



# I Всероссийский научно-образовательный конгресс с международным участием «Онкорadiология, лучевая диагностика и терапия»

16–17 февраля 2018 г.

## Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в I Всероссийском научно-образовательном конгрессе с международным участием «Онкорadiология, лучевая диагностика и терапия»

**Место проведения:** Отель Holiday Inn Moscow Sokolniki  
Москва, ул. Русаковская, д. 24  
(2 минуты от станции метро «Сокольники»)

## Организаторы:

- Российский онкологический научный центр им. Н. Н. Блохина
- Ассоциация онкологов России
- Российское общество рентгенологов и радиологов
- Санкт-Петербургское радиологическое общество
- Российское общество торакальных радиологов
- Российское общество интервенционных онкорadiологов
- Национальный центр онкорadiологической компетенции
- Общество молекулярной визуализации
- Ассоциация медицинских физиков России
- Российская ассоциация специалистов ультразвуковой диагностики в медицине

**Председатель оргкомитета:**  
академик РАН, профессор Б. И. Долгушин

## В программе конгресса:

- конференция «Стандарты лучевой диагностики в онкологии»
- конференция «Лучевая терапия в онкологии»
- XI научно-практическая конференция «Интервенционная радиология в онкологии»
- V научно-практическая конференция с международным участием «ПЭТ в онкологии»
- 1-я научно-практическая конференция памяти профессора С. А. Бальтера «УЗД в онкологии»
- 1-я научно-практическая конференция «Радионуклидная терапия в онкологии»
- конференция «Медицинская физика в онкологии»
- круглый стол «Экспериментальные исследования в лучевой диагностике и терапии опухолей»
- ряд школ по актуальным вопросам лучевой диагностики и терапии в онкологии
- конкурс научных работ «Лучевая диагностика онкологических заболеваний»
- отборочный тур олимпиады «Невские звезды» для ординаторов и интернов
- постерная сессия и выставка

Программа конгресса будет сформирована как образовательное мероприятие и подана на рецензирование и оценку в системе непрерывного медицинского образования (НМО).

**Более подробную информацию о конгрессе Вы можете узнать на сайте**

<http://oncoradiology.ru/>

Регистрация на конгресс осуществляется на сайте  
<http://oncoradiology.ru/>

## Важные даты:

Прием тезисов и постеров в электронном виде:  
**с 1 сентября до 1 октября.**  
Прием заявок на участие в конкурсе научных работ:  
**с 1 сентября до 18 декабря.**  
Прием заявок на участие в отборочном туре олимпиады «Невские звезды»:  
**с 1 сентября до 29 декабря.**

Контакты: Ответственная за организацию конгресса:

Мария Лаптева, e-mail: [mglapteva@inbox.ru](mailto:mglapteva@inbox.ru)

Исполнительный директор РОО «Санкт-Петербургское радиологическое общество»

Наталья Даниелян, +7 (911) 904-98-58, e-mail: [spbora.org@gmail.ru](mailto:spbora.org@gmail.ru)

# РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

№ 6 2017

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 – 1666.

**Редакционный  
научно-общественный  
совет журнала:**

**Председатель совета**

Варшавский Ю. В., докт. мед. наук, профессор

**Члены совета:**

Блинов Н. Н., докт. техн. наук, Москва  
Брюханов А. В., докт. мед. наук, профессор, Барнаул  
Вуйнович С., Баня-Лука, Республика Сербская  
Дергулев А. П., докт. мед. наук, профессор, Новосибирск  
Зубов А. Д., докт. мед. наук, Донецк, Украина  
Медведев В. Е., докт. мед. наук, профессор, Киев  
Погребняков В. Ю., докт. мед. наук, профессор, Чита  
Синицын В. Е., докт. мед. наук, профессор, Москва  
Трофимова Т. Н., докт. мед. наук, профессор, СПб.  
Шармазанова Е. П., докт., мед. наук, профессор, Харьков

**Редакционная  
коллегия  
журнала:**

**Главный редактор**

Васильев А. Ю., докт. мед. наук,  
член-корр. РАН, профессор

**Ответственный секретарь**

Егорова Е. А., докт. мед. наук, профессор

**Члены редколлегии:**

Вишнякова М. В., докт. мед. наук, профессор  
Громов А. И., докт. мед. наук, профессор  
Ольхова Е. Б., докт. мед. наук, профессор  
Левшакова А. В., докт. мед. наук  
Лежнев Д. А., докт. мед. наук, профессор  
Рубцова Н. А., докт. мед. наук  
Смысленова М. В., докт. мед. наук  
Троян В. Н., докт. мед. наук

**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

© ЗАО «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 2017

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 Scientific Public Board of the Journal:

### Chairman

Varshavsky Yu. V., M. D. Med., Professor

### Board Members:

Blinov N. N., M. D. of Technical Science, Moscow  
Bryukhanov A. V., M. D. Med., Professor, Barnaul  
Vuinovich S., Banja Luka, Republika Srpska  
Dergilev A. P., M. D. Med., Professor, Novosibirsk  
Zubov A. D., M. D. Med., Donetsk, Ukraine  
Medvedev V. E., M. D. Med., Professor, Kiev, Ukraine  
Pogrebnyakov V. Yu., M. D. Med., Professor, Chita  
Sinitsyn V. E., M. D. Med., Professor, Moscow  
Trofimova T. N., M. D. Med., Professor, Saint Petersburg  
Sharmazanov E. P., M. D. Med., Professor, Char'kov, Ukraine

## Editorial Board of the Journal:

### Chief Editor

Vasil'ev A. Yu., M. D. Med., Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Professor

### Executive secretary

Egorova E. A., M. D. Med., Professor

### Editorial Board members:

Vishnyakova M. V., M. D. Med., Professor  
Gromov A. I., M. D. Med., Professor  
Ol'khova E. B., M. D. Med., Professor  
Levashkova A. V., M. D. Med.  
Lezhnev D. A., M. D. Med., Professor  
Rubcova N. A., M. D. Med.  
Smyslenova M. V., M. D. Med.  
Troyan V. N., M. D. Med.

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 Health 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

- Определение тактики хирургического лечения острой хирургической патологии органов грудной полости у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции по данным мультисрезовой компьютерной томографии**  
А. А. Гаус, Н. В. Климова, У. Б. Ильина ..... 6
- Лучевая терапия при остеоартрозе коленного сустава. Особенности топометрии для ортовольтовой рентгенотерапии**  
М. В. Макарова, А. М. Шубин ..... 15
- Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в диагностике прогрессирования рака шейки матки после химиолучевой терапии**  
Е. В. Тарачкова, М. А. Шорилов, Т. А. Лозунова,  
Ф. А. Коссов, В. О. Панов, И. Е. Тюрин ..... 27

## ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- Автоматический анализ количественных характеристик гиппокампа при магнитно-резонансной томографии головного мозга для диагностики возможной болезни Альцгеймера (обзор литературы и результаты собственных исследований)**  
В. Н. Гридин, М. И. Труфанов, В. И. Солодовников,  
В. С. Панищев, В. Е. Синуцын, Н. Н. Яхно ..... 41
- Возможности магнитно-резонансной маммографии в диагностике неинвазивного протокового рака молочной железы (обзор литературы и собственный опыт использования)**  
М. С. Карпова, Г. С. Алиева, А. В. Петровский, Г. П. Корженкова ..... 60

## КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

- Ультразвуковая диагностика рабдомиолиза у ребенка (клиническое наблюдение)**  
Е. Б. Ольхова, А. Л. Музуров, Г. А. Генералова, А. С. Гуленков ..... 72

## НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

- Глоссарий англоязычных терминов заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области**  
В. В. Петровская, Е. Г. Привалова, М. О. Дутова, О. М. Алексеева,  
М. А. Батова, М. С. Старобуцева, А. А. Шшиморов ..... 81
- Правила оформления статей для опубликования в журнале «Радиология — практика» ..... 90**

# Contents

## DIAGNOSTIC IMAGING

- Decision-making in Management of Surgical Thoracic Cavity Pathology in Terminal Stage HIV-patients Based on Multislice Computed Tomography Data**  
A. A. Gaus, N. V. Klimova, Yu. B. Ilina ..... 6
- Radiation Therapy of Osteoarthritis Knee Joint. The Features of Topometry for Orthovoltage X-ray Therapy**  
M. V. Makarova, A. M. Shubin..... 15
- IFeatures of Multiparametric Magnetic-resonance Imaging in Diagnostics of Cervical Cancer Progression After Chemoradiotherapy**  
E. V. Tarachkova, M. A. Shorikov, T. A. Logunova,  
F. A. Kossov, V. O. Panov, I. E. Tyurin..... 27

## THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

- Automatic Analysis of the Quantitative Characteristics of the Hippocampus Using Magnetic Resonance Imaging of the Brain for the Diagnosis Alzheimer's Disease (Review of Literature and Results of Own Research)**  
V. N. Gridin, M. I. Truphanov, V. I. Solodovnikov,  
V. S. Panishchev, V. E. Sinitsyn, N. N. Yakhno,..... 41
- Magnetic Resonance Mammography in the Diagnosis of Non-invasive Ductal Breast Cancer (Review of Literature and Own Experience)**  
M. S. Karpova, G. S. Alieva, A. V. Petrovsky, G. P. Korzhenkova ..... 47

## CLINICAL OBSERVATIONS AND SHORT MESSAGES

- Ultrasonic Appearance of Rhabdomyolysis in a Child (Clinical Observation)**  
E. B. Olkhova, A. L. Muzurov, G. A. Generalova, A. S. Gulenkov ..... 72

## SCIENTIFIC INFORMATION, CHRONICLE, ADS

- English Terms Glossary of Maxillofacial Area Diseases and Injuries**  
V. V. Petrovskaya, E. G. Privalova, M. O. Dutova, O. M. Alekseeva,  
M. A. Batova, M. S. Starodubceva, A. A. Shishimorov ..... 81
- The Rules of Articles Preparation for Publication in the Journal «Radiology — practice»..... 90**

# Определение тактики хирургического лечения острой хирургической патологии органов грудной полости у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции по данным мультисрезовой компьютерной томографии

А. А. Гаус\*,<sup>1</sup>, Н. В. Климова<sup>2</sup>, У. Б. Ильина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа — Югры», кафедра госпитальной хирургии

<sup>2</sup> БУ «Сургутская окружная клиническая больница», рентгенологическое отделение

## Decision-making in Management of Surgical Thoracic Cavity Pathology in Terminal Stage HIV-patients Based on Multislice Computed Tomography Data

A. A. Gaus\*,<sup>1</sup>, N. V. Klimova<sup>2</sup>, Yu. B. Ilina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> The Surgut State University, Department of Surgery Clinical

<sup>2</sup> The Surgut District Clinical Hospital, Department of Radiological

### Реферат

Статья посвящена определению и описанию течения местной хирургической патологии органов грудной полости при СПИДе на фоне оппортунистических инфекций, а также определению тактики лечения таких пациентов при развитии деструктивных процессов в легких и средостении, хронической эмпиемы легких, плевритов. Представлены особенности мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) рассмотренной патологии и методы лечения.

**Ключевые слова:** мультисрезовая компьютерная томография, вирус иммунодефицита человека, синдром приобретенного иммунодефицита, оппортунистические инфекции, микст-инфекции, абсцессы, эмпиема.

### Abstract

Authors describe main features of chest surgical pathology in AIDS-patients with opportunistic infection. Also article depicts surgical management of destructive processes of lungs and mediastinum such as chronic empyema and pleuritis. The features of the picture with multislice computed tomography (MSCT) of the examined pathology and the methods of its treatment are presented.

\* Гаус Анна Алексеевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии Сургутского государственного университета.

Адрес: 628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Сургут, бульвар Свободы д. 8, кв. 40.  
Тел.: +7 (912) 816-56-86. Электронная почта: gaa\_74\_78@mail.ru

Gaus Anna Alekseevna, Ph. D. Med., Senior Lecturer of the Department of Hospital Surgery, Surgut State University.

Address: 40-8, bul'var Svobody, Surgut, 628400, Russia.  
Phone number: +7 (912) 816-56-86. E-mail: gaa\_74\_78@mail.ru

**Key words:** Multislice Computed Tomography, Human Immunodeficiency Virus, Acquired Immune Deficiency Syndrome, Multiple Opportunistic Co-infections, Abscess, Pleural Empyema.

## Актуальность

Одной из основных причин госпитализации и смертности больных СПИДом является поражение органов дыхания, а именно развитие деструктивных процессов, среди которых абсцессы различной локализации, формирование свищей грудной полости и развитие эмпиемы плевры.

Все патологические процессы в легких у пациентов с иммунодефицитом, вызванным ВИЧ, особенно гнойные, имеют неоднозначную клинико-лабораторную картину, что объясняется наличием микст-инфекции у таких больных. Данные условия осложняют прижизненную диагностику хирургической патологии, что диктует необходимость усовершенствования рентгеноморфологической картины и алгоритма исследования гнойных процессов в легких еще при жизни пациентов. Атипичное течение острого хирургического процесса любой локализации у больных СПИДом на фоне множества оппортунистических инфекций и явное несоответствие значительных рентгенологических изменений на фоне слабо выраженных клинических симптомов – главная особенность течения хирургической патологии у больных СПИДом, вследствие чего значительно затрудняется не только диагностика хирургических заболеваний органов грудной полости у больных СПИДом, но и тактика лечения таких пациентов.

По данным L. A. Jordon, S. J. Shapiro (1995), основные ошибки в лечении острой хирургической патологии у

больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции (22 %) делятся на диагностические и тактические в пред- и послеоперационном периоде [1].

В настоящее время, определяя показания к хирургическому лечению, врачи сталкиваются с генерализованным внелегочным туберкулезом, лимфомами самой разной локализации, саркомами кишки и как следствие ее перфорациями, рецидивирующими пневмоцистными пневмониями и пневмотораксами, множественными абсцессами грудной полости, включая средостение и перикард [2, 3–6]. В результате этого очевидна необходимость усовершенствования рентгеноморфологической прижизненной верификации острой хирургической патологии органов грудной полости у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции с использованием всех возможностей высокоинформативных методов лучевой диагностики [3, 7].

**Цель:** определение возможностей МСКТ в выявлении местной хирургической патологии органов грудной полости и ее специфичности, а также определение тактики хирургического лечения у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции.

## Материалы и методы

В течение 8 лет обследовано 425 пациентов, из них 320 (75,3 %) мужчин, 105 (24,7 %) женщин больных СПИДом, находящихся на лечении в хирургическом стационаре БУ «Сургутская окружная клиническая больница» (СОКБ). Были

получены и проанализированы данные мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) (Toshiba Aquilion 64, Япония), которая является наиболее доступной, информативной и ключевой из методик диагностики как местной хирургической, так и общей микст-патологии у больных СПИДом. МСКТ грудной и брюшной полостей выполняли по традиционной методике с болюсным усилением с трехфазным сканированием (у 413 (97 %) пациентов).

### Острая хирургическая патология органов грудной полости у больных СПИДом

Возможности МСКТ при обследовании органов грудной полости у ВИЧ-инфицированных позволяют достоверно выявлять абсцессы легких, включая мелкие субплевральные (рис. 1), эмпие-

му плевры, абсцессы средостения, перикардиты (рис. 2).

Принципиально важно выполнять пациентам с терминальной стадией ВИЧ-инфекции именно МСКТ для диагностики патологии грудной полости, поскольку дифференцировать мелкие гнойные процессы в легких, особенно в средостении на фоне практически тотально встречающейся микст-инфекции, даже с использованием цифровой рентгенографии, крайне затруднительно. Чувствительность МСКТ при гнойной патологии грудной полости составляет 99,5 %, специфичность — 97,5 % (расчеты по стандартной методике).

