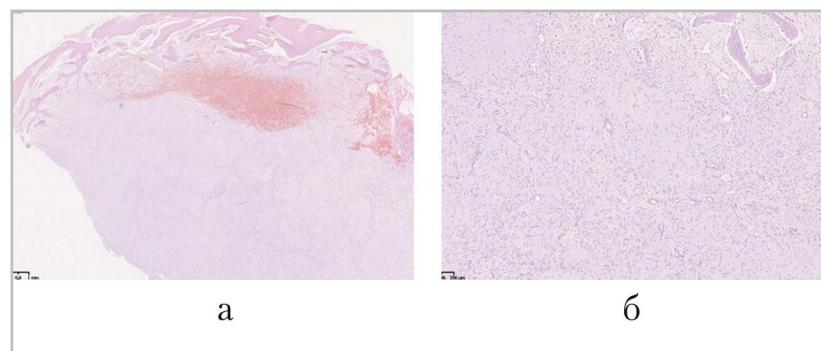


Рис. 4. Фото гистологического материала. Узловые пучки веретенообразных клеток, окружающие клеточные зоны недифференцированных клеток с небольшими круглыми базофильными ядрами

зубы неподвижны. Проведено контрольное МСКТ-исследование (рис. 5, а — з).

По нижнему контуру дистального отдела нижней челюсти справа с переходом на нижние отделы ветви челюсти (примерно от уровня зуба 8.5 до нижней трети ветви) определяется краевой костный дефект с четкими бугристыми контурами за счет нескольких (3–4) краевых костных разрастаний. Кортикальная пластинка челюсти продолжается на зону дефекта и краевые разрастания, максимальный размер которых не превышает 12,3 мм, периостальная реакция отсутствует, подлежащая костная ткань имеет

нормальную структуру, дополнительные включения и образования отсутствуют, положение временных зубов и зачатков постоянных зубов не изменено.

По результатам комплексного обследования на данный момент можно говорить о полном выздоровлении ребенка и восстановлении нижней челюсти, что свидетельствует о правильно выбранной тактике хирургического лечения.

### Результаты и их обсуждение

Миофиброма (миофиброматоз) представляет собой редкие новообразования

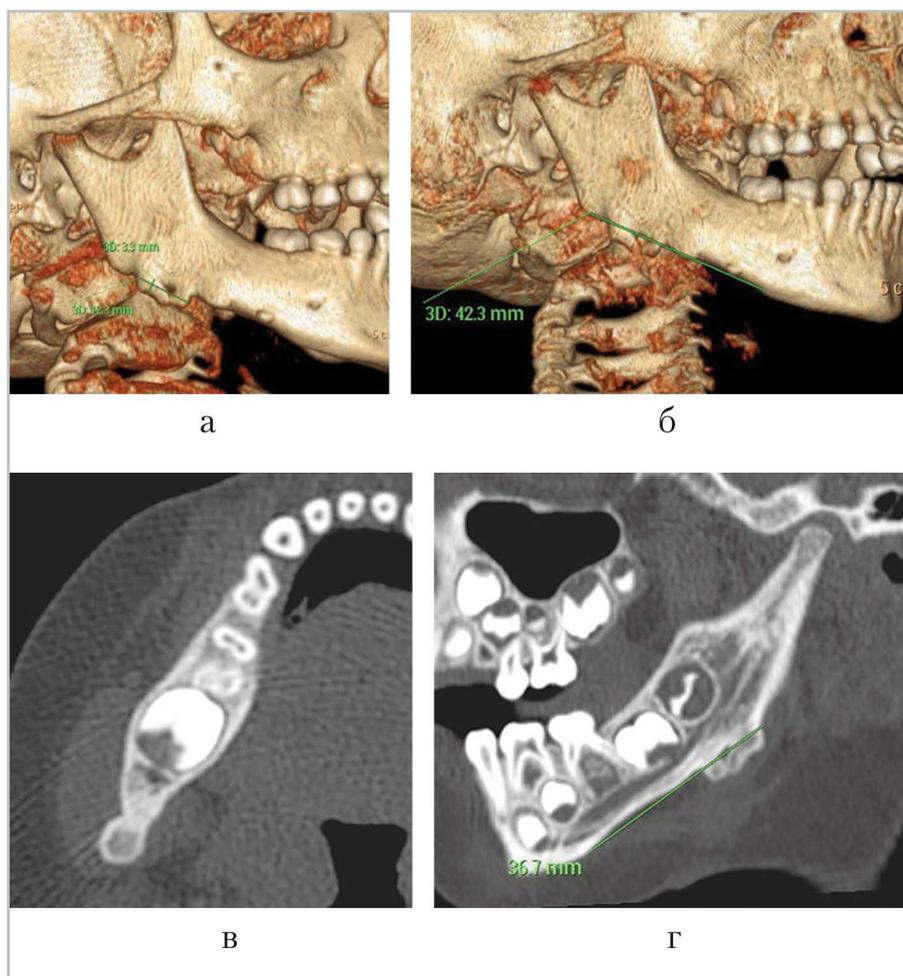


Рис. 5. МСКТ-томограммы: а, б — 3D-реконструкции; в — изображения в аксиальной плоскости; г — реконструкция в кососагиттальной плоскости. Последствия удаления новообразования тела и ветви нижней челюсти справа

веретенообразных клеток, состоящие из миофибробластов, т. е. клеток с характеристиками, промежуточными между гладкими мышцами, фибробластами и недифференцированными клетками. Эти поражения обычно появляются у детей и младенцев. Тем не менее как одиночные, так и генерализованные поражения могут встречаться в любом возрасте, у взрослых одиночное поражение является более распространенной формой.