Диагностика гнойной патологии грудной полости, включая средостение, при проведении МСКТ с болюсным контрастным усилением, не пред-

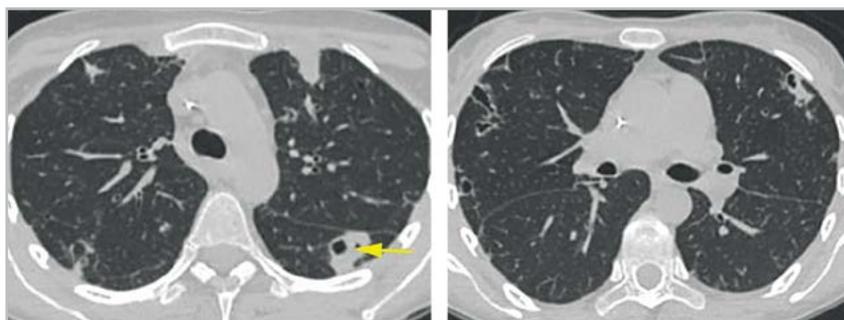


Рис. 1. МСК-томограммы органов грудной полости больной Г., 36 лет, выполненные на разных уровнях с болюсным контрастным усилением, венозная фаза. Множественные мелкие субплевральные абсцессы легких (стрелка)

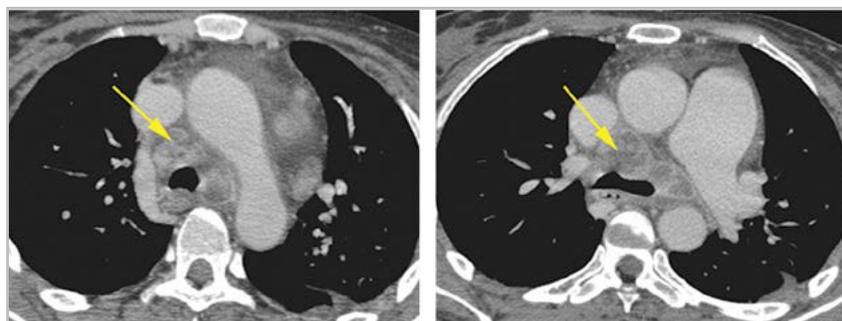


Рис. 2. МСК-томограммы органов грудной полости больной К., 35 лет, венозная фаза контрастирования. Множественные абсцессы средостения (стрелки)

ставляет особых сложностей. Введение йод-содержащего контрастного вещества позволяет практически безошибочно выявлять топическую локализацию гнойников, их количество, оценивать выраженность капсулы, в некоторых случаях — визуализировать бронхопультмональные и бронхоплевральные свищи (рис. 3, *а — в*).

Самая частая нагноительная патология у больных с ВИЧ-инфекцией — септическая пневмония ( $n = 302$ ; 71 %). Пациенты с мелкими субплевральными

абсцессами легких не нуждались в хирургическом лечении (рис. 1), особенно если диагностировалась микст-патология легких на фоне генерализации оппортунистических инфекций (диссеминированного туберкулеза, пневмоцистной пневмонии, микоза и т. д.) (рис. 4).

Однако при наличии гидроторакса ( $n = 95$ ; 20 %) на фоне микст-патологии и генерализации воспалительного процесса легких лечебная тактика требовала торакоцентеза для эвакуации вос-

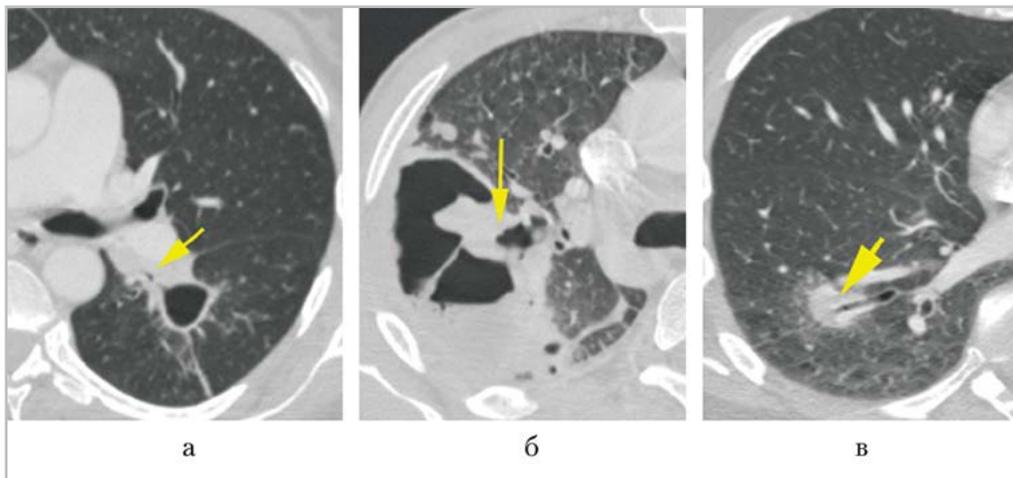


Рис. 3. МСК-томограммы органов грудной полости с болюсным контрастным усилением (разные пациенты): *а* — отсроченная фаза контрастирования, определяется бронхопультмональный свищ слева (*стрелка*); *б* — венозная фаза контрастирования, определяется бронхоплевральный свищ справа (*стрелка*); *в* — венозная фаза контрастирования, определяется бронхопультмональный свищ справа (*стрелка*)

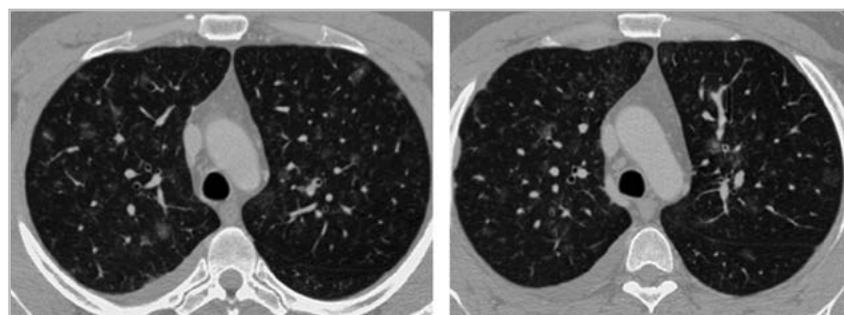


Рис. 4. МСК-томограммы органов грудной полости больной Г., 38 лет, выполненные на разных уровнях с болюсным контрастным усилением, артериальная фаза. Диссеминированный туберкулез легких

палительной жидкости (рис. 5), а также для ее лабораторного анализа. При рецидиве плеврита требуется повторная пункция плевральной полости.

При наличии крупных абсцессов легких ( $n = 115$ ; 27 %) у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции хорошие результаты лечения были получены при бронхиальной санации полостей деструкции (рис. 6, а, б) и местном антисептическом лечении, даже при наличии оппортунистических инфекций.

При хронической эмпиеме плевры ( $n = 42$ ; 10 %) вне зависимости от наличия микст-патологии легких лечение было преимущественно хирургическое. Оно включало в себя торакоцентез с эвакуацией воспалительной жидкости

( $n = 31$ ; 7,3 %). После этого клинико-лабораторные показатели у большинства больных значительно улучшались. Однако полости при хронической эмпиеме у пациентов этой категории ликвидировались крайне сложно (рис. 7, а, б).

В случае неэффективности наружного дренирования при наличии плотной капсулы и больших размеров полостей (более 1/3 плевральной полости) хирургическое лечение включало в себя торакоскопию с санацией плевральной полости ( $n = 8$ ; 1,9 %).

Самым радикальным методом лечения хронической эмпиемы является торакотомия с ликвидацией как полости деструкции, так и ее капсулы. Ее выполняли при отсутствии генерализованного

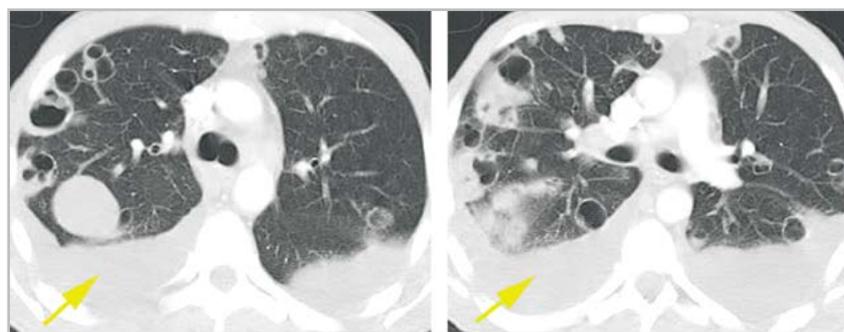


Рис. 5. МСК-томограммы органов грудной полости больного А., 31 год, артериальная фаза контрастирования. Микст-патология легких: полисегментарная септическая пневмония (множественные абсцессы) и двусторонний гидроторакс (плеврит) (стрелки)

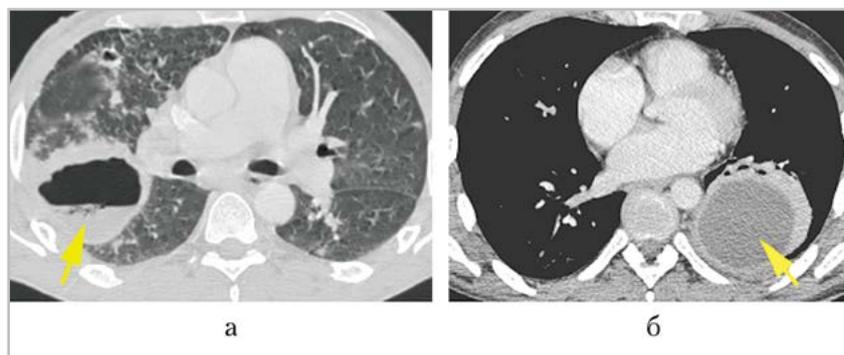


Рис. 5. МСК-томограммы органов грудной полости (разные пациенты) с болюсным контрастным усилением, отсроченная фаза: а — абсцесс правого легкого после бронхиальной санации; б — абсцесс левого легкого до санации (стрелки)

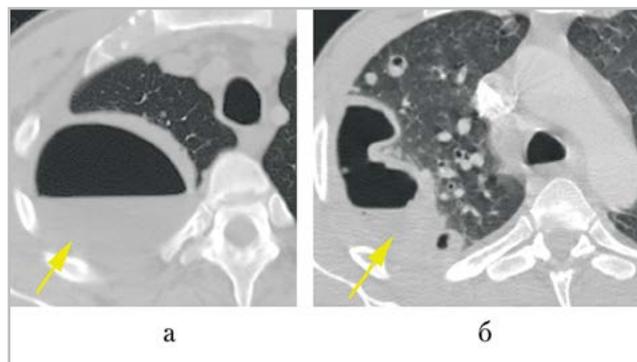


Рис. 7. МСК-томограммы органов грудной полости (разные пациенты — *а, б*) с болюсным контрастным усилением, венозная фаза: признаки эмпиемы плевры справа (*стрелки*)

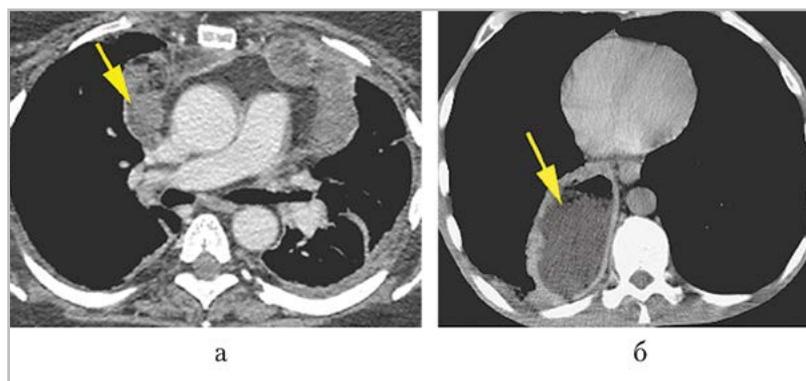


Рис. 8. МСК-томограммы органов грудной полости: *а* — больной В., 33 года, венозная фаза контрастного усиления, отмечаются множественные абсцессы средостения (*стрелка*); *б* — больного Х., 45 лет, отсроченная фаза контрастного усиления, отмечается крупный абсцесс заднего средостения (*стрелка*)

туберкулеза, в случае наличия рецидивирующих полостей, а также при неэффективности лечения двумя предыдущими методами ( $n = 3$ ; 0,8 %).

Особой тяжестью у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции отличаются нагноительные процессы средостения ( $n = 40$ ; 9 %). Диагностика этой патологии без использования МСКТ крайне затруднительна. Возможности МСКТ позволяли достоверно оценивать объем, характер и локализацию воспалительного экссудата в средостении, состояние внутригрудных лимфоузлов (рис. 8, *а, б*). Полученные данные позволяли решать тактические вопро-

сы лечения данной категории больных. Чувствительность метода для диагностики острой хирургической инфекции средостения составляет 96 %, специфичность — 92 %. Лечение абсцессов средостения сугубо хирургическое даже на фоне генерализации оппортунистических инфекций. Ранняя медиастинотомия (трансплевральная, трансторакальная и трансдиафрагмальная), а также местная антисептическая терапия средостения значительно улучшали эффективность лечения.

Зависимость тактики хирургического лечения у больных с острой хирургической патологией органов грудной

полости на фоне терминальной стадии ВИЧ-инфекции от клинико-диагностических данных приводится в таблице.

## Выводы

1. МСКТ является высокоинформативной методикой в диагностике

### Тактики хирургического лечения у больных с острой хирургической патологией органов грудной полости на фоне терминальной стадии ВИЧ-инфекции

Острая хирургическая патология	Тактика лечения
Мелкие абсцессы легких	Хирургического лечения не требуется
Крупные единичные абсцессы легких	Бронхиальная санация, местное антисептическое лечение
Плевриты	Наружное дренирование и санация
Хронические эмпиемы плевры	Торакоцентез и санация, торакоскопия и санация, торакотомия (при отсутствии генерализованного туберкулеза)
Абсцессы средостения	Медиастинотомия (трансплевральная, трансторакальная и трансдиафрагмальная) и местная антисептическая терапия

острой хирургической патологии органов грудной полости у ВИЧ-инфицированных пациентов на всех стадиях заболевания и позволяет определять тактику и объем хирургического вмешательства.

2. По данным МСКТ можно с высокой точностью и специфичностью определять локализацию гнойных процессов, их количество, наличие полостей деструкции, осложнений (эмпиема плевры, бронхоплевральные и бронхопульмональные свищи, медиастинит), а также проводить дифференциальную диагностику с междолевыми плевритами, осумкованными плевритами, опухолями и другими поражениями органов грудной полости.
3. Малоинвазивные операции явля-

ются более предпочтительными среди методов хирургического лечения заболеваний органов грудной полости у больных с терминальной стадией ВИЧ-инфекции на фоне генерализации оппортунистической инфекции.

## Список литературы

1. Блувштейн Г. А., Мозеров С. А., Кулаков А. А. Клинико-морфологические аспекты хирургических ошибок и осложнений у больных ВИЧ/СПИД // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2010. № 4 (16). С. 61–72.
2. Каримов И. Р., Киселева Л. М., Буланьков Ю. И. Гнойно-воспалительные и септические поражения у ВИЧ-инфицированных и наркозависимых лиц как

- факторы и показатели прогрессии ВИЧ-инфекции // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. С. 3–8.
3. *Климова Н. В., Гаус А. А., Шурыгина И. Л., Зинченко О. А., Ильина У. Б.* Патология легких при ВИЧ-инфекции // Вестник СурГУ. Медицина. 2013. № 15. С. 10–16.
  4. *Корнилова З. Х., Луконина И. В., Алексеева Л. П.* Туберкулез в сочетании с ВИЧ-инфекцией // Туберкулез и болезни легких. 2010. № 3. С. 3–9.
  5. *Литвинова Н. Г., Кравченко А. В., Шагильдян В. И., Груздев Б. М.* Течение туберкулеза и особенности его диагностики у больных ВИЧ-инфекцией на поздних стадиях заболевания // Сборник материалов VIII съезда фтизиатров России. 2007. С. 371–372.
  6. *Crothers K., Huang L.* Pulmonary complications of immune reconstitution inflammatory syndromes in HIV-infected patients // Section of pulmonary and critical care medicine, Department of internal medicine, Yale university school of medicine, New Haven, Connecticut, USA. 2009. V. 18. № 1.
  7. *Huang L., Crothers K.* HIV-associated opportunistic pneumonias // Division of Pulmonary, Department of Medicine, San Francisco General Hospital: University of California San Francisco, 2009. № 4. P. 474–485.
- proceedings. Volga region. Medicine. 2010. No. 4 (16). P. 61–72 (in Russian).
2. *Karimov I. R., Kiseleva L. M., Bulan'kov U. I.* Pyoinflammatory and septic lesions in HIV-infected drug users as factors and indicators of progress HIV-infection. Modern problems of science and education. 2012. No. 6. P. 3–8 (in Russian).
  3. *Klimova N. V., Gaus A. A., Shurygina I. L., Zinchenko O. A., Ilyina U. B.* Lung disease in HIV infection. Literature review. Vestnik SurGU. Medicine. 2013. No. 15. P. 10–16 (in Russian).
  4. *Kornilova Z. H., Lukonina I. V., Alekseeva L. P.* Tuberculosis in combination with HIV-infection. Tuberculosis and lung disease. 2010. No. 3. P. 3–9 (in Russian).
  5. *Litvinova N. G., Kravchenko A. V., Shagil'djan V. I., Gruzdev B. M.* The course of tuberculosis and features of its diagnosis in patients with HIV-infection in the late stages of the disease. Collection of materials of the VIII Congress of phthiatricians of Russia. 2007. P. 371–372 (in Russian).
  6. *Crothers K., Huang L.* Pulmonary complications of immune reconstitution inflammatory syndromes in HIV-infected patients. Section of pulmonary and critical care medicine, Department of internal medicine, Yale university school of medicine, New Haven, Connecticut, USA. 2009. V. 18. No. 1.
  7. *Huang L., Crothers K.* HIV-associated opportunistic pneumonias // Division of Pulmonary, Department of Medicine, San Francisco General Hospital: University of California San Francisco, 2009. No. 4. P. 474–85.

## References

### Сведения об авторах

**Климова Наталья Валерьевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной хирургии Сургутского государственного университета.

Адрес: 628408, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Сургут, ул. Гагарина, д. 12, кв. 104.  
Тел.: +7 (922) 763-36-12. Электронная почта: knv@mail.ru

**Klimova Natal'ia Valer'ievna**, M. D. Med., Professor of the Department of Hospital Surgery, Surgut State University.  
Address: 12–104, ul. Gagarin, Surgut, 628408, Russia.  
Phone number: +7 (922) 763-36-12. E-mail: knv@mail.ru.

**Гаус Анна Алексеевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры госпитальной хирургии Сургутского государственного университета.  
Адрес: 628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Сургут, бульвар Свободы д. 8, кв. 40.  
Тел.: +7 (912) 816-56-86. Электронная почта: gaa\_74\_78@mail.ru

**Gaus Anna Alekseevna**, Ph. D. Med., Senior Lecturer of the Department of Hospital Surgery, Surgut State University.  
Address: 40–8, bul'var Svobody, Surgut, 628400, Russia.  
Phone number: +7 (912) 816-56-86. E-mail: gaa\_74\_78@mail.ru

**Ильина Ульяна Богдановна**, врач-рентгенолог рентгенологического отделения Сургутской окружной клинической больницы.  
Адрес: 628408, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Сургут, ул. Энергетиков, д. 14.  
Тел.: +7 (922) 259-11-24. Электронная почта: krusan.ub@gmail.com

**Ирина Улиана Богдановна**, Radiologist, Radiology Department, Surgut District Clinical Hospital.  
Address: 14, ul. Energetikov, Surgut, 628400, Russia.  
Phone number: +7 (922) 259-11-24. E-mail: krusan.ub@gmail.com

**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.*

# Лучевая терапия при остеоартрозе коленного сустава. Особенности топометрии для ортовольтовой рентгенотерапии

М. В. Макарова\*,<sup>1</sup>, А. М. Шубин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет»  
Минздрава России

<sup>2</sup> ГБУ Архангельской области «Архангельский клинический онкологический диспансер»

## Radiation Therapy of Osteoarthritis Knee Joint. The Features of Topometry for Orthovoltage X-ray Therapy

M. V. Makarova\*,<sup>1</sup>, A. M. Shubin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Northern State Medical University, Arkhangelsk

<sup>2</sup> Arkhangelsk Regional Oncology Center

### Реферат

Остеоартроз — самое распространенное заболевание среди всей ревматологической патологии. К альтернативным методам лечения болевого синдрома дегенеративно-воспалительных заболеваний суставов можно отнести ортовольтовую рентгенотерапию (ОВРТ), методики которой были разработаны еще в 1970-х гг. Цель исследования: предложить современную научно обоснованную методику проведения предлучевой КТ-топометрии для ОВРТ коленного сустава в лечении гонартроза. За 2012–2015 гг. проведена предлучевая топометрия 102 пациентам с помощью специализированного компьютерного томографа. В статье описана методика проведения предлучевой топометрии. Используя современные методы диагностики (магнитно-резонансную томографию, ультразвуковое исследование), удалось определить точную локализацию патологического процесса в суставе и рассчитать оптимальную глубину подведения дозы. Так, среднее значение для тибioфemorального сочленения составило 5,7 (95 %-ная ДИ: 5–6,5) см, для пателлофemorального сочленения в медиальном отделе вдоль прохождения суставной щели в медиальном отделе 3,8 (95 %-ная ДИ: 3,9–4,7) см. Эти значения значительно отличались от усредненной глубины 3 см. Облучение коленного сустава должно проводиться с индивидуальным расчетом дозы на глубину для уменьшения воздействия на окружающие неповрежденные ткани.

**Ключевые слова:** ортовольтовая рентгенотерапия, магнитно-резонансная томография, топометрия.

\* Макарова Мария Васильевна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии и онкологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск.  
Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.  
Тел.: +7 (911) 557-46-49. Электронная почта: mtim10@gmail.com

Makarova Maria Vasil'evna, Ph. D. Med., Assistant of Department of Radiation Diagnosis, Radiation Therapy and Oncology, Northern State Medical University.  
Address: 51, pr. Troitsky, Arkhangelsk, 163000, Russia.  
Phone number: +7 (911) 557-46-49. E-mail: mtim10@gmail.com

## Abstract

Osteoarthritis is the most common disease among all rheumatic disease. Orthovoltage X-ray therapy (OXRT) is the alternative method of pain syndrome treatment for degenerative inflammatory joint diseases. The techniques of OXRT were developed in 1970 years. The study aims to offer a modern scientifically grounded methods of conducting pre-treatment CT topometry for OXRT of the knee joint in the treatment of gonarthrosis. From 2012 to 2015 topometry the pre-treatment carried out using specialized CT scanner in 102 patients. The article describes the methodology of the pre-treatment topometry. Using modern methods of diagnostics (MRI, ultrasound) there were able to determine the precise localization of the pathological process in the joint and calculate the optimal depth of dose delivery. So, the average value for tibiofemoral joint made up 5,7 (95 % CI: 5,0 to 6,5) cm, patellofemoral articulation in the medial along the passage of the joint space in the medial of 3,8 (95 % CI: 3,9 to 4,7) cm. These data differed from the accepted standards average depth of 3 cm. Irradiation of the knee joint must oriented to the individual dose estimation for reducing the impact on the surrounding unaffected tissue. .

**Key words:** Orthovoltage X-ray therapy, Magnetic Resonance Imaging, Topometry.

## Актуальность

Остеоартроз (ОА) — наиболее частая патология суставов из всех заболеваний ревматологического профиля. Доля гонартрозов составляет 70–80 % всех случаев ОА [6]. Традиционные методы лечения (нестероидные противовоспалительные препараты, структурно-модифицирующие средства), входящие в стандарты лечения ОА, не всегда оказывают необходимый анальгезирующий эффект [3].

К альтернативным методам лечения болевого синдрома дегенеративно-воспалительных заболеваний суставов можно отнести ортовольтовую рентгенотерапию (ОВРТ). Данный метод широко применяется с середины 1950-х гг. прошлого века. Клиническая эффективность ОВРТ изучена достаточно хорошо, что представлено в ряде публикаций разных лет как отечественных, так и зарубежных исследователей [2, 8, 9]. Подходы к рентгенотерапии по поводу ОА имеют достаточно консервативный характер и основываются на разработках А. Н. Кишковского и соавт., предложенных в конце 70-х гг. XX в. При классической ОВРТ глубина залегания

была рассчитана еще в 1976 г. и составляла 3 см. Методика состояла в облучении медиального и латерального полей площадью 6–8 см или 8–10 см. Позднее в методическом пособии для врачей от 1999 г. были предложены такие же условия облучения. Конкретных указаний на центрацию рентгеновского пучка нет, хотя авторы указывают на ее особую роль в процессе облучения. При сгибающей установке коленного сустава до 10–15° можно выделить 2 суставные щели, на каждую из которых можно центрировать пучок, это суставная щель пателлофemorальной сочленения и тибioфemorальной сочленения.

В зависимости от клиники и рентгенологических изменений того или иного отдела коленного сустава необходимо производить центрацию на одну из 2 указанных суставных щелей. Ввиду особенностей получаемого изображения на рентгенограммах, а также плохой визуализацией тибioфemorальной суставной щели, проекционного искажения определить оптимальную глубину для центрации пучка для рентгенотерапии весьма затруднительно [8].

Важно понимать, что источниками болевого синдрома при гонартрозе может выступать любая структура сустава, однако в ревматологии применительно к суставам принято выделять 3 варианта боли: мышечно-связочную, синовиальную и субхондральную [4]. До 67 % болевого синдрома связано с поражением пателлофemorального сочленения коленного сустава [1]. Существует ряд исследований, которые рассматривают синовит как главный источник болевого синдрома, а также фактор риска прогрессирования ОА. Синовит коленного сустава встречается значительно чаще у пациентов с болевой формой ОА, однако у 11–56 % он диагностируется у пациентов без боли [6].

Также ранее считалось, что дозиметрически обоснованная методика местного лучевого воздействия в малых дозах безопасна, не вызывает необратимых функциональных и морфологических изменений в суставе [10]. Однако исследования последних лет показали, что лучевое воздействие в разовых дозах менее 1 Гр может сопровождаться усилением биологических эффектов [5]. Согласно рекомендациям Международной комиссии по радиационной единицам и измерениям (МКРЕ), медицинское облучение пациентов источниками внешнего облучения должно осуществляться с минимально возможным воздействием на здоровые ткани, попадающие в облучаемую область [7].

Одним из важных условий для создания оптимальной дозы облучения является качественная предлучевая топометрия коленного сустава, задача которой состоит в определении глубины залегания облучаемой мишени и топографии облучаемого органа [5]. Определение глубины залегания объекта облу-

чения для проведения лучевой терапии имеет важное значение, поскольку распределение дозы на глубине изменяется через 1 см примерно на 10 % [8]. По настоящее время при ортовольтовой рентгенотерапии предлучевая топометрия не проводилась.

В этой связи авторы считают возможным изложить собственную методику предлучевой топометрии коленного сустава с помощью специализированного компьютерного томографа (или КТ-симулятора) для проведения ОБРТ [10], которая была применена в условиях радиологического отделения № 2 ГБУ Архангельской области «Архангельский клинический онкологический диспансер» с ОА коленного сустава.

**Цель:** предложить современную научно обоснованную методику проведения предлучевой КТ-топометрии для ОБРТ коленного сустава в лечении гонартроза.

## Материалы и методы

Для проведения ОБРТ отбирали пациентов с клинически подтвержденным ОА коленных суставов по критериям Altman, 1991 (боль в коленном суставе, крепитация при активных движениях, утренняя скованность менее 30 мин, увеличение объема сустава при осмотре). Исследование проходило в 2012–2015 гг., в него вошли 102 пациента.

Всем пациентам до начала лучевой терапии проводили рентгенографию коленных суставов в 2 проекциях на цифровом рентгенодиагностическом комплексе КРТ-ОКО «Электрон». Ультразвуковое исследование (УЗИ) коленных суставов с применением линейного датчика частотой 5–12 МГц (аппарат Toshiba Xario XG SSA-660) или на аппарате Toshiba Aplio-500 с высокочастот-

ным датчиком 15–18 МГц. При проведении УЗИ исследования проводили в боковой проекции при сгибании сустава на 10–15° с медиальной и латеральной стороны, на кожу выносили проекцию тибioфеморального сочленения для последующей реконструкции КТ-сканов по заданным координатам на коже. Также проводили магнитно-резонансную томографию (МРТ) с применением специальной катушки для исследования коленного сустава в положении сгибания до 10–15° с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл без применения контрастного усиления (аппарат Echelon General Electric или Siemens).

Перечень последовательностей включал быстрое спин-эхо (FSE), инверсию с коротким временем восстановления (STIR) irFSE, PD FSE. Получали T1 FSE взвешенные изображения (ВИ) и изображения с подавлением МР-сигнала от жира во фронтальной, сагиттальной и аксиальной проекциях. По МРТ определяли локализацию и распространенность патологического процесса.

Для изучения особенностей укладки больных и положения рентгенотерапевтической трубки при боковых (медиальном и латеральном) встречных полях облучения на рентгенотерапевтическом аппарате Xstrahl-200, предназначенном для близкофокусной и ортовольтовой рентгенотерапии, проводили предлучевую топографию. Для расчета оптимальной глубины подведения дозы все исследования производили на специализированном компьютерном томографе OPTIMA CT 580 RT (General Electric, 2013 г. выпуска). Пациента укладывали на левый и правый бок при угле сгибания в коленном суставе на 10–15° с фиксацией при помощи ваку-

умного матраца, проводили компьютерную топографию с применением тонких срезов (1,25–2,5 мм).

Глубину для проведения ОБРТ представляли в виде минимальной и максимальной возможных величин, среднего арифметического и его стандартного отклонения с расчетом 95 %-ного доверительного интервала.

### Результаты и их обсуждение

Для уточнения распространенности процесса (наличие синовита, степень изменения хрящевой ткани, связочного аппарата, дегенеративные изменения менисков) оценивали изображения, полученные при МРТ. Для тибioфеморального сочленения оценивали изображения во всех 3 плоскостях. Для пателлофеморального сочленения наибольшую ценность представляли изображения в аксиальных и сагиттальных плоскостях. По данным изображениям можно судить о наличии выпота в супрапателлярной сумке, степени изменений в хрящах (рис. 1–3).

При оценке изображений необходимо оценивать максимальную глубину, на которой прослеживались изменения. Это важно для последующей компьютерной топографии при определении срезов для разметки.