Был выдвинут ряд гипотез для объяснения этиологии и патогенеза миофибромы. Считается, что миофибробласты способствуют заживлению ран. Поэтому предполагается, что травма приводит к пролиферации миофибробластов в пораженной области. Внутриутробное воздействие эстрогена также может привести к развитию таких поражений у детей. Другие авторы предполагают, что генетические aberrации с аутосомным или рецессивным типом наследования могут способствовать возникновению этой опухоли [3].

Миофиброма чаще всего наблюдается в первое десятилетие жизни, при этом полового различия не наблюдается [2]. У детей обычно представлена как внутрикостная опухоль, затрагивающая лицевой скелет с преобладающим поражением нижней челюсти, что подтверждается представленным клиническим наблюдением. Дистальные отделы нижней челюсти поражаются чаще, чем фронтальный отдел [2]. Внутрикостная миофиброма обычно проявляется как бессимптомная припухлость, вызывающая асимметрию лица, в редких случаях вызывающая ограничение открывания рта и парестезию чувствительных нервов [2, 3].

Длительность заболевания трудно оценить, срок обнаружения варьирует

от нескольких месяцев до нескольких лет, бессимптомное течение продлевает срок выявления поражения.

Рентгеносемиотическим признаком миофибромы является очаг разрежения, чаще однокамерный (70 %), с достаточно четко выраженными границами (67 %), сопровождающийся истончением и/или перфорацией кортикальных пластинок челюсти. Неспецифичность рентгеновской симптоматики, скудная клиническая картина и маленький возраст пациентки заставили сформулировать дифференциальный ряд, который включал амелобластому, центральную гигантоклеточную опухоль, кератокисту и одонтогенную фиброму. При множественном поражении дифференциальный ряд следует расширить, включив внутрикостную гемангиому и аневризмальную внутрикостную кисту. Более того, даже фибросаркома и саркома Юинга могут рассматриваться в дифференциальном диагнозе в младшей возрастной группе при агрессивном течении процесса.

Гистологически переплетение пучков веретенообразных клеток с заостренными и тупоконечными ядрами и эозинофильной цитоплазмой предполагает дифференцировку гладких мышц и фибробластов. Обычно наблюдается двухфазный или зональный рисунок, состоящий из узловых пучков веретенообразных клеток, окружающих клеточные зоны недифференцированных клеток с небольшими круглыми базофильными ядрами. Последние демонстрируют разбросанные нормальные митотические фигуры и организованы в центральные сосудистые гемангиоперицитомы. Иммуногистохимические исследования выявили положительность для актина гладких мышц,

мышечного специфического актина (ННФ-35), виментина и пак-актина, в то время как деснин, S-100, антиген эпителиальной мембраны и цитокинин отрицательны.

По данным литературы в хирургическом лечении миофибромы нижней челюсти чаще применялось удаление образования в виде выскабливания (75 %). Только в нескольких случаях (25 %) при обширном и деструктивном поражении челюсти было проведено оперативное лечение в виде сегментарной резекции нижней челюсти. Поскольку миофиброма нижней челюсти поражает в основном детей, это требует дополнительных реконструктивных операций в дальнейшем [3, 6] и тяжелее переносится пациентами на функциональном, эстетическом и психологическом уровнях. Учитывая, что ни одно из зарегистрированных поражений не рецидивировало, эксскохлеация является методом выбора при хирургическом лечении миофибром нижней челюсти у детей.

### Заключение

Миофиброма — опухоль, характерная для детского и подросткового возраста с преимущественной локализацией в нижней челюсти. Рентгенологически это обычно однокамерный очаг разрежения костной ткани, с четко очерченными границами и нарушением целостности кортикальной пластинки челюсти. Низкая скорость роста и тенденция к истончению кортикальных пластинок имитируют поведение одонтогенных опухолей и опухолеподобных поражений. Клини-

чески и микроскопически миофиброма может быть ошибочно принята за иную доброкачественную опухоль (амелобластома, ГКО, кератокиста), агрессивное пограничное повреждение (десмопластическая фиброма) или даже за злокачественную опухоль веретенообразных клеток (фибросаркому). Методом выбора в хирургическом лечении миофибромы является эксскохлеация опухоли.