При максимально выраженных изменениях по данным МРТ в пателлофеморальном сочленении для расчета оптимальной глубины подведения дозы расчеты определяли сканы с максимальной шириной пателлофеморальной щели. Вычисляли расстояние АВ (параллельно ходу рентгеновского пучка, вдоль пателлофеморального сочленения от поверхности сустава до его центра, где А — точка, находящаяся на поверхности между надколенником и бедрен-

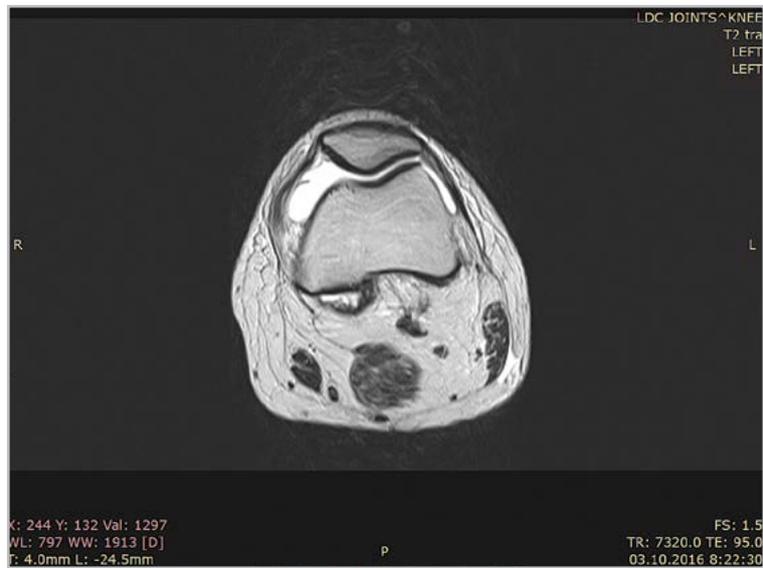


Рис. 1. МР-томограмма левого коленного сустава, T2-ВИ, аксиальная плоскость. Определяется пателлофemorальное сочленение, хрящ задней поверхности надколенника, боковые связки, визуализируется повышенное количество жидкости в полости сустава и утолщение синовии



Рис. 2. МР-томограмма левого коленного сустава, T2-ВИ, сагиттальная плоскость. Хорошо визуализируются пателлофemorальное сочленение, супрапателлярная сумка, крестообразные связки

ной костью, а В — точка, находящаяся в центре пателлофemorального сочленения при его максимальной ширине), соответствующее оптимальной глубине для облучения пателлофemorального

сочленения. Для контроля последующих укладок необходимо измерить расстояние ВС — до поверхности стола от центра пателлофemorального сустава В. Эти же измерения проводили отдельно



Рис. 3. МР-томограмма левого коленного сустава, T2-ВИ, коронарная плоскость. Отмечается равномерное истончение гиалинового хряща эпифизов, краевые костные разрастания

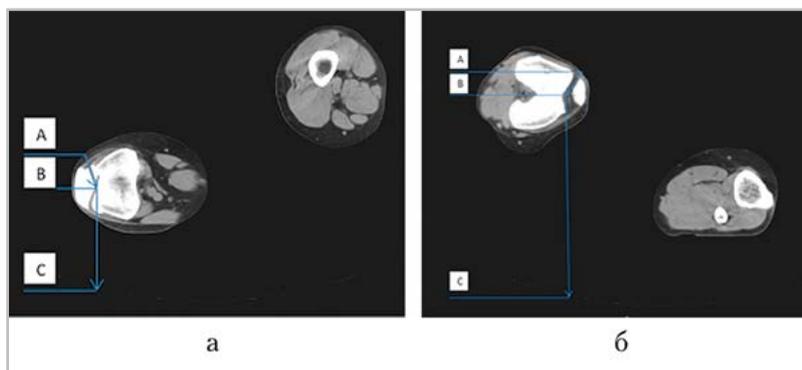


Рис. 4. МСК-томограммы: *a* — положение пациента на правом боку; *б* — положение пациента на левом боку при сгибании коленных суставов на 10–15°. Расчеты проведены для КТ-сканов с максимальной шириной пателлофemorального сочленения для медиального (*a*) и латерального (*б*) полей

для медиальной и латеральной стороны (рис. 4, *a*, *б*).

Перед нанесением на кожу разметки сравнивали глубину, на которой находился патологический процесс по данным МРТ (искали наиболее выраженные изменения в суставе, затем путем сопоставления изображений проводили измерения расстояния АВ на выбранном скане для медиального и латерального полей в выбранной аксиальной проек-

ции с полученной расчетной глубиной при КТ-топометрии (рис. 5, *a*, *б*).

Расхождения не должны превышать 5–10 мм. На кожу по координатам выбранных сканов наносили разметку с медиальной и латеральной стороны (рис. 6).

Несколько иной алгоритм для расчета глубины подведения дозы для тибioфemorального сочленения. При проведении УЗИ на кожу боковой по-

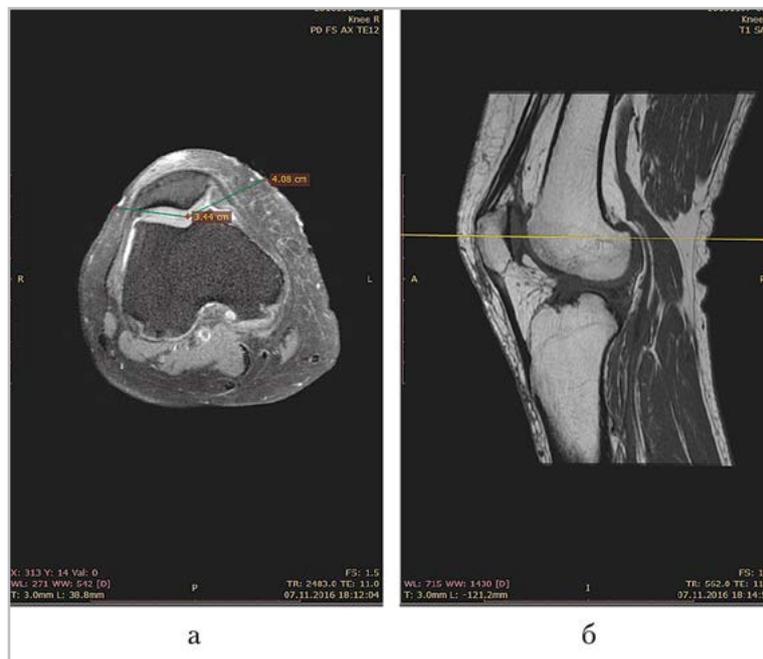


Рис. 5. МР-томограммы коленного сустава, сопоставления 2 проекций (аксиальной — *а* и сагиттальной — *б*), с измерением расстояний АВ от поверхности (медиальной и латеральной) до центра пателлофemorального сочленения по аксиальной поверхности



Рис. 6. Положение пациента на правом боку, при сгибании коленных суставов на 10–15°. Показан процесс нанесения разметки по лазерным центраторам гентри на медиальную боковую поверхность сустава

верхности коленного сустава выносили разметку тибioфemorального сочленения с медиальной и латеральной стороны. Обязательным условием пре-

емственности для последующей реконструкции сканов на компьютерном томографе служит одинаковое положение пациента при поведении исследования

(строго на боку при одинаковом угле сгибания в коленном суставе при УЗИ и КТ). При стандартном исследовании допускается наклонное положение УЗ-датчика, но для предлучевой томографии необходимо располагать датчик строго перпендикулярно поверхности сустава. На основании этой разметки выставляли лазерные центраторы гентри и выбирали сканы, которые и соответствовали максимальной ширине данного сочленения. Для контроля проводили сравнение по боковой топограмме и с расчетной глубиной DE. Контроль проводили по расстояниям от боковых поверхностей до центра сустава для тибioфеморального сочленения по данным МРТ (в аксиальной проекции), аналогично расчетам для пателлофеморального сочленения.

Для тибioфеморального сочленения вычисляли расстояние от поверхности сустава D до центра суставной щели E, определяемой на соответствующем скане (рис. 7), соответствующее оптимальной глубине для облучения тибioфеморального сочленения. Для контроля последующих укладок необходимо измерить

расстояние EF — до поверхности стола от центра тибioфеморального сустава B. Эти же измерения проводят отдельно для медиальной и латеральной стороны. На кожу по координатам выбранных сканов наносят разметку с медиальной и латеральной стороны, по аналогии с пателлофеморальным сочленением.

Последующую лучевую терапию проводили по разметке (рис. 8) с расчетом разовой дозы на глубину, рассчитанную при проведении топографии.

Данная методика позволяет также контролировать правильность укладки при каждом сеансе путем расчета соответствующих расстояний (BC и EF).

При вычислении глубины для расчета разовой очаговой дозы по данным МРТ в аксиальной плоскости были получены следующие результаты (см. табл.).

Из таблицы видно, что среднее значение для тибioфеморального сочленения составляет 5,7 (95 %-ная ДИ: 5–6,5) см, для пателлофеморального сочленения в медиальном отделе вдоль прохождения суставной щели в медиальном отделе — 3,8 (95 %-ная ДИ: 3,9–4,7) см. При сравнении с данными Кишковского

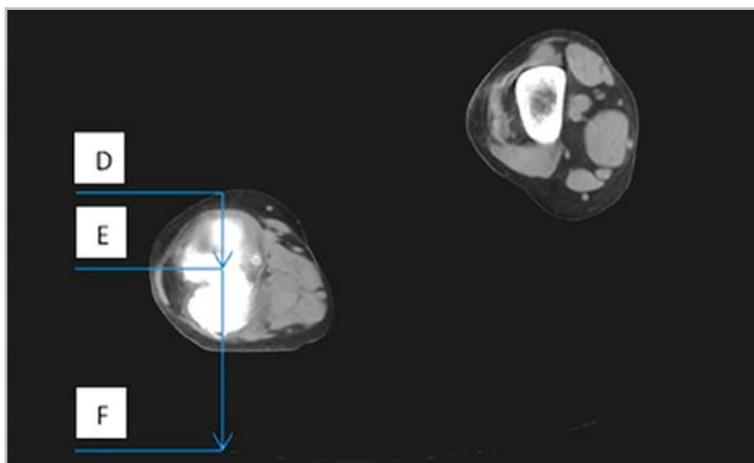


Рис. 7. МСК-томограмма, положение пациента на правом боку при сгибании коленных суставов на 10–15°, Расчеты проведены для сканов с максимальной шириной тибioфеморального сочленения для медиального поля



Рис. 8. Укладка больного для ОБРТ коленного сустава, медиальное боковое поле

**Характеристика расстояния поверхность кожи – центр облучения сустава  
для различных отделов коленного сустава**

Показатель	Значение, см		Среднее, см	Стандартное отклонение, см
	мини-мальное	макси-мальное		
Тибioфеморальный сустав	4,38	7,09	5,74	0,74
Пателлофеморальное сочленение медиально	3,02	4,86	3,87	0,50
Пателлофеморальное сочленение латерально	3,69	5,01	4,292	0,39

и Дударева, эти показатели отличаются от средней принятой стандартами глубины в 3 см.

Ортовольтная рентгенотерапия, проведенная при правильной и стабильной иммобилизации конечности с учетом расчета индивидуальных доз, позволяет соблюдать гарантии качества проведения лучевой терапии согласно МКРЕ [7]. Это позволяет существенно снизить лучевую нагрузку на смежные ткани, а также точно воспроизводить укладку при каждом сеансе облучения за достаточно короткий промежуток времени и контролировать правильность укладки при каждом сеансе путем расчета соответствующих расстояний (BC и EF).

Именно комплексный подход к предлучевой подготовке и последующей топометрии позволил точно выявить мишень для облучения и добиться подведения максимально возможной дозы на нужную глубину. Так, МРТ позволяла во всех случаях установить локализацию и распространенность синовита, изменения синовиальной оболочки, а следовательно, и определить центрацию рентгеновского пучка для ОВРТ. Определяемые по МРТ и КТ расстояния от боковой поверхности сустава до суставной щели пателлофemorального и тибioфemorального сочленений не соответствовали стандартизированным условиям проведения рентгенотерапии.

Существуют определенные погрешности при измерении расстояний по МРТ и сопоставлении их с данными КТ. Безусловно, положение пациента во время исследования влияет на глубину, однако разница в расстоянии не превышает 5 мм.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об особенностях луче-

вой топографии суставной щели пателлофemorального сочленения в условиях проведения рентгенотерапии, что требует проведения специальных подходов к предлучевой топометрии.

## Выводы

1. При планировании ОВРТ гонартроза для создания оптимальной дозы облучения необходимо выполнять предлучевую топометрию.
2. Расчет величины глубинной дозы и расположения полей облучения должен проводиться индивидуально, с применением результатов КТ и (или) МРТ, а также рентгенологических исследований.

## Список литературы

1. *Лучихина Л. В., Каратеев Д. Е.* Новые подходы к ранней диагностике артроза и перспективы его патогенетической терапии // Современная ревматология. 2014. № 4. С. 33–38.
2. *Макарова М. В., Титова Л. В., Вальков М. Ю.* Ортовольтная рентгенотерапия в сочетании с хондропротекторами при остеоартрозе коленных суставов 0–2-й стадии: результаты рандомизированного исследования // Вестник РНЦРРМЗ РФ. 2015. № 15. URL: [http://vestnik-rncrr.ru/vestnik/v15/papers/makarova\\_v15](http://vestnik-rncrr.ru/vestnik/v15/papers/makarova_v15).
3. *Наумов А. В., Алексеева Л. И., Верткин А. Л.* Ведение больных остеоартритом и коморбидностью в общей врачебной практике: Клинические рекомендации консенсуса экспертов Российской Федерации. М.: РНМОТ, 2015. 38 с.
4. *Филатова Е. С., Туровская Е. Ф., Алексеева Л. И., Эрдес Ш. Ф., Филатова Е. Г.* Анализ патогенетических механизмов хронической суставной боли у больных ревматоидным артритом и остеоартрозом коленных суставов // Научно-

- практическая ревматология. 2014. Т. 52. № 6. С. 631–635.
5. *Anish P., Mansoor M., Mohiuddin A. M., Coleman N.* Exploiting sensitization windows of opportunity in hyper and hypo-fractionated radiation therapy // *J. Thorac. Dis.* 2014. V. 6. № 4. P. 287–302.
  6. *Hochberg M., Altman R., April K.* American college of rheumatology 2015: Recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip and knee // *Arthritis Care & Research.* 2015. V. 64. No. 4. P. 465–474.
  7. International commission on radiological protection (ICRP): Proceedings of the third International symposium on the system of radiological protection // *Ann. ICRP.* 2016. V. 45. № 1. P. 38.
  8. *Keller S., Müller K., Kortmann R., Wolf U., Hildebrandt G., Liebmann A., Micke O., Flemming G., Baaske D.* Efficacy of low-dose radiotherapy in painful gonarthrosis: experiences from a retrospective East German bicenter study // *Radiat. Oncol.* 2013. V. 8. № 29.
  9. *Niewald M., Seegenschmiedt M. H., Micke O., Graeber S., Muecke R., Schaefer V., Scheid C., Fleckenstein J., Licht N., Ruebe C.* Randomized, multicenter trial on the effect of radiation therapy on plantar fasciitis (painful heel spur) comparing a standard dose with a very low dose: mature results after 12 months, follow-up // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2016. V. 84. № 2. P. 455–462.
  10. *Ulsh B. A.* Are risks from medical imaging still too small to be observed or non-existent? // *International dose-response society.* 2015. V. 13. № 1. P. 120.
- arthritis and the prospects for its pathogenetic therapy. *Modern rheumatology.* 2014. No. 4. P. 33–38 (in Russian).
2. *Makarova M. V., Titova L. V., Valkov M. Y.* Orthovoltage radiotherapy in combination with chondroprotectors in osteoarthritis of knee joints stage 0–2: results of a randomized trial. *Vestnik RNCRR.* 2015. No. 15. URL: [http://vestnik-rncrr.ru/vestnik/v15/papers/makarova\\_v15](http://vestnik-rncrr.ru/vestnik/v15/papers/makarova_v15). (in Russian).
  3. *Naumov A. V., Alekseeva L. I., Vertkin A. L.* The management of patients with osteoarthritis and comorbidity in General practice. *Klinicheskie recommendations of the consensus of experts from the Russian Federation.* Moscow: RNMOT, 2015. 38 p. (in Russian).
  4. *Filatova E. S., Turovskaja E. F., Alekseeva L. I., Jerdes Sh. F., Filatova E. G.* Analysis of the pathogenetic mechanisms of chronic joint pain in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis of the knee joints. *Scientific-practical rheumatology.* 2014. V. 52. No. 6. P. 631–635 (in Russian).
  5. *Anish P., Mansoor M., Mohiuddin A. M., Coleman N.* Exploiting sensitization windows of opportunity in hyper and hypo-fractionated radiation therapy. *J. Thorac. Dis.* 2014. V. 6. No. 4. P. 287–302.
  6. *Hochberg M., Altman R., April K.* American college of rheumatology 2015: Recommendations for the use of nonpharmacologic and pharmacologic therapies in osteoarthritis of the hand, hip and knee. *Arthritis Care & Research.* 2015. V. 64. No. 4. P. 465–474.
  7. International commission on radiological protection (ICRP). Proceedings of the third International symposium on the system of radiological protection. *Ann. ICRP.* 2016. V. 45. No. 1. P. 38.
  8. *Keller S., Müller K., Kortmann R., Wolf U., Hildebrandt G., Liebmann A., Micke O.,*

## References

*Flemming G., Baaske D.* Efficacy of low-dose radiotherapy in painful gonarthrititis: experiences from a retrospective East German bicenter study. *Radiat. Oncol.* 2013. V. 8. No. 29.

9. *Niewald M., Seegenschmiedt M.H., Mücke O., Graeber S., Muecke R., Schaefer V., Scheid C., Fleckenstein J., Licht N., Ruebe C.* Randomized, multicenter trial on the effect of radiation therapy on plantar

fasciitis (painful heel spur) comparing a standard dose with a very low dose: mature results after 12 months, follow-up. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2016. V. 84. No. 2. P. 455–462.

10. *Ulsh B. A.* Are risks from medical imaging still too small to be observed or non-existent? // International dose-response society. 2015. V. 13. No. 1. P. 120.

### Сведения об авторах

**Макарова Мария Васильевна**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры лучевой диагностики, лучевой терапии и онкологии ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Архангельск.  
Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.  
Тел.: +7 (911) 557-46-49. Электронная почта: mtim10@gmail.com

**Makarova Mariya Vasil'evna**, Ph. D. Med., Assistant of Department of Radiation Diagnosis, Radiation Therapy and Oncology, Northern State Medical University.  
Address: 51, pr. Troitsky, 163000, Arkhangelsk, Russia.  
Phone number: +7 (911) 557-46-49. E-mail: mtim10@gmail.com

**Шубин Андрей Михайлович**, врач-рентгенолог ГБУ Архангельской области «Архангельский клинический онкологический диспансер».  
Адрес: 163045, г. Архангельск, пр. Обводный канал, д. 145, корп. 1.  
Тел.: +7 (921) 720-69-88. Электронная почта: ximatron@rambler.com

**Shubin Andrej Mikhailovich**, Radiologist, Arkhangelsk Regional Oncology Center.  
Address: 145-1, pr. Obvodnyj kanal, 163045, Arkhangelsk, Russia.  
Phone number: +7 (921) 720-69-88. E-mail: ximatron@rambler.com

### 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.*

# Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в диагностике прогрессирования рака шейки матки после химиолучевой терапии

Е. В. Тарачкова<sup>\*,1</sup>, М. А. Шориков<sup>2</sup>, Т. А. Логунова<sup>1</sup>,  
Ф. А. Коссов<sup>1</sup>, В. О. Панов<sup>1,2</sup>, И. Е. Тюрин<sup>1,2</sup>

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

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

## Features of Multiparametric Magnetic-resonance Imaging in Diagnostics of Cervical Cancer Progression After Chemoradiotherapy

E. V. Tarachkova<sup>\*,1</sup>, M. A. Shorikov<sup>2</sup>, T. A. Logunova<sup>1</sup>,  
F. A. Kossov<sup>1</sup>, V. O. Panov<sup>1,2</sup>, I. E. Tyurin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia

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

### Реферат

Магнитно-резонансная томография играет ключевую роль в оценке распространенности и стадировании впервые выявленного рака шейки матки, а также является незаменимым инструментом в неинвазивном определении рецидива заболевания и продолженного роста опухоли. Тактика хирургического и химиолучевого лечения во многом определяется МРТ-картиной выявленной опухоли. Однако выявление остаточной опухолевой ткани и местного рецидива на фоне постоперационных и постлучевых изменений представляет значительные сложности. Мультипараметрическая МРТ благодаря комплексному подходу и возможностям реализации различных алгоритмов постобработки

<sup>\*</sup>Тарачкова Елена Владимировна, кандидат медицинских наук, ассистент, кафедра рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.  
Адрес: 123995, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.  
Тел.: +7 (495) 324-71-44. Электронная почта: e.v.tarachkova@yandex.ru

Tarachkova Elena Vladimirovna, Ph. D. Med., Teaching Assistant, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 2/1, ul. Barrikadnaya, Moscow, 123995, Russia.  
Phone number: +7 (495) 324-71-44. E-mail: e.v.tarachkova@yandex.ru

показала достаточно высокие значения чувствительности и специфичности в выявлении раннего рецидива рака шейки матки после химиолучевого лечения.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, рак шейки матки, химиолучевая терапия, продолженный рост, рецидив заболевания, дифференциальный диагноз.

### Abstract

Magnetic-resonance imaging plays the key role in local estimation and staging of primary detected cervical cancer and also MRI is an irreplaceable method in noninvasive assessment of cancer recurrence and continued tumor growth. Surgical and chemoradiation tactics largely depends on MRI changes of detected tumor. However, diagnostics of residual tumor remnants and local recurrence in presence of postoperative and postradiation changes appears to be rather difficult. Due to complex approach and possibility to realize different postprocessing algorithms multiparametric MRI shows sufficiently high levels of sensitivity and specificity in detection of early cervical cancer recurrence after chemoradiation therapy.

**Key words:** Magnetic Resonance Imaging, Uterine Cervical Neoplasms, Chemoradiotherapy, Continued Growth, Disease Recurrence, Differential Diagnosis.

### Актуальность

Ранняя неинвазивная и достоверная оценка рецидива рака шейки матки (РШМ) с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) является ключевым моментом для последующего выбора необходимого лечения, которое должно повысить выживаемость и качество жизни пациенток с РШМ [1–3].

Предпочтительно выявлять рецидив до появления клинических симптомов, поскольку при появлении симптоматики выживаемость значительно снижается.

Однако клиническое наблюдение бессимптомных пациентов проблематично. Пациентки после химиолучевого лечения нуждаются в динамическом наблюдении с использованием методов лучевой диагностики — МРТ и КТ [6]. КТ и МРТ позволяют выявить локальный рецидив РШМ на фоне послеоперационных и постлучевых изменений [11] и определить, является ли состояние курабельным [9]. При этом МРТ-исследование является более информативным по сравнению с КТ при выявлении рецидивов в малом тазу

благодаря возможности получения изображений с высоким относительным контрастом мягких тканей в любой плоскости.

Как правило, большинство рецидивов, возникающих в малом тазу после хирургического и/или химиолучевого лечения, хорошо визуализируются на нативных Т2-ВИ благодаря высокой чувствительности (90–91 %) [10]. Однако Т2-ВИ по данным литературы имеют низкую специфичность (22–38 %). В течение первых нескольких месяцев наблюдается расширение эндоцервикального канала, высокий сигнал внутри стромы матки (шейки матки) за счет реактивного отека и воспаления [4, 5] и раннего фиброза с обильной грануляцией тканей, которые могут имитировать остаточную или рецидивную опухоль [8].

Низкий сигнал на Т2-ВИ соответствует ткани стромы, в связи с чем отрицательное прогностическое значение в диагностике рецидива РШМ на основе анализа только Т2-ВИ может достигать 95 % из-за отсутствия участка, который следует дифференцировать между зо-

ной продолженного роста или рецидива и грануляционными изменениями.

Наиболее часто в литературе встречаются следующие МРТ-признаки рецидива РШМ:

- 1) умеренно или гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ на фоне гипоинтенсивной фиброзной ткани (постлучевые изменения);
- 2) высокий МР-сигнал на ДВИ с высоким значением b-фактора и низкое значение ИКД [7].

Добавление к этому комплексу ДМРТКУ должно позволить оценить состояние ангиогенеза в области лечения и степень нарушения проницаемости сосудистых стенок, предположительно оценить степень гипоксии.

**Цель:** выяснение возможностей мультипараметрической МРТ (мпМРТ), объединяющей T2-ВИ с высоким разрешением в 3 ортогональных проекциях, с подавлением и без подавления сигнала от жировой ткани; ДВИ с построением карт ИКД; динамическую МРТ с контрастным усилением (ДМРТКУ) в выявлении продолженного роста и/или рецидива при наличии подозрительного участка в шейке матки у пациенток после химиолучевой терапии при РШМ.

## Материалы и методы

В ходе исследования изучены клинические данные о 66 пациентках с гистологически подтвержденным раком шейки матки после химиолучевого лечения:

- с гистологически верифицированным рецидивом или продолженным ростом — 53 (80,3 %) человека, возраст — 25–61 год, средний возраст —  $41 \pm 6$  лет, срок после лечения до МРТ-исследования — от 2 нед до 28 мес;
- с гистологически верифицированным отсутствием рецидива или про-

долженного роста — 13 (19,3 %) человек, возраст — 30–49 лет, средний возраст —  $40 \pm 5$  лет, срок после лечения до МРТ-исследования — от 4 до 35 мес.

При подготовке к исследованию назначалась 2-дневная диета с запретом на газообразующие продукты. За день до исследования пациентки должны были разово принять слабительное средство в стандартной дозе и/или не менее чем за 12 ч до исследования очищающую клизму. В день исследования — легкий завтрак, богатый углеводами, с минимальным количеством жидкости (но не позже, чем за 2 ч до исследования). За 10–15 мин до исследования — прием *per os* спазмолитического средства дротаверин (но-шпа®, ниопик, ГНЦ, Россия) в дозе 40–80 мг либо при отсутствии в анамнезе запоров антиперистальтического средства м-холиноблокатора гиосцина бутилбромида (бускопан®, Boehringer Ingelheim, Германия) в дозе 10 мг. Исследования проводили при малом наполнении мочевого пузыря.

Исследования проведены на аппаратах Magnetom Espree®, 1,5 Тл, Magnetom Skyra®, 3 Тл (Siemens, Германия) с использованием многоканальной 12-элементной приемной катушки «для тела», которую укладывали на область малого таза пациенток, размещенных в приборе в положении *supine* (на спине), центрирование на 2–3 см выше лобка пациента. При анализе данных настоящего исследования были использованы следующие последовательности, уже описанные ранее [2, 3]:

1. При проведении T2-ВИ использовали импульсную последовательность (ИП) Turbo Spin Echo (T2-ВИ TSE) без и с частотным подавлением сигнала жировой ткани в 3 ортого-

- нальных проекциях (сагиттальной, коронарной и косой аксиальной проекциях перпендикулярно шейке матки), со следующими параметрами: поле зрения 320 мм, матрица изображения  $384 \times 384$ , толщина среза 3 мм, количество накоплений = 1, фактор ускорения = 17, TR/TE = 6300–8000 мс / 132 мс.
2. При проведении ДВИ на основе эхопланарной ИП с подавлением сигнала жировой ткани частотно селективным инвертирующим импульсом и построением ИКД-карт параметры были следующими: поле зрения 400 мм, матрица изображения  $96 \times 196$ , толщина среза от 3 до 4 мм, количество накоплений = 6, TR/TE = 370 мс / 82 мс, b-фактор = 50, 800.
  3. T1-ВИ на основе градиентного эха с помощью трехмерной (3D) ИП VIBE (3D VIBE) с частотным подавлением сигнала жировой ткани в аксиальной проекции до введения МРКС получали при использовании следующих параметров: поле зрения 240 мм, матрица изображения  $243 \times 320$ , толщина среза 2 мм, количество накоплений = 1, TR/TE/flip angle = 5,94 мс / 2,08 мс /  $10^\circ$ .
  4. Для T1-ВИ на основе сверхбыстрого 3D-градиентного эха с помощью ИП TWIST (3D TWIST) при неполном заполнении матрицы k-пространства в процессе динамического исследования (keyhole imaging) [16] и с частотным подавлением сигнала жировой ткани в аксиальной проекции — 35 динамических серий по 4,8 с введения МРКС использовали следующие параметры: поле зрения 260 мм, матрица изображения  $192 \times 256$ ,

толщина среза 3 мм, количество накоплений = 1, TR/TE/flip angle = 4,6 мс / 186 мс /  $12^\circ$ , процент сбора центральной и периферической части k-пространства A = 51 % и B = 21 %. Для уменьшения зависимости от неоднородности подавления МР-сигнала жировой ткани и более точного определения зоны накопления МРКС МР-томограммы до контрастирования вычитали из соответствующих томограмм, полученных в различное время после введения МРКС. Общее время наблюдения — около 2,5 мин (125 с) после появления МРКС в опухоли.

5. T1-ВИ 3D VIBE проводили с частотным подавлением сигнала жировой ткани в аксиальной проекции после введения МРКС, с теми же параметрами, что и до введения МРКС: поле зрения 240 мм, матрица изображения  $243 \times 320$ , толщина среза 2 мм, количество накоплений = 1, TR/TE/flip angle = 5,94 мс / 2,08 мс /  $10^\circ$ , с последующим вычитанием МР-томограмм до контрастирования из полученных томограмм в отсроченную фазу, что позволяет уменьшить зависимость от неоднородности подавления МР-сигнала жировой ткани и более точно определить зоны накопления МРКС.

Для проведения ДМРТКУ внутривенно вводили водорастворимое внеклеточное 1 молярное МРКС гадобутирол (гадовист®, Bayer, Германия) в дозе 7,5 мл (примерно 0,1 ммоль/кг массы тела) со скоростью 2,5–3 мл/с.

Помимо нарушения анатомической картины (прежде всего зональной структуры шейки матки при РШМ) при МРТ оценивали следующие параметры:

- интенсивность сигнала, т. е. насколько яркой или темной кажется структура на фоне окружающих тканей или при количественном анализе среднее значение интенсивности сигнала (ИС) в области интереса (Region Of Interest – ROI);
- неоднородность сигнала, т.е. наличие и степень выраженности неравномерности распределения сигнала структуры на фоне окружающих тканей или при количественном анализе разброс значений интенсивности сигнала внутри изучаемой области (ROI), которая может быть оценена как абсолютное значение стандартного отклонения интенсивности сигнала (СО ИС) или отношение стандартного отклонения к самой величине интенсивности сигнала в области интереса (ROI).

Данные характеристики доступны для простого визуального анализа, однако их можно оценить и количественно, используя стандартный интерфейс рабочей станции, что позволяет установить конкретные количественные референсные значения этих показателей. При измерении изменений интенсивности МР-сигнала на всех типах изображений использовали данные об ИС и СО ИС в выбранных вручную участках интереса (ROI) ткани шейки матки и использованных для нормировки МР-сигнала большой ягодичной мышцы, параметрия, миометрия тела матки и стромы шейки матки (выбирали участки размером не менее 15 пикселей).

Используя изображения, полученные при вычитании МР-томограмм до и после введения МРКС, строили графики изменения интенсивности сигнала и его стандартного отклонения в за-

висимости от времени при ДМРТКУ, определяли интенсивность сигнала и его стандартное отклонение в тех же участках на постконтрастных изображениях в отсроченную фазу. По T2-ВИ в 3 ортогональных проекциях, диффузионно-взвешенным изображениям с построением ИКД-карт осуществлялось уточнение расположения опухоли.

Для каждого полученного графика производили определение точки перегиба, после которой скорость накопления МРКС опухолью менялась: к начальной и конечным участкам кривых проводили касательные прямые, а точка их пересечения считалась точкой перегиба графика (точкой изменения скорости изменения сигнала). При анализе ИС подозрительных участков на ДМРТКУ использовалась дополнительно нормировка ИС в различные периоды времени к ИС в точке перегиба.

Обработка и статистический анализ полученных данных осуществлялся при помощи программ Microsoft Excel 10 с надстройкой Addinsoft XLStat, StatSoft STATISTICA 10, с применением критериев Манна – Уитни, Краскела – Уоллиса, Данна, анализа ROC-кривых (Receiver Operator Curves). Данные на графиках содержат медиану, первый и третий квантиль и общий разброс данных, за исключением выбросов, выявленных методом множественной регрессии.

### Результаты и их обсуждение

При анализе МР-изображений, полученных у пациенток после химиолучевой терапии в разные сроки без разделения на группы клинических случаев с успешным лечением (без признаков продолженного роста или рецидива) и при прогрессировании заболевания, достоверных отличий не удалось обнару-

жить ни при использовании критерия Краскела — Уоллиса ( $p > 0,06-0,96$ ), ни при построении регрессии для тех же параметров ( $p > 0,06-0,95$ ). Сроки наблюдения от окончания лечения составили от 1 до 35 мес. Однако во всех случаях имели место сохранявшееся нарушение зональной структуры и неполная нечеткая дифференцировка стромы шейки матки у этих пациенток. В связи с этим дальнейший анализ проводился для поиска различий между параметрами мпМРТ ткани в зоне поражения и прилежащими тканями, исключительно в группе пациенток, где при использовании гистологического подтверждения прогрессирования или рецидива заболевания (как группирующей переменной для анализа с помощью критерия Манна — Уитни).