### Список литературы / References

1. *Shemesh S., Kosashvili Y., Sidon E., Fichman S. et al.* Solitary intraosseous myofibroma of the tibia in an adult patient: A case report // *J. Bone Oncol.* 2014. № 3. P. 80–83.
2. *Zanella T. A.* Intraosseous myofibroma of the jaw. Systematic review // *Investiga o.* 2015. № 14. P. 182–188.
3. *González J. L., Reyes E. J. O., Cuevas G. J. C. et al.* Intraosseous myofibroma of the mandible: A case report // *Int. J. Odontostomat.* 2013. № 7. P. 339–342.
4. *Williams J. O., Schrum D.* Congenital fibrosarcoma: report of a case in a newborn infant // *AMA Arch. Pathol.* 1951. № 51. P. 548–552.
5. *Lee Y. M., Son S. M., Kim K. W., Lee O. J.* Solitary myofibroma of the adult mandible: A case report and review of literature // *Korean J. Pathol.* 2014. № 48. P. 307–310.
6. *Tanaka Y., Yamada H., Saito T. et al.* Solitary myofibroma of the mandible in an adult with magnetic resonance imaging and positron emission tomography findings: A case report // *World J. Surg. Oncol.* 2014. № 12. P. 69.

### Сведения об авторах

**Яковлев Сергей Васильевич**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры детской челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (962) 911-11-15. Электронная почта: serg.yak@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0002-2501-8552

**Yakovlev Sergey Vasilyevich**, Ph. D., Department of Children Maxillo-Facial Surgery, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (962) 911-11-15. E-mail: serg.yak@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0002-2501-8552

**Топольницкий Орест Зиновьевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой детской челюстно-лицевой хирургии, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
тел.: +7 (985) 763-87-05. Электронная почта: proftopol@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0002-3896-3756

**Topolnitsky Orest Zinovievich**, M.D. Med., Professor, Head of Department of Children Maxillo-Facial Surgery, Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (985) 763-87-05. E-mail: proftopol@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0002-3896-3756

**Лежнев Дмитрий Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: lezhnev@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0002-7163-2553

**Lezhnev Dmitriy Anatol'evich**, M. D. Med., Professor, Head of Department of Radiology, Dentistry named after A.I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: lezhnev@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0002-7163-2553

**Макеев Артем Витальевич**, ассистент кафедры детской челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (905) 557-95-11. Электронная почта: docartemmakeev@gmail.com  
ORCID.org/ 0000-0003-0987-2617

**Makeev Artyom Vitalievich**, Assistant, Department of Children Maxillo-Facial Surgery, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (905) 557-95-11. E-mail: docartemmakeev@gmail.com  
ORCID.org/ 0000-0003-0987-2617

**Финансирование исследования и конфликт интересов.**

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*



**Отчет о проведении  
Научно-образовательной конференции  
«Современные реалии лучевой диагностики  
социально значимых заболеваний»**

**г. Пенза, 18–19 октября 2019 г.**

**Report on the Scientific and Educational Conference  
«Modern Realities of Radiation Diagnosis of Socially  
Significant Diseases»**

**Penza, 18–19 October 2019**

Министерство здравоохранения  
Пензенской области, Фонд развития  
лучевой диагностики (Москва), ГБУЗ

«Клиническая больница № 6 им. Г. А.  
Захарьина» (Пенза), Центральный на-  
учно-исследовательский институт лу-

чевой диагностики (Москва), Центр медтехники и ортопедии, 18–19 октября 2019 г. провели в г. Пензе научно-образовательную конференцию «Современные реалии лучевой диагностики социально значимых заболеваний».

Генеральным спонсором мероприятия выступила компания АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ Лтд», а информационное сопровождение оказывали журнал «Радиология — практика» и интернет-портал unionrad.ru. Конференция вызвала большой интерес у специалистов из региона, в ней приняли участие более 215 врачей (рис. 1).

Открыли конференцию приветственным словом министр здравоохранения Пензенской области Александр Викторович Никишин (рис. 2), член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор Александр

Юрьевич Васильев (рис. 3) и главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике Министерства здравоохранения Пензенской области, заведующая рентгенологическим отделением ГБУЗ «Клиническая больница № 6 им. Г. А. Захарьина» Наталья Андреевна Морозова.

Главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике Министерства здравоохранения Пензенской области Н. А. Морозова представила доклад о состоянии лучевой диагностики в регионе (рис. 4). Далее состоялось открытие подсекции «Рентгенология», которой был посвящен весь первый день конференции.

В первой части подсекции участники конференции услышали доклад члена-корреспондента РАН, доктора медицинских наук, профессора А. Ю.



Рис. 1. Открытие конференции «Современные реалии лучевой диагностики социально значимых заболеваний», участники конференции



Рис. 2. Приветствие министра здравоохранения Пензенской области А. В. Никишина



Рис. 3. Приветствие профессора А. Ю. Васильева

Васильева «Современные тенденции лучевой диагностики в остеологии. Новые методики исследования». Лекции «Современные методы диагностики заболеваний молочной железы: от простого к сложному» и «Применение системы BIRADS в амбулаторно-поликлинической практике» представила кандидат медицинских наук О. О. Мануйлова, заведующая отделением лучевых методов диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения г. Москвы» (рис. 5).

Доклады на темы «LungRADS: скрининг рака легкого» и «Методологические аспекты МРТ-исследования малого таза у онкологических больных» прочитала доктор медицинских наук А. В. Левшакова, заведующая отделением КТ, МРТ Московского научно-исследовательского онкологического института имени П. А. Герцена – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» (Москва) (рис. 6).

С презентацией на тему «Томосинтез в диагностике патологии легких» выступил кандидат медицинских наук В. А. Нечаев, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «Научно-исследовательский клинический институт оториноларингологии им.



Рис. 4. Доклад Н. А. Морозовой



Рис. 5. Лектор О. О. Мануйлова



Рис. 6. Лектор А. В. Левшакова



Рис. 8. Лектор С. Ю. Шокина



Рис. 7. Лектор В. А. Нечаев

Л. И. Свержевского Департамента здравоохранения города Москвы» (рис. 7).

От лица Генерального спонсора АО «МТЛ» выступила заместитель Генерального директора С. Ю. Шокина (Москва) с докладом на тему «Специализированное рентгеновское оборудование для педиатрии» (рис. 8).

В перерыве в фойе проходила выставка спонсоров конференции, производителей рентгеновской техники АО «МТЛ» и ООО «ДжиИ Хэлскеа Фарма» (рис. 9).

Во второй части были представлены доклады: «Микрофокусная рентгенография. История, настоящее, перспективы» членом-корреспондентом РАН, доктором медицинских наук, про-



Рис. 9. Выставка во время перерыва

фессором А. Ю. Васильевым (Москва), «Бесконтрастная МР-холангиография в общеклинической практике» и «Спондилодисциты» кандидатом медицинских наук, доцентом И. В. Криминой, врачом-рентгенологом отделения МРТ и КТ ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. П. Демикова» Департамента здравоохранения города Москвы», «Компьютерная томография в оценке структуры почечных конкремен-

тов» Д. А. Бобылевым, ассистентом кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии им. Н. Е. Штерна ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского» Минздрава России (Саратов), а также «Лучевая диагностика острого метафизарного остеомиелита младенцев» и «Возможности томосинтеза при заболеваниях костно-суставной системы у детей и подростков» кандидатом медицинских наук Н. А. Шолоховой, заведующей отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Детская городская клиническая больница св. Владимира Департамента здравоохранения города Москвы» (рис. 10).

Во второй день проходила подсекция по ультразвуковой диагностике, председателями которой были доктор медицинских наук, профессор Е. Б. Ольхова и доктор медицинских наук, профессор М. Л. Чехонацкая. После приветственных слов председателей подсекции свои доклады «УЗД при хронической венозной недостаточности — общие принципы и частные вопросы» и «Эластография печени, возможности и ограничения» представила кандидат медицинских наук Н. А. Постнова, заведующая отделением ультразвуковой диагностики ГКУЗ

«Главный клинический госпиталь МВД России» (Москва), (рис. 11).

Доктор медицинских наук, профессор М. Л. Чехонацкая, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии им. Н. Е. Штерна ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского» Минздрава России прочитала лекции на тему «Ультразвуковая диагностика внематочной беременности» и «Ультразвуковая диагностика генитального эндометриоза» (рис. 12).

С докладами «УЗИ в диагностике заболеваний челюстно-лицевой области» и «Возможности ультразвукового исследования мягких тканей лица в косметологии» представила кандидат медицинских наук Е. Г. Привалова — начальник отдела дополнительного профессионального образования ООО «ЦНИИЛД» (рис. 13).

Лекции «УЗИ органов грудной клетки у детей и подростков (экстренные ситуации)» и «Ультразвуковая диагностика кишечной непроходимости у детей» прочитала доктор медицинских наук, профессор Е. Б. Ольхова, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государ-



Рис. 10. Лектор Н. А. Шолохова



Рис. 11. Лектор Н. А. Постнова



Рис. 12. Лектор М. Л. Чехонацкая



Рис. 13. Лектор Е. Г. Привалова



Рис. 13. Лектор Е. Б. Ольхова

ственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России (рис. 14).

По окончании подсекций проходила оживленная дискуссия и тестирование участников.

Заключительное слово было представлено члену-корреспонденту РАН, доктору медицинских наук, профессору А. Ю. Васильеву.

Проведенная конференция входила в систему непрерывного медицинского образования, по результатам которой все участники, прошедшие регистрацию и успешно сдавшие тестирование, получили сертификаты участников с баллами по каждой из специальностей: «Рентгенология» — 6 баллов, «Ультразвуковая диагностика» — 6 баллов.

**Наши издания (печатные и электронные версии)**



Издается с 2000 г.



Издается с 2009 г.



Издается с 2012 г.



Издается с 2011 г.



Издается с 2000 г.



Издается с 2015 г.

**Распространение медицинских изданий:**

- на специализированных медицинских выставках и конференциях, более 100 в год
- электронная версия наших изданий рассылается по собственной базе данных, более 83000 медицинских учреждений России, до выхода изданий из печати
- дублируются в открытом доступе на наших сайтах [www.medreestr.ru](http://www.medreestr.ru), [www.farosplus.ru](http://www.farosplus.ru) (посещаемость – 1200 в сутки).