Таким образом, удалось установить, что для прогрессирования заболевания (положительный результат гистологического анализа) характерны высокая неоднородность опухоли (значение стан-

дартного отклонения интенсивности МР-сигнала) на Т2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани. Отмечалась высокая интенсивность МР-сигнала в области стромы шейки матки и более высокий интенсивный МР-сигнал на ДМРТКУ Т1-ВИ при сравнении МР-сигнала с неповрежденным миометрием и стромой на отсроченной фазе после введения МРКС и высокий сигнал на ДВИ при нормировке к ИС параметрия (табл. 1–3). Все остальные параметры достоверных отличий не продемонстрировали ( $p > 0,06-0,96$ ). Обращает на себя внимание невозможность надежной оценки характера изменений (воспалительные или прогрессирование заболевания) по высокоинтенсивному сигналу на Т2-ВИ с/без подавления сигнала от жировой ткани при всех описанных ранее нормировках сигнала.

В связи с этим достоверно высказаться о наличии опухолевого процесса по этому показателю не представляется возможным. Однако высокий сигнал на

Таблица 1

**Медиана и разброс критериев различий интенсивности МР-сигнала на Т2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в выделенной области ROI (не менее 15 пикселей)\***

Параметр	Гистологическое подтверждение прогрессирования заболевания	Медиана	1-й квантиль	3-й квантиль	Уровень достоверности различий p
СО ИС (ШМ)	Нет	33,93	24,25	37,02	0,027187
	Есть	39,23	32,98	51,45	
ИС (строма)	Нет	63,84	49,15	80,47	0,007808
	Есть	84,33	69,63	125,61	

\* *Примечание:* для РШМ при отсутствии гистологических признаков прогрессирования заболевания и при их наличии после лечения по данным гистологического анализа. При наличии рецидива или продолженного роста выявляется большая неоднородность (СО ИС) и более высокая интенсивность сигнала стромы (ИС (строма) на Т2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани.

Таблица 2

**Медиана и разброс критериев различий интенсивности МР-сигнала на Т1-ВИ при ДМРТКУ в отсроченную фазу в выделенной области ROI (не менее 15 пикселей)\***

Параметр	Гистологическое подтверждение прогрессирования заболевания	Медиана	1-й квантиль	3-й квантиль	Уровень достоверности различий р
ИС (ШМ)/ ИС (миометрий)	Нет	0,84	0,77	0,97	0,004000
	Есть	1,04	0,89	1,12	
ИС (ШМ)/ ИС (стромы)	Нет	0,94	0,83	1,10	0,023996
	Есть	1,10	0,97	1,25	

\* *Примечание:* для РШМ при отсутствии гистологических признаков прогрессирования заболевания и при их наличии после лечения по данным гистологического анализа. При наличии рецидива или продолженного роста выявляется большая интенсивность сигнала подозрительной области при отнесении ее к интенсивности сигнала стромы шейки матки или миометрию на Т1-ВИ после введения МРКС в отсроченную фазу.

Таблица 3

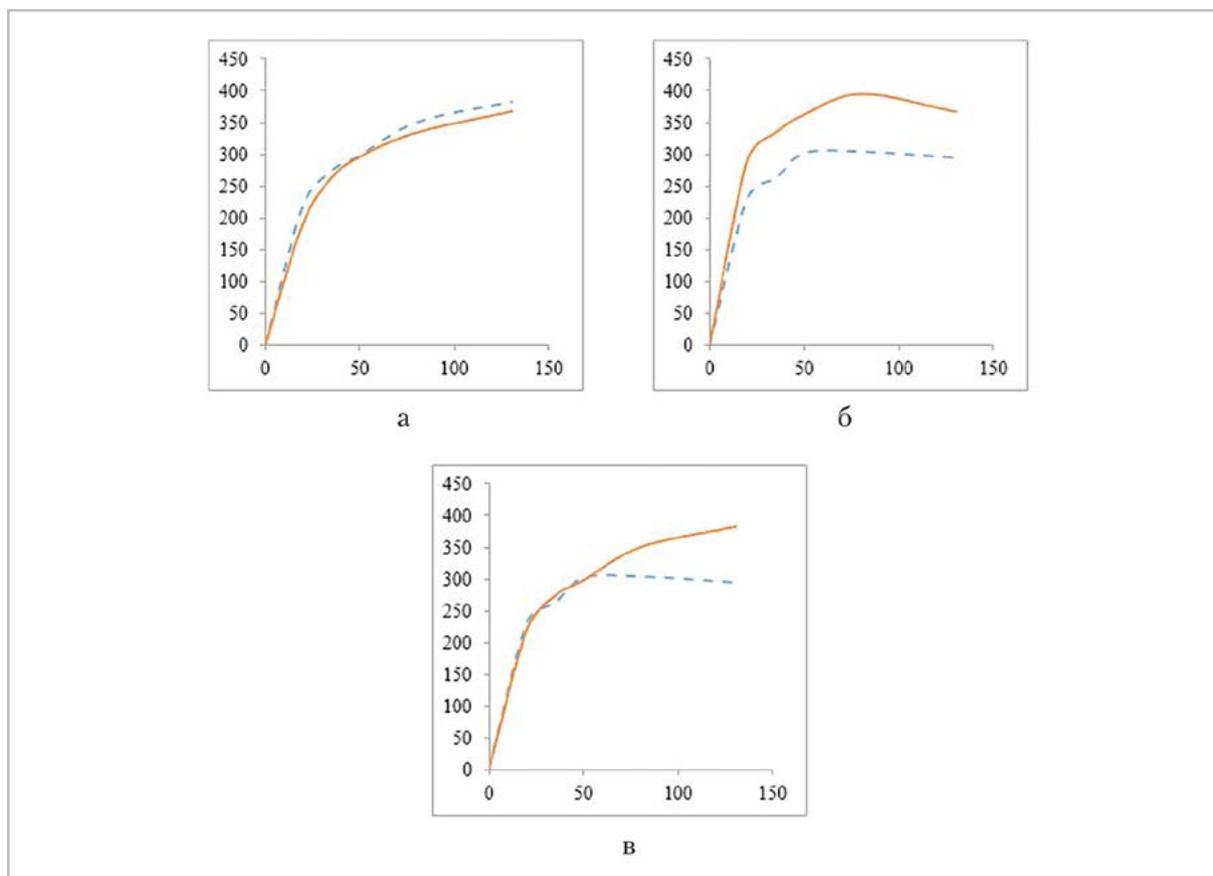
**Медиана и разброс критериев различий интенсивности МР-сигнала на ДВИ в выделенной области ROI (не менее 15 пикселей)\***

Параметр	Гистологическое подтверждение прогрессирования заболевания	Медиана	1-й квантиль	3-й квантиль	Уровень достоверности различий р
ИС ДВИ (ШМ)/ ДВИ ИС (параметрий)	Нет	1,11	1,10	1,24	0,031561
	Есть	1,10	1,01	1,45	

\* *Примечание:* для РШМ при отсутствии гистологических признаков прогрессирования заболевания и при их наличии после лечения по данным гистологического анализа. Несмотря на близость медиан ИС для подозрительного участка шейки матки на ДВИ для группы, имеющей рецидив или продолженный рост заболевания, выявляется больший разброс значений ИС, более характерные высокие его значения.

Т2-ВИ от интактной стромы может быть связан с наличием в ней диссеминированных клеток опухоли, находящихся в процессе патоморфоза. По результатам исследования с применением динамического контрастирования также оказались непоказательными как при воспалительных изменениях, так и при опухолевых поражениях ( $p > 0,05$ ). Тем

не менее, несмотря на недостоверность различий, в тенденции наблюдается, в большинстве случаев, гипоинтенсивное накопление МРКС участком фиброзно-воспалительных изменений по сравнению с миометрием, а участок рецидива или продолженного роста РШМ по сравнению с миометрием накопление МРКС изоинтенсивно до 50 с измере-



Характерный вид кривых накопления МРКС для РШМ после химиолучевого лечения. По оси абсцисс отложено время от появления МРКС в опухоли, по оси ординат — интенсивность сигнала ткани: *а* — для пациенток с гистологически подтвержденным прогрессированием заболевания: непораженный миометрий — *сплошная кривая*, ткань опухоли — *пунктирная кривая*; *б* — для пациенток без признаков новообразования: непораженный миометрий — *сплошная кривая*, участок фиброзно-рубцовых изменений — *пунктирная кривая*; *в* — 2 кривые вместе: опухоль — *сплошная кривая*, участок фиброзно-рубцовых изменений — *пунктирная кривая*

ния и гиперинтенсивно после 50 с (рис., *а – в*).

В случаях положительного результата гистологической верификации высокоинтенсивный сигнал, полученный в отсроченную фазу, на фоне стромы шейки матки и миометрия сохраняется на изображениях, и это отличие, в свою очередь, является достоверным ( $p < 0,04$ ). При анализе ROC-кривых в связи с отсутствием достоверных отличий площади под кривой для ДВИ с постро-

ением карт ИКД от 0,5 (случайного гадания) параметры были исключены из оценки индивидуальной чувствительности и специфичности. Для Т2-ВИ и ДМРТКУ Т1-ВИ данные по чувствительности и специфичности сведены в табл. 4 и 5.

В случае обследования пациентки после лечения чувствительность может быть более важным параметром, чем специфичность, поэтому представлены, как опорные значения для чувствитель-

Таблица 4

**Медиана и разброс критериев различий интенсивности МР-сигнала на Т2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в выделенной области ROI (не менее 15 пикселей)\***

Параметр	Критическое значение	Чувствительность	Специфичность	Точность	Площадь под кривой
СО ИС (ШМ)	24,25	0,96	0,31	1,27	0,694
	28,18	0,90	0,38	1,29	
	30,81	0,81	0,46	1,27	
	<b>37,06</b>	<b>0,56</b>	<b>0,85</b>	<b>1,40</b>	
	40,61	0,46	0,92	1,38	
ИС (строма)	49,15	0,96	0,31	0,83	0,735
	58,19	0,90	0,46	1,36	
	60,13	0,86	0,46	1,33	
	63,84	0,81	0,54	1,35	
	<b>69,98</b>	<b>0,73</b>	<b>0,69</b>	<b>1,42</b>	
	83,69	0,52	0,85	1,36	
90,45	0,36	0,92	1,29		

\* *Примечание:* ШМ – шейка матки (в данной части работы выбирался участок, топически совпадавший или наиболее близкий к ранее локализовавшейся опухоли). Строма – анатомически и по литературным данным определяемая как здоровая строма шейки матки; ИС – интенсивность сигнала в выделенной области (15 пикселей); СО ИС – стандартное отклонение интенсивности сигнала в выделенной области (не менее 15 пикселей). Жирным выделены значения, дающие при максимальной специфичности высокую точность. Площадь под кривой достоверно ( $p < 0,05$ ) превышает случайное гадание ( $AUC = 0,5$ ).

Таблица 5

**Влияние МР-критериев интенсивности МР-сигнала на Т1-ВИ при ДМРТКУ в определении продолженного роста или рецидива РШМ на точность, чувствительность и специфичность метода**

Параметр	Критическое значение	Чувствительность	Специфичность	Точность	Площадь под кривой
ИС (ШМ) / ИС (миометрий)	0,67	0,90	0,08	0,98	0,76
	0,84	0,85	0,54	1,38	
	<b>0,87</b>	<b>0,79</b>	<b>0,69</b>	<b>1,48</b>	
	1,00	0,56	0,85	1,40	
	1,05	0,50	0,92	1,42	
	1,07	0,46	1,00	1,46	

Параметр	Критическое значение	Чувствительность	Специфичность	Точность	Площадь под кривой
ИС (ШМ) / ИС (строма)	0,78	0,94	0,23	1,17	0,70
	0,83	0,92	0,31	1,23	
	0,87	0,88	0,46	1,35	
	<b>1,02</b>	<b>0,69</b>	<b>0,69</b>	<b>1,38</b>	
	1,15	0,42	0,85	1,27	
	1,18	0,38	0,92	1,31	

\* *Примечание:* ШМ — шейка матки (в данной части работы выбирался участок, топически совпадавший или наиболее близкий к ранее локализовавшейся опухоли). Строма — анатомически и по литературным данным определяемая как здоровая строма шейки матки; ИС — интенсивность сигнала в выделенной области (15 пикселей), СО ИС — стандартное отклонение интенсивности сигнала в выделенной области (не менее 15 пикселей). Жирным выделены значения, дающие при максимальной специфичности высокую точность. Площадь под кривой достоверно ( $p < 0,05$ ) превышает случайное гадание ( $AUC = 0,5$ ).

ности, так и специфичности от 0,8 и при максимизации их суммы (максимальной точности).

Наиболее значимым по результатам оценки представляется высокоинтенсивный сигнал опухоли по отношению к миометрию. Для объединения параметров в этом случае была построена модель на основе бинарной логистической регрессии, включены все значимые параметры (это допускает объем выборки). Параметр ИС ДВИ (ШМ)/ИС ДВИ (параметрий), несмотря на отсутствие у него самостоятельного диагностического значения, вновь включен в анализ, как достоверно отличающийся для 2 групп уточняющий параметр. Объединенная модель позволила существенно улучшить чувствительность и специфичность метода, хотя чувствительность и специфичность уступают результатам первичного анализа. В табл. 6 представлены все критические значения полученной модели.

В целом анализ данных мпМРТ позволяет предложить высокочувствительный (чувствительность — 96 %) и достаточно специфичный (специфичность — 70 %) метод дифференциальной диагностики прогрессирования заболевания и положительной динамики даже через 35 мес после проведенной химиолучевой терапии, в результате работы выявлен ряд параметров, статистически достоверно отличающих область продолженного роста РШМ или его рецидива от окружающих непораженных тканей. Тем не менее выявленная специфичность метода позволяет отметить необходимость морфологического подтверждения результатов МРТ-исследования.

В связи со схожими результатами мпМРТ в сроки от 1 до 35 мес можно предположить, что при химиолучевой терапии происходит глубокая необратимая перестройка тканей шейки матки. Использование всех модальностей

Таблица 6

**Влияние МР-критериев, достоверно отличающихся по критерию Манна – Уитни и объединенных методом логистической бинарной регрессии в определении продолженного роста или рецидива РШМ на точность, чувствительность и специфичность**

Параметр	Критическое значение	Чувствительность	Специфичность	Точность	Площадь под кривой
Совокупность параметров	0,31	1,00	0,54	1,54	0,90
	<b>0,50</b>	<b>0,96</b>	<b>0,69</b>	<b>1,65</b>	
	0,80	0,77	0,85	1,62	
	0,88	0,66	0,92	1,58	
	0,93	0,55	1,00	1,55	

\* *Примечание:* площадь под кривой достоверно ( $p < 0,05$ ) превышает случайное гадание ( $AUC = 0,5$ ).

мпМРТ позволяет с достаточно высокой чувствительностью предположить наличие или отсутствие прогрессирования заболевания после химиолучевой терапии, однако она недостаточно специфична, чтобы рекомендовать отказ от морфологического исследования.

**Выводы**

Изменения, выявляемые по результатам мпМРТ, после химиолучевой терапии различаются для успешного лечения и при наличии прогрессирования заболевания только по отдельным параметрам:

1. Более высокой неоднородностью МР-сигнала на Т2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани обладает подозрительный участок шейки матки по сравнению с окружающими тканями после успешного лечения при прогрессировании заболевания.
2. Интенсивность МР-сигнала на Т2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани достоверно выше от стромы при прогрессировании заболевания, чем при успешном лечении.

3. Интенсивность МР-сигнала при его нормировке к сигналу стромы шейки матки или миометрию на Т1-ВИ выше в отсроченную фазу после введения МРКС на участке шейки матки с сохранившейся тканью опухоли по сравнению с ее тканью при успешном лечении опухоли.