**Распространение «Рынка БАД»:**

- Производители БАД
- Производители сырья и оборудования
- Головные офисы аптечных сетей
- Медицинские центры
- Санатории
- Выставки

[www.medreestr.ru](http://www.medreestr.ru), [www.farosplus.ru](http://www.farosplus.ru)

тел./ф.: (812) 320-06-23, 320-06-24,  
320-06-26, 322-65-61, 324-73-50

E-mail: [reklama@farosplus.ru](mailto:reklama@farosplus.ru), [reklama1@farosplus.ru](mailto:reklama1@farosplus.ru),  
[reklama2@farosplus.ru](mailto:reklama2@farosplus.ru), [reklama3@farosplus.ru](mailto:reklama3@farosplus.ru),  
[reklama4@farosplus.ru](mailto:reklama4@farosplus.ru), [advert@farosplus.ru](mailto:advert@farosplus.ru)

---

## Информация для авторов статей

С начала 2011 г. издание «Радиология — практика» входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

В соответствие с действующим Перечнем рецензируемых научных изданий (по состоянию на 09.12.2019 г.) для публикации в журнал принимаются материалы, которые соответствуют научной специальности **14.01.13 — Лучевая диагностика, лучевая терапия (медицинские науки)**.

## Информация для рекламодателей

Издание «Радиология — практика» ориентировано на врачей-рентгенологов, рентгенолаборантов, технологов и других работников в сфере лучевой диагностики. В читательскую аудиторию также входят представители компаний рынка медицинской техники и технические специалисты.

В начале 2011 г. журнал подтвердил научный статус, войдя в Перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК, в которых могут быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Это касается работ как в области медицины, так и физико-технической направленности.

Тираж журнала составляет 1000 экземпляров. Распространение среди постоянных подписчиков осуществляется через каталог агентства «Роспечать», «Интерпочта», «Союзпресс», а также сайт издания [www.radp.ru](http://www.radp.ru).

Мы предоставляем специалистам регулярную возможность ознакомиться, купить номер или подписаться на журнал на крупных специализированных выставках, таких, как «МЕДдиагностика», «Здравоохранение» и др.

Мы предлагаем всем компаниям, реализующим товары, услуги на рынке лучевой диагностики, разместить информацию для продвижения вашего продукта исключительно в целевой среде. Заказав рекламу в печатной версии журнала, вы также обеспечиваете себе гарантированное размещение информации о вашем продукте и баннера с вашим логотипом на страницах нашего сайта с аудиторией около 2000 визитов в месяц.

Компании могут публиковать не только рекламу, но и статьи для обзора последних новинок на рынке оборудования и опыта использования продукта или услуги. Постоянным клиентам мы предлагаем существенные преференции.

Условия размещения рекламы Вы можете узнать  
по телефону **+7 (495) 980-52-38**  
или на сайте **[www.radp.ru](http://www.radp.ru)** в разделе «Рекламодателям»

# Правила оформления статей для опубликования в журнале «Радиология — практика»

## The Rules of Articles Preparation for Publication in the Journal «Radiology — practice»

### Оформление публикаций\*

Функционально информация, содержащаяся в материале публикации, делится на две части:

1. Тематическая научная и практическая составляющая, способствующая получению знаний о проблематике медицинских исследований. При формулировке **названия публикации**, составления **реферата (авторского резюме)**, при выборе ключевых слов, необходимо помнить, что именно эта часть направляется в базы данных (БД), и должна представлять интерес и быть понятной как российским читателям, так и зарубежному научному сообществу.

2. Сопроводительная часть, включающая в себя данные об авторах и организациях, в которых они работают, библиометрические данные (пристатейный список литературы), должна представляться таким образом, чтобы была возможность их идентификации по формальным признакам аналитическими системами. Должны использоваться унифицированная транслитерация, **предоставляться в романском алфавите (латинице) фамилии, имена и отчества авторов**, даваться корректный перевод на английский язык названия адресных сведений, в первую очередь, названия организаций, где работают авторы, т. е. **данные об аффелировании**.

### Правила направления материалов в редакцию журнала «Радиология — практика»

Материалы научного сообщения предоставляются в 2 экземплярах:

- в распечатанном виде за подписью всех авторов и визой руководителя на 1 экземпляре, сопровождаются официальным письмом от учреждения (с круглой печатью), в необходимых случаях — экспертным заключением (что дает право на их публикацию);
- все материалы записываются на диск в электронном виде и прилагаются к их распечатанному варианту.

**Материалы отправляются по почте ответственному секретарю журнала — доктору медицинских наук, профессору Егоровой Елене Алексеевне.**

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а. Центр стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, кафедра лучевой диагностики ГБОУ ВПО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

\* Правила оформления материалов, публикуемых в журнале «Радиология — практика», подготовлены в соответствии с требованиями международной БД SCOPUS и РИНЦ, а также рекомендациями ВИНТИ РАН (см. [www.scopus.com](http://www.scopus.com); [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru); *Кириллова О. В.* Подготовка российских журналов для зарубежной аналитической базы данных SCOPUS: рекомендации и комментарии. М.: ВИНТИ РАН, 2011).

---

**Уведомление об отправке материалов для публикации в журнале** (их экземпляр в электронном виде и отдельно архивированные в графическом формате иллюстрации) отправляется ответственному секретарю на e-mail: eegorova66@gmail.com (тел.: 8 (495) 611-01-77).

## **Содержание и оформление материалов, направляемых в редакцию журнала «Радиология — практика»**

Представленные в работе данные должны быть оригинальными. Не допускается направление в редакцию работ, которые уже напечатаны в других изданиях или посланы для публикации в другие редакции.