**Список литературы**

1. Тарачкова Е. В., Стрельцова О. Н., Панов О. В., Базаева И. Я., Тюрин И. Е. Мультипараметрическая магнитно-резонансная томография в диагностике рака шейки матки // Вестник рентгенологии и радиологии. 2015. № 6. С. 43–55.
2. Тарачкова Е. В., Шориков М. А., Панов В. О., Кузнецов В. В., Тюрин И. Е., Шимановский Н. Л. Возможности динамической МРТ с контрастным усилением в определении гистологического типа рака шейки матки // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2016. № 4. С. 29–35.
3. Тарачкова Е. В., Шориков М. А., Панов В. О., Кузнецов В. В., Усманова Л. Ш.,

- Тюрин И. Е. Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике гистологического типа рака шейки матки на дооперационном этапе // Опухоли женской репродуктивной системы. 2016. Т. 12. № 2. С. 60–69.
4. Шостка К. Г., Павленко А. Н., Фокина А. В., Кашина Н. О., Роман Л. Д. Непосредственные и отдаленные результаты лечения после тазовых экзисцераций при местнораспространенном раке шейки матки // Вопросы онкологии. 2014. Т. 60. № 3. С. 319–322.
  5. Graef D. M., Karam R., Juhan V., Daclin P., Maubon A., Rouanet J. High signals in the uterine cervix on T2-weighted MRI sequences // Eur. Radiol. 2003. V. 13. № 1. P. 118–126.
  6. Ho J. C., Allen P. K., Bhosale P. R., Rauch G. M., Fuller C. D., Mohamed A. S., Frumovitz M., Jhingran A., Klopp A. H. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a predictor of outcome in cervical cancer after chemoradiation // Int. J. of Rad. Oncol. Biol. Phys. 2017. V.97. №3. P.546–553.
  7. Padhani A. R., Liu G., Mu-Koh D. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations // Neoplasia. 2009. V. 11. № 2. P. 102–125.
  8. Papadopoulou I., Stewart V., Barwick T.D., Park W.H., Soneji N., Rockall A.G., Bharwani N. Post-Radiation Therapy Imaging Appearances in Cervical Carcinoma // Radiographics. 2016. V. 36. № 2. P. 538–553.
  9. Sugimura K., Okizuka H. Postsurgical pelvis: treatment follow-up // Radiol. Clin. of North Am. 2002. V. 40. № 3. P. 659–680.
  10. Torheim T., Groendahl A.R., Andersen E. K., Lyng H., Malinen E., Kvaal K., Futsaether C. M. Cluster analysis of dynamic contrast

enhanced MRI reveals tumor subregions related to locoregional relapse for cervical cancer patients // Acta Oncol. 2016. V. 55. № 11. P. 1294–1298.

11. Weber T. M., Sostman H. D., Spritzer C. E., Ballard R. L., Meyer G. A., Clark-Pearson D. L., Soper J. T. Cervical carcinoma: determination of recurrent tumor extent versus radiation changes with MR imaging // Radiol. 1995. V. 194. № 1. P. 135–139.

## References

1. Tarachkova E. V., Strel'tsova O. N., Panov V. O., Bazaeva I. Yu., Tyurin I. E. Multiparameter magnetic resonance imaging in the diagnosis of cancer of the cervix uteri. Vestnik rentgenologii i radiologii. 2015. No. 6. P. 43–55 (in Russian).
2. Tarachkova E. V., Shorikov M. A., Panov V. O., Kuznetsov V. V., Tyurin I. E., Shimanovskiy N. L. Dynamic contrast-enhanced MRI in determining histological type of cervical cancer. Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. 2016. No. 4. P. 29–35 (in Russian).
3. Tarachkova E. V., Shorikov M. A., Panov V. O., Kuznetsov V. V., Usmanova L. Sh., Tyurin, I. E. Possibilities of multiparametric MRI in the differential diagnosis of histological types of cervical cancer in the preoperative period. Opuholi zhenskoy reproduktivnoy sistemy. 2016. No. 12 (2). P. 60–69 (in Russian).
4. Shostka K. G., Pavlenko A. N., Fokina A. V., Kashina N. O., Roman L. D. Immediate and long-term results of treatment after pelvic exenterations for locally advanced cervical cancer. Voprosy onkologii. 2014. No. 60 (3). P. 319–322 (in Russian).
5. Graef D. M., Karam R., Juhan V., Daclin P., Maubon A., Rouanet J. High signals in the uterine cervix on T2-weighted

- MRI sequences. *Eur. Radiol.* 2003. V. 13. No. 1. P. 118–126.
6. *Ho J. C., Allen P. K., Bhosale P. R., Rauch G. M., Fuller C. D., Mohamed A. S., Frumovitz M., Jhingran A., Klopp A. H.* Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a predictor of outcome in cervical cancer after chemoradiation. *Int. J. of Rad. Oncol. Biol. Phys.* 2017. V. 97. No. 3. P. 546–553.
  7. *Padhani A. R., Liu G., Mu-Koh D.* Diffusion-weighted magnetic resonance imaging as a cancer biomarker: consensus and recommendations. *Neoplasia.* 2009. V. 11. No. 2. P. 102–125.
  8. *Papadopoulou I., Stewart V., Barwick T. D., Park W.H., Soneji N., Rockall A.G., Bharwani N.* Post-Radiation therapy imaging appearances in cervical carcinoma. *Radiographics.* 2016. V. 36. No. 2. P. 538–553.
  9. *Sugimura K., Okizuka H.* Postsurgical pelvis: treatment follow-up. *Radiol. Clin. of North Am.* 2002. V. 40. No. 3. P. 659–680.
  10. *Torheim T., Groendahl A.R., Andersen E.K., Lyng H., Malinen E., Kvaal K., Futsaether C. M.* Cluster analysis of dynamic contrast enhanced MRI reveals tumor subregions related to locoregional relapse for cervical cancer patients. *Acta Oncologica.* 2016. V. 55. No. 11. P. 1294–1298.
  11. *Weber T. M., Sostman H. D., Spritzer C. E., Ballard R. L., Meyer G. A., Clark-Pearson D. L., Soper J. T.* Cervical carcinoma: determination of recurrent tumor extent versus radiation changes with MR imaging. *Radiol.* 1995. V. 194. No. 1. P. 135–139.

### Сведения об авторах

**Тарачкова Елена Владимировна**, кандидат медицинских наук, ассистент, кафедра рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.

Адрес: 123995, Россия, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.

Тел.: +7 (495) 324-71-44. Электронная почта: e.v.tarachkova@yandex.ru

**Tarachkova Elena Vladimirovna**, Ph.D Med., Teaching Assistant, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 2/1, ul. Barrikadnaya, Moscow, 123995, Russia.

Phone number: +7 (495) 324-71-44. E-mail: e.v.tarachkova@yandex.ru

**Шориков Максим Андреевич**, аспирант, НИИ Клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.

Адрес: 115448, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.

Тел.: +7 (499) 324-71-44; +7 (499) 254-44-68.

**Shorikov Maxim Andreevich**, Postgraduate, 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 (499) 324-71-44; +7(499) 254-44-68.

**Логунова Татьяна Александровна**, аспирант, кафедра рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

Адрес: 123995, Россия, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.

Тел.: +7 (495) 324-71-44.

**Logunova Tatiana Alexandrovna**, Postgraduate, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 2/1, ul. Barrikadnaya, Moscow, 123995, Russia.

Phone number: +7 (495) 324-71-44.

**Коссов Филипп Андреевич**, аспирант, кафедра рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

Адрес: 123995, Россия, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.

Тел.: +7 (495) 324-71-44.

**Kossov Filipp Andreevich**, Postgraduate, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 2/1, ul. Barrikadnaya, Moscow, 123995, Russia.

Phone number: +7 (495) 324-71-44.

**Панов Вадим Олегович**, кандидат медицинских наук, доцент, кафедра рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ведущий научный сотрудник отделения рентгенодиагностического НИИ Клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.

Адрес: 115478, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (499) 324-71-44; +7(499) 254-44-68.

**Panov Vadim Olegovich**, Ph. D. Med., Associate Professor, Department of Radiology, Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia, Senior Researcher, Radiodiagnostic Department, 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 (499) 324-71-44; +7(499) 254-44-68.

**Тюрин Игорь Евгеньевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ведущий научный сотрудник отделения рентгенодиагностического НИИ Клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.

Адрес: 123995, Россия, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1.  
Тел.: +7 (499) 324-71-44; +7(499) 254-44-68.

**Tyurin Igor Evgen'evich**, M.D. Med, Professor, Chief of Department of Radiology, Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia, Leading Research Associate, Radiodiagnostic Department, Research Institute of Clinical and experimental Radiology, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 2/1, ul. Barrikadnaya, Moscow, 123995, Russia.  
Phone number: +7 (495) 324-71-44; +7 (499) 254-44-68.

**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.*

# Автоматический анализ количественных характеристик гиппокампа при магнитно-резонансной томографии головного мозга для диагностики возможной болезни Альцгеймера (обзор литературы и результаты собственных исследований)

В. Н. Гридин<sup>1</sup>, М. И. Труфанов<sup>\*,1</sup>, В. И. Солодовников<sup>1</sup>,  
В. С. Панищев<sup>1</sup>, В. Е. Синицын<sup>1,2</sup>, Н. Н. Яхно<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН, Московская область, г. Одинцово

<sup>2</sup> ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минзурова России, Центр лучевой диагностики, г. Москва

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минзурова России (Сеченовский университет), научно-исследовательский отдел неврологии научно-исследовательского центра, г. Москва

## Automatic Analysis of the Quantitative Characteristics of the Hippocampus Using Magnetic Resonance Imaging of the Brain for the Diagnosis Alzheimer's Disease (Review of Literature and Results of Own Research)

V. N. Gridin<sup>1</sup>, M. I. Truphanov<sup>\*,1</sup>, V. I. Solodovnikov<sup>1</sup>,  
V. S. Panishchev<sup>1</sup>, V. E. Sinitsyn<sup>1,2</sup>, N. N. Yakhno<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Design Information Technologies Center of RAS, Moscow Region, Odintsovo

<sup>2</sup> Federal Center of Treatment and Rehabilitation, Radiology Center, Moscow

<sup>3</sup> Neurological Department of I. M. Sechenov First Moscow State Medical University

### Реферат

Целью исследования является анализ известных математических основ, методов и алгоритмов диагностики признаков заболевания Альцгеймера на базе обработки данных магнитно-резонансной томографии (МРТ). Разработка нового математического аппарата и алгоритмического обеспечения для автоматизированного вычисления параметров гиппокампа как одной из наиболее информатив-

*\* Труфанов Максим Игоревич*, кандидат технических наук, доцент, врио директора ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН.

Адрес: 143000, Московская область, г. Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, д. 7а.  
Тел.: +7(495) 596-02-19. Электронная почта: info@ditc.ras.ru

*Truphanov Maxim Igorevich*, Ph. D. Tech., Associate Professor, Director, Design Information Technologies Center of RAS.  
Address: 7a, ul. Marshal Biryuzov, Moscow Region, Odintsovo, 143000, Russia.  
Phone number: +7(495) 596-02-19. E-mail: info@ditc.ras.ru

ных структур головного мозга, анализ характеристик которой позволяет сделать предположение о наличии болезни Альцгеймера.

Разработанный подход основан на последовательном анализе серии магнитно-резонансных снимков сагиттальной проекции, итерационной обработке каждого снимка с целью автоматического обнаружения гиппокампа и последующего измерения его объемных характеристик и характеристик, прилегающих к гиппокампу областей и структур головного мозга. На финальном шаге предложенного подхода вектор полученных геометрических линейных и объемных параметров гиппокампа и прилегающих к нему областей передается в нейросетевую процедуру анализа и принятия решения о соответствии гиппокампа норме или признаков болезни Альцгеймера.

Таким образом, предложен подход автоматического обнаружения, вычисления параметров и формирования предположения о наличии или отсутствии болезни Альцгеймера. Его отличительной новизной являются полностью автоматический процесс вычислений и принятий решений при одновременном обеспечении достаточной для практического применения точности локализации гиппокампа и измерения его характеристик, а также измерения близлежащих к нему областей, используемых как признаковое пространство для принятия решения об обнаружении болезни или здоровом состоянии пациента.

Значимость разрабатываемого подхода заключается в последующем построении специализированного отечественного программного продукта, позволяющего проводить автоматический и автоматизированный анализ МРТ-изображений головного мозга в интересах своевременного выявления болезни Альцгеймера и инструментальной оценки динамики ее развития.

**Ключевые слова:** автоматизированный анализ, магнитно-резонансная томография, болезнь Альцгеймера, цифровое изображение, гиппокамп, количественные признаки.

## Abstract

The aim of the study is to analyze the known mathematical foundations, methods and algorithms for diagnosing Alzheimer's symptoms on the basis of magnetic resonance imaging (MRI). The develop a new mathematical apparatus and algorithmic support for the automated computation of hippocampal parameters as one of the most informative brain structures, make a proposal for Alzheimer's disease.

The developed approach is based on a sequential analysis of a series of magnetic resonance images of the sagittal projection, the iterative processing of each image for the purpose of automatic detection of the hippocampus and subsequent measurement of its volumetric characteristics and characteristics of the regions and structures of the brain adjacent to the hippocampus. At the final step of the proposed approach, the vector of geometric linear and volumetric parameters of the hippocampus and adjacent regions is transferred to the neural network procedure for analyzing and deciding whether the hippocampus meets the norm or the presence of signs of Alzheimer's disease.

Thus, the approach of automatic detection, calculation of parameters and formation of the assumption about the presence or absence of Alzheimer's disease, the novelty of which is a completely automatic process of calculations and decision making, is simultaneously proposed, while providing the accuracy of localization of the hippocampus and measuring its characteristics, areas used as a feature space for decision-making on the detection of a disease or health condition of the patient;

The significance of the approach being developed lies in the subsequent construction of a specialized domestic software product that allows automatic and automated analysis of MRI images of the brain in the interests of timely detection of Alzheimer's disease and instrumental evaluation of the dynamics of its development.

**Key words:** Automated Analysis, Magnetic Resonance Imaging, Alzheimer's Disease, Digital Imaging, Hippocampus, Quantitative Features.

## Актуальность

Актуальной задачей в области построения автоматизированных и автоматических систем диагностики заболеваний, связанных с нарушением структуры и

функций головного мозга, является синтез автоматических методов, алгоритмов и базирующихся на них программных и программно-аппаратных средств первичной диагностики заболеваний и отклонений в деятельности мозга, основанных на визуальном анализе оптических срезов головы в различных плоскостях, полученных при помощи МРТ.

Увеличение продолжительности жизни населения планеты привело к увеличению заболеваемости и распространенности болезни Альцгеймера в популяции. По данным Всемирной Организации Здравоохранения число лиц с болезнью Альцгеймера будет удваиваться каждые 20 лет и достигнет 115,4 млн человек к 2050 г. Важность задачи выявления заболевания на как можно более ранней стадии обусловлена отсутствием безвредного, сравнительно недорогого и в то же время неинвазивного метода диагностики болезни Альцгеймера, позволяющего с высокой степенью достоверности поставить данный диагноз.

Вопросам построения автоматизированных систем анализа морфологических признаков болезни Альцгеймера на основе обработки МРТ изображений посвящен обширный спектр работ. Одной из областей головного мозга, поражающихся в первую очередь при данном заболевании, является гиппокамп — структура, играющая важную роль в формировании памяти, что позволяет по изменению ее объема сделать предположение о наличии у человека болезни Альцгеймера. В этой связи неотъемлемой задачей при автоматизированной диагностике Альцгеймера является обнаружение гиппокампа на изображениях и вычисление параметров его объема [14, 7].

Для выделения области изображения гиппокампа используются методы автоматизированной обработки изображений. Так, в работе М. В. Сидорова, И. А. Ваколюк (2017) измерение площади области гиппокампа у крыс выполняли, анализируя изображения с помощью специализированного программного средства, ориентируясь на атлас «Rat Brain» — Paxinos G. and Watson C., из которого авторы использовали априори известные положения гиппокампа в общей структуре мозга [9]. Очевидно, что подход, базирующийся на использовании атласа, может быть применен только в части считывания оценочных координат области гиппокампа и значительно доработан для обнаружения и измерения линейных и объемных параметров гиппокампа.

В работе А. О. Тишкина (2009) при обработке фотографий применены следующие операции цифровой обработки изображений, обеспечивающие решения части задачи в автоматическом режиме: вычитание фона для минимизации влияния фоновой составляющей; преобразование изображения в монохромное; повышение контраста; бинаризация; подавление шума [10]. Однако указано, что данные операции выполнялись в ручном режиме при помощи специализированного программного обеспечения. Результаты использования данного подхода представляют интерес в части развития для определения параметров отдельных шагов автоматизированной обработки визуальных данных.