**Объем публикаций** (включая сопроводительную информацию и иллюстративный материал) для:

- оригинальных статей, лекций и научных обзоров должен быть не более 15 с.;
- кратких сообщений и описаний клинических наблюдений — не более 5 с.

### **В публикациях предусматриваются следующие блоки:**

**БЛОК 1** — на русском языке:

- заглавие (сокращения не допускаются);
- фамилия и инициалы автора (ов);
- полное название организации (с указанием формы собственности, ведомственной принадлежности — аббревиатуры не допускаются), ее адрес (с указанием индекса);
- реферат (авторское резюме);
- ключевые слова (в количестве 5–6, сокращения не допускаются).

**БЛОК 2** — транслитерация или перевод соответствующих данных из блока 1 на английский язык\*:

- заглавие (перевод на английский язык, при этом сокращения не допускаются, в переводе не должно быть транслитерации, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия, это также касается авторских резюме (аннотаций) и ключевых слов);
- фамилия и инициалы автора (ов) (только транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. <http://www.translit.ru>);
- полное название организации (при переводе на английский язык форма собственности не указывается, аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД SCOPUS), ее адрес (с указанием индекса);
- реферат (авторское резюме) — перевод на английский язык;
- ключевые слова (перевод на английский язык, сокращения не допускаются).

---

\* Недопустимо использование интернет-переводчиков (дающих перевод слов без учета стиля, связи слов в предложениях, что делает текст непонятным, значительно искажает смысл).

**БЛОК 3** — полный текст публикации на русском языке.

В статьях клинического или экспериментального характера рекомендуются следующие разделы: **Актуальность** (которая должна оканчиваться формулировкой цели). **Материалы и методы. Результаты и их обсуждение. Выводы. Список литературы.**

В лекциях и обзорах должны быть выделены: **Актуальность** (которая оканчивается формулировкой цели). Далее представляется текст лекции или обзора, после этого, как и в статьях, выделяются **Выводы** и дается **Список литературы.**

В кратких сообщениях и описаниях клинических наблюдений выделяются: **Актуальность** (которая должна оканчиваться формулировкой цели). Далее представляется текст с описанием редких случаев или отдельного клинического наблюдения. **Обсуждение. Выводы. Список литературы.**

**Текстовый материал публикации должен быть представлен:**

- 1) в виде четкой принтерной распечатки в формате А4, в электронном виде (Microsoft Word), с двойным межстрочным интервалом размером шрифта 12, пронумерованными страницами, без правок на листах;
- 2) в подрисуночных подписях сначала приводится общая подпись к рисунку (рентгенограмма, компьютерная томограмма, эхограмма и т.п.), а затем объясняются все имеющиеся в нем цифровые и буквенные обозначения;
- 3) в электронном текстовом файле абзацный отступ текста, выравнивание и прочее — не важны. Текст должен быть без переносов слов, без выравнивания табличкой, без лишних пробелов. Клавиша Enter должна использоваться только для начала нового смыслового абзаца, но не для начала новой строки внутри абзаца;
- 4) после любых заголовков, фамилий, подписей к рисункам точка не ставится. Между каждым инициалом и фамилиями всегда ставятся пробелы. Инициалы разделяются точками и пишутся перед фамилией. Запятая между фамилией и инициалами не ставится, так как это затрудняет идентификацию автора в БД;
- 5) сокращения и символы должны соответствовать принятым стандартам (система СИ и ГОСТ 7.12 — 1993).

Приводим наиболее частые примеры сокращений (обратите внимание на отсутствие точек после многих сокращений и символов): год — г.; годы — гг.; месяц — мес; неделя — нед; сутки — сут; час — ч; минута — мин; секунда — с; килограмм — кг; грамм — г; миллиграмм — мг; микрограмм — мкг; литр — л; миллилитр — мл; километр — км; метр — м; сантиметр — см; миллиметр — мм; микрон — мк; миллиард — млрд; миллион — млн; тысяча — тыс.; беккерель — Бк; грей — Гр; зиверт — Зв; миллизиверт — мЗв; тесла — Тл; температура в градусах Цельсия — 42 °С; область — обл.; район — р-н; единицы — ед.; сборник — сб.; смотри — см.; то есть — т. е.; так далее — т. д.; тому подобное — т. п.; экземпляр — экз.

Приняты также следующие сокращения: ИК — инфракрасный; УФ — ультрафиолетовый; ВЧ — высокочастотный; СВЧ — сверхвысокочастотный; УЗИ — ультразвуковое исследование; МРТ — магнитно-резонансная томография; (ДВ) МРТ — диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография; МРС — магнитно-ре-

зонансная спектрометрия; ЭПР — электронный парамагнитный резонанс; ОФЭТ — однофотонная эмиссионная томография; КТ (РКТ) — компьютерная томография (рентгеновская компьютерная томография); ПЭТ — позитронная эмиссионная томография; РИА — радиоиммунологический анализ; МСКТ — мультисрезовая компьютерная томография; ЭЛТ — электронно-лучевая компьютерная томография.

### **Требования к электронным файлам иллюстраций**

Качество всех графических материалов должно соответствовать статусу научной статьи: все иллюстрации должны быть информативными, четкими, контрастными, высокого качества. Иллюстрации, ранее размещенные в Word, становятся непригодными для воспроизведения в верстке печатных материалов.

Формат графических файлов:

- формат файлов для растровой графики — TIFF. Разрешение — 300 dpi (пиксели на дюйм);
- формат файлов для векторной графики — EPS или AI. **Графики, схемы, диаграммы** принимаются только в векторных форматах.

**БЛОК 4** — список литературы, в котором русскоязычные ссылки даются на русском языке, зарубежные — на языке оригинала. Литература в списке должна быть расположена в алфавитном порядке, причем сначала издания на русском языке, затем — на иностранных языках (и тоже по алфавиту). Все работы одного автора нужно указывать по возрастанию годов издания. В тексте ссылки приводятся в квадратных скобках. В оригинальных статьях рекомендуется использовать **не более 15 литературных источников за последних 5 лет**. В научных обзорах рекомендуется использовать **не более 20 источников**, в кратких сообщениях и описании клинических наблюдений — **не более 5**. Автор несет ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы. Ссылки, оформленные с нарушением правил, будут удалены из списка литературы.

**БЛОК 5** — список литературы под заголовком **References** должен повторять в своей последовательности список литературы блока 4, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите, и оформляются следующим образом: все авторы (транслитерация), перевод названия статьи на английский язык (название источника может содержать транслитерацию, если источник не имеет адекватного английского названия, содержит неперебиваемые на английский язык наименование приборов, фирм-производителей и т. п.), выходные данные с обозначениями на английском языке либо только цифровые данные.

Весь материал статей, лекций, обзоров литературы, кратких сообщений и описаний клинических случаев как в распечатанном, так и в электронном виде должен даваться в одном файле, включающем:

- заголовок (на русском и английском языках);
- фамилия и инициалы автора (ов) (представленных кириллицей и транслитерированные);

- 
- полное название организации (с указанием формы собственности, ведомственной принадлежности), ее адрес (с указанием индекса) – данные об аффелировании (на русском и английском языках);
  - реферат и ключевые слова (на русском и английском языках);
  - текст (на русском языке), в котором расположен после ссылок в круглых скобках (табл. или рис.) весь иллюстративный материал в качестве превью: таблицы (вертикальные); рисунки и лучевые изображения (в формате растровой графики); диаграммы, схемы, графики (в формате векторной графики) – все должно быть на своих местах. Все графические иллюстрации, помимо расположения в текстовом файле статьи в качестве превью, предоставляются в виде отдельных файлов-исходников;
  - выводы или заключение (на русском языке);
  - список литературы (на русском языке);
  - references (на английском языке, с транслитерированными фамилиями и инициалами отечественных авторов).

На отдельной странице указываются дополнительные сведения о каждом авторе, необходимые для обработки журнала в Российском индексе научного цитирования:

- Фамилии и инициалы полностью, ученая степень, ученое звание, место работы, должность (развернуто, с полным представлением всех наименований на русском языке).
- Адрес с индексом (на русском языке).
- Телефон с кодом.
- E-mail.
- ORCID.

Ниже представляются те же данные на английском языке и с применением транслитерации:

- Фамилии и сокращенно инициалы (транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. сайт <http://www.translit.ru>), ученая степень, ученое звание, место работы, должность (развернуто, с полным представлением всех наименований на английском языке).
- Адрес с индексом (на английском языке).
- Телефон с кодом.
- E-mail.
- ORCID.

После сведений об авторах должно быть указано: «Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов».

### **Пристатейный список литературы**

Данный этап работы (оформление библиографической части рукописи) включает:

- использование цитат и ссылок из современных литературных источников (давность издания которых не превышает 5 лет) с приведением фамилий и инициалов всех авторов (что позволяет исключить потерю индексации авторов и снижения уровня цитирования их работ), выделяя их шрифтом, например, курсивом;

- 
- оформление списка литературы с применением правил, предусмотренных действующими ГОСТ (7.82-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления»; 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»; 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка»). Ссылки на литературные источники в списке располагают в алфавитном порядке по фамилии первого автора, сначала приводятся издания на русском языке, затем — на иностранных. Работы одного автора указываются по возрастанию годов издания. В тексте ссылки на номера источников даются в квадратных скобках.

#### **Примеры для книг в списке**

*Зуев А. А.* Заглавие (обязательно полное). 5-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 2009. 99 с.

*Ferguson-Smith V. A.* The Indications for Screening for Fetal Chromosomal Aberration. Prenatal Diagnosis Insepm. Ed. by Boue A. Paris, 1976. P. 81–94.

#### **Примеры для диссертаций и авторефератов в списке**

*Натанов Я. М.* Название диссертации: Дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 108 с.

*Натанов Я. М.* Название диссертации: Автореф. дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 20 с.

#### **Примеры для статей в списке**

*Горюнов Н. Л.* Название статьи // Название журнала (сокращенное и без кавычек). 1989. Т. 66. № 9. С. 99–102.

*Nicolaidis K. N.* Screening for fetal chromosomal abnormalities need to change the rules. Ultrasound Obstet. Gynecol. 1994. V. 4. No. 3. P. 353–355.

#### **Примеры для авторских свидетельств в списке**

*Симонов Ю. М., Суворов Н. В.* Название: А. С. 163514 СССР // Б. И. 1986. № 16. С. 44.

После формирования блока Списка литературы на русском языке, его представляют на английском языке под заголовком References. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они должны полностью повторяться и в русско-, и в англоязычных вариантах.

Ссылки на отечественные источники должны быть обработаны:

- в программе BGN (Board of Geographic Names), представленной на сайте <http://www.translit.ru> обрабатываем весь текст библиографической ссылки;
- копируем транслитерированный текст в References;
- преобразуем транслитерированную ссылку: оставляем транслитерированные фамилии и инициалы авторов;

- 
- убираем транслитерацию заглавия литературного источника, заменяя его на переводное название, на английском языке — парафраз (допустимо сохранений в нем транслитерированных названий, если невозможно провести англоязычный перевод собственных наименований);
  - далее приводятся выходные данные с использованием символов и сокращений, предусмотренных англоязычными изданиями и БД SCOPUS (на сайте издательства Emerald даны достаточно подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system) практически для всех видов публикаций. Из текста ссылки необходимо убрать знаки, которые отсутствуют в БД SCOPUS, например «//», «-», знак № заменяем на англоязычное сокращение No., обозначение страниц даем в виде сокращения слова page — p. или P. Обязательно пишем на английском языке полное место издания и транслитерацию названия издательства через запятую год (например, Moscow: Medicina, 2009)
  - в конце ссылки в круглых скобках указывается страна (in Russian).

#### **Пример преобразования библиографической ссылки для References**

Выделяем и копируем всю библиографическую ссылку:

*Кочукова Е. В., Павлова О. В., Рафтопуло Ю. Б.* Система экспертных оценок в информационном обеспечении ученых // Информационное обеспечение науки. Новые технологии: Сб. науч. тр. М.: Научный мир, 2009. С.190–199.

Вставляем копию ссылки в программу для танслитерации, получаем:

*Kochukova E. V., Pavlova O. V., Raftopulo Yu. B.* Sistema ekspertnykh otsenok v informatsionnom obespechenii uchenykh // Informatsionnoe obespechenie nauki. Novye tekhnologii: Sb. nauch. tr. M.: Nauchnyi mir, 2009. S.190–199.

Преобразуем транслитерированную ссылку: фамилии и инициалы выделяем курсивом, убираем транслитерацию заглавия тезисов; убираем специальные разделители между полями (//); заменяем заглавие статьи на парафраз; пишем на английском языке полное место издания и обозначение страниц (издательство оставляем транслитерированным).

Конечный результат:

*Kochukova E.V., Pavlova O. V., Raftopulo Yu. B.* Information Support of Science. New Technologies: Collected papers. Moscow: Nauchnyi Mir, 2009. P. 190–199 (in Russian).

## Квитанция на подписку журнала «Радиология — практика»

Категория подписчиков	Стоимость одного номера, руб.	Стоимость трех номеров (полугодичная подписка), руб.
Физические лица	250	750
Юридические лица	400	1200

### После оплаты просьба сообщить по телефону координаты получателя

Почтовый адрес: 115432, Москва, 2-й Кожуховский пр., д. 29, корп. 5, ООО «Амикодент»  
Тел.: +7 (495) 978-09-23, +7 (495) 981-13-21, e-mail: info@amicodent.ru

Подписку можно оформить на сайте журнала [www.radp.ru](http://www.radp.ru), а также по каталогу агентства «Роспечать» на полгода:  
индекс для физических лиц — 79754; индекс для юридических лиц — 79755.

Извещение	Получатель платежа ООО «Амикодент» ИНН 7709614148 КПП 772501001 р/с 40 70 28 10 00 50 00 42 00 97 в ф-л «Корпоративный» ПАО «Совкомбанк» к/с 30 10 18 10 44 52 50 00 03 60 БИК 044525360						
	Наименование платежа: подписка на журнал «Радиология — практика»						
	На 20 ____ год:						
	Номер выпуска	1	2	3	4	5	6
	Кол-во экз.						
	Информация о плательщике:						
	ФИО _____						
	Адрес _____						
	ИНН _____						
	Номер лицевого счета (код) плательщика _____						
Кассир	Дата _____			Сумма платежа, в т. ч. НДС 10 % _____			
	Плательщик (подпись) _____						
	Получатель платежа ООО «Амикодент» ИНН 7709614148 КПП 772501001 р/с 40 70 28 10 00 50 00 42 00 97 в ф-л «Корпоративный» ПАО «Совкомбанк» к/с 30 10 18 10 44 52 50 00 03 60 БИК 044525360						
	Наименование платежа: подписка на журнал «Радиология — практика»						
	На 20 ____ год:						
Номер выпуска	1	2	3	4	5	6	
Кол-во экз.							
Информация о плательщике:							
ФИО _____							
Адрес _____							
ИНН _____							
Номер лицевого счета (код) плательщика _____							
Кассир	Дата _____			Сумма платежа, в т. ч. НДС 10 % _____			
	Плательщик (подпись) _____						

\* Юридическим лицам необходимо заполнить ИНН и № лицевого счета.