Важное значение при исследованиях имеет автоматическая обработка МР-изображений с помощью специальных программных пакетов. Отметим, что в ряде работ при анализе гиппокампа его выделение на срезах томограмм осу-

ществляется вручную [3]. Использование ручной сегментации признается значительно более точным по сравнению с существующими на момент этих публикаций системами автоматического выделения структур мозга. Однако очевидно, что основным путем совершенствования существующих и построения новых систем является реализация полностью автоматического режима обработки МР-данных.

При диагностике болезни Альцгеймера анализ МР-изображений применяется для раннего выявления и последующего динамического наблюдения изменения объема гиппокампа. Применение данной методики позволяет выявить изменения в головном мозге, не выявляемые визуально при проведении стандартного МР-исследования, что повышает потенциал диагностических возможностей метода [5, 13].

Также важным методом, который при его реализации в автоматическом режиме позволяет на ранней стадии сделать предположение о наличии болезни Альцгеймера с высокой прогностической достоверностью, является изменение объема гиппокампа за некоторый интервал времени (например, за полгода), что обуславливает необходимость разработки соответствующего математического обеспечения для этой цели [11, 14].

Наиболее распространенными группами способов обнаружения гиппокампа как элемента томографического изображения являются методы, основанные на нейросетевом подходе, и методы, основанные на формализации признаков, выделение и вычисление характеристик которых производится методами сегментации, контурного анализа и распознавания на основе эталонного описания.

Вопросам сегментации изображений, полученных методом компьютерной томографии, посвящен ряд статей, среди которых наиболее часто встречаются работы, базирующиеся на методе водораздела и использовании деформационных моделей [15, 23].

В некоторых работах указаны ключевые особенности структуры гиппокампа [1, 24]. Авторы [1] выполняли исследование изображений гиппокампа с использованием специализированных программ в автоматизированном режиме в программной среде FreeSurfer, а также полуавтоматическом и ручном режимах в пакете Display. Эти программные продукты позволяют выполнять операции по выделению структур головного мозга и оценке их объема. Для получения результатов используются стандартные операции цифровой обработки изображений (выделение контуров, бинаризация и т. д.). Однако для обнаружения гиппокампа все равно необходимо участие человека. Данные подходы неприменимы для автоматической оценки параметров объема и размеров гиппокампа и прилегающих к нему структур мозга.

В работе Е. П. Магонова и др. (2015) рассмотрены программные продукты для анализа объема структур головного мозга (Brain Extraction Tool (BET), Atlas Based Classification (ABC), Robust Brain Extraction (ROBEX), FreeSurfer) [8].

**Цель:** анализ известных математических основ, методов и алгоритмов диагностики признаков заболевания Альцгеймера на базе обработки данных МРТ разработка нового математического аппарата и алгоритмического обеспечения для автоматизированного вычисления параметров гиппокампа как одной из наиболее информативных структур

головного мозга, анализ характеристик которой позволяет сделать предположение о наличии болезни Альцгеймера.

### **Наиболее распространенные программные системы и продукты, позволяющие автоматизировать процесс анализа структур мозга и гиппокампа**

Программный продукт Brain Extraction Tool (BET) используется для удаления внемозговой ткани на T1- и T2-ВИ, а также для сегментации внутренней и внешней поверхности черепа и внешней поверхности кожи головы в случае хорошего качества исходных изображений. Программа не обеспечивает автоматического обнаружения гиппокампа и автоматического вычисления параметров его структур.

Программа BET позволяет задавать различные параметры обработки изображений. Наиболее важные – порог фракционной интенсивности, вертикальный градиент порога фракционной интенсивности, а также различные дополнительные параметры постобработки, которые могут быть применены при вычислении вероятности наличия болезни Альцгеймера.

Atlas Based Classification включает в себя алгоритмы фильтрации, сегментации и коррекции неоднородности МР-изображений на основе использования априорных данных. Robust Brain Extraction (ROBEX) использует оригинальный алгоритм, позволяющий проводить удаление внемозговых структур.

FreeSurfer представляет собой набор инструментов для автоматизированной реконструкции и анализа поверхностных и внутренних структур головного мозга, который позволяет

сегментировать белое вещество, кортикальное и субкортикальное серое вещество, вычислять такие параметры, как толщина и глубина извилин, выполнять межсубъектный анализ путем проекции индивидуальных изображений коры на сферическую поверхность стандартного размера. FreeSurfer использует сложный автоматизированный алгоритм сегментации внутренних анатомических структур на основе объединения информации от интенсивности изображения, вероятностного расположения структур с использованием атласа и локальных пространственных соотношений между подкорковыми структурами. Основным недостатком программы является отсутствие автоматического режима обработки и требования высокой квалификации врача не только в своей предметной области, но и в области информационных технологий. Таким образом, на данный момент отсутствуют программные средства, удовлетворяющие требованиям автоматического обнаружения и измерения параметров гиппокампа.

В работе N. Chow, K. Hwang, S. Hurtz et al. (2015) [16] используются алгоритмы сегментации, основанные на статистическом методе [20]. Для выделения гиппокампа используется обучающая выборка из нескольких изображений, после чего формируются правила сегментации. Для сегментации используется информация о градиенте изображения, кривизне области интереса, классификация тканей на белое и серое вещество, статистическая информация о вероятном стереотаксическом положении гиппокампа, математические методы машинного обучения для распределения весов этих функций [14]. После выделения гиппокампа для статистического сравнения и усреднения

поверхности строилась трехмерная поверхностная сетка гиппокампа. По результатам исследования сделан вывод, что такой подход к локализации гиппокампа не обеспечивает высокого качества диагностики атрофии гиппокампа.

В работе В. Ю. Лобзина, В. Н. Киселева, В. А. Фокина и др. (2013) используются следующие методы обработки изображений для выделения областей гиппокампа: сегментация, маркировка ключевых точек изображения для последующего построения модели, нормализацию, выделение различных областей мозга в программе MRICroN на основе атласа [7]. Недостатком подхода является использование ряда ручных операций, исключающих возможность автоматического анализа данных.

Интересна также работа, отражающая фрактальный метод анализа томограмм, основанный на взаимосвязи фрактальной размерности и зашумленности изображения. В работе отмечено, что фрактальная размерность может служить эффективным инструментом для диагностики состояния оборудования, выявления источников шума и соответственно его устранения, а также для оценки структурных изменений в биологических тканях. Однако конкретного способа использования полученных результатов для автоматического анализа изображений гиппокампа не приводится [6].

В работе А. В. Вартанова, Н. В. Анисимова, В. Л. Ушакова и др. (2004) на основе использования эталонов и экспертных оценок предлагается алгоритм автоматического выделения биологических тканей головы и мозга в целях определения границ и идентификации патологических очагов, однако результаты практического применения алгоритма не представлены [2].

В работе R. Cuingnet, E. Gerardin, J. Tessieras et al. (2011) рассмотрены методы автоматической классификации пациентов с болезнью Альцгеймера по результатам анализа МРТ-изображений [19]. В исследовании использовались методы, основанные на воксельном анализе, оценке толщины коры, характера гиппокампа. Исследование показало возможность использования анализа области гиппокампа для диагностики болезни Альцгеймера. Для сегментации гиппокампа использовалось 2 метода. В первом методе используется алгоритм автоматизированной сегментации областей гиппокампа [17, 18]. Используется итерационный подход на основе деформирующих областей для одновременного извлечения обеих структур посредством двойного конкурентного роста. Особенностью подхода является деформационное ограничение, основанное на предварительном знании анатомических признаков, которые автоматически извлекаются из данных МРТ. Для работы метода необходимо указать ограничивающую область и позиционировать две точки роста. Объем гиппокампа оценивался с помощью программы FreeSurfer. Второй метод — анализ формы гиппокампа [21]. Гиппокамп описывается серией сферических гармоник (SPHARM) в виде коэффициентов. Анализируемое изображение мозга пациента представлено 2 наборами (по 1 для каждого гиппокампа) трехмерных коэффициентов SPHARM. Коэффициенты SPHARM вычисляются с использованием программы. В методе используются алгоритмы машинного обучения, что при малой обучающей выборке делает классификатор чувствительным к неинформативным параметрам, либо (при увеличении

объема выборки) увеличивается риск переобучения. Таким образом, применение нейросетевого подхода для анализа формы и извлечения первичных характеристик требует совершенствования.

В ряде работ для выделения структур мозга (в том числе гиппокампа) также используется анализ статистических характеристик и текстурный анализ, а также искусственные нейронные сети [26–28].

В частности, авторы показали перспективность использования текстурных характеристик изображения совместно с искусственной нейронной сетью для анализа области гиппокампа [22].

Однако, для использования подобного подхода необходима большая по объему обучающая выборка, что затрудняет практическое применение подхода. Также другая сложность заключается в необходимости автоматической нормализации ориентации и пространственных характеристик трехмерных областей, формируемых при анализе текстур, что также снижает практическую ценность подхода.

Таким образом, проведенный анализ известных программных систем и научно-технических публикаций позволил установить следующее:

- известны различные программные продукты (как коммерческие, так и находящиеся в свободном доступе), которые применяются для автоматизации процесса измерений и вычисления характеристики структур мозга и, в частности, гиппокампа и прилегающих к нему структур, общим недостатком которых является обязательное использование ряда ручных операций, усложняю-

щее процесс анализа и приводящее к ошибкам в измерении характеристик и как следствие к потенциальным ошибкам постановки диагноза и обнаружения болезни Альцгеймера;

- необходима разработка математического аппарата и способа обработки изображений магнитно-резонансной томографии, позволяющая повысить точность автоматического анализа и вычисления характеристики гиппокампа как ключевой информативной структуры головного мозга, анализ которой является обязательным шагом диагностики болезни Альцгеймера.

### **Основные этапы предлагаемого разрабатываемого способа обработки визуальных данных в интересах построения автоматического инструмента для диагностики болезни Альцгеймера**

Сущность предлагаемого подхода состоит в:

- выборе серии срезов в сагиттальной проекции, предположительно содержащих гиппокамп;
- последующих итерационных процессах подтверждения или опровержения обнаружения гиппокампа на каждом кадре;
- уточнении места нахождения гиппокампа и расчете его характеристик посредством анализа серии соседних кадров или повторению выбора последовательности кадров, предположительно содержащих гиппокамп;
- передаче полученного вектора параметров после вычисления вычисленных характеристик гиппокампа в нейросетевой модуль, принимаю-

ший решение о возможном наличии болезни Альцгеймера, здоровом состоянии пациента или наличии изменений мозга, не обусловленных болезнью Альцгеймера.

Обобщенный алгоритм предложенного подхода представлен на рис. 1.

Рассмотрим первую группу операций, направленную на поиск и выделение срезов в МР-последовательности,

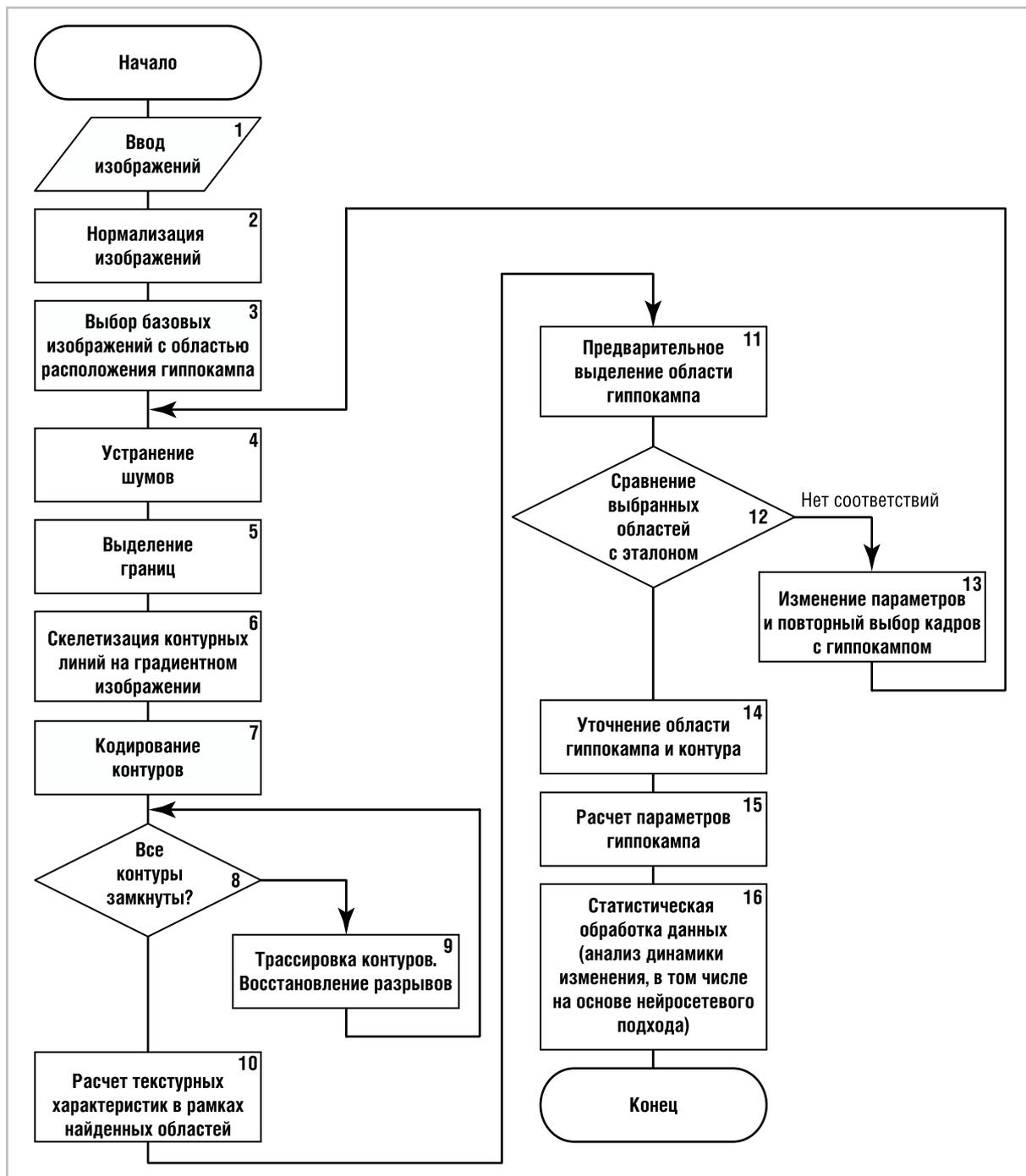


Рис. 1. Графическая схема обобщенного алгоритма обнаружения гиппокампа и измерения его параметров для обнаружения признаков болезни Альцгеймера

содержащих гиппокампы. Отметим, что здесь и далее рассмотрено местоположение гиппокампа в левом и правом полушариях головного мозга. Сущность операции заключается в последовательном переборе изображений в сагиттальной проекции и поиске структуры, предположительной соответствующей форме и местоположению гиппокампа. Местоположение уточняется по расположению глаза (что само по себе является весьма информативным, так как характеризуется уникальной среди других структур, близкой к круглой форме и имеющей замкнутый контур), а также на основе расчета эксцентриситета головного мозга и эксцентриситета сосудов шеи, определяющих ориентацию в пространстве и границы мозга, как замкнутых объектов, имеющих наибольшие площади. Границы мозга вычисляются посредством обнаружения нескольких кривых идентичной формы и длины, расположенных на близком расстоянии друг от друга (эти кривые — границы черепной коробки и границы внутричерепной жидкости).

Таким образом, использование особенностей координат глаз, мозга на изображении являются ключевыми признаками, вычисляемыми для обнаружения предполагаемой области гиппокампа. Гиппокамп обнаруживается по серии последовательных кадров, на которых наблюдается продолговатое тело, обрамленное жидкостью и характеризуемое замкнутым контуром априори известной формы и с предварительно вычисленными текстурными признаками. На рис. 2, *a* — *г* представлены изображения, иллюстрирующие процесс первичного обнаружения гиппокампа в серии сагиттальных снимков.

Таким образом, поиск в общей последовательности сагиттальных изображений напрямую связан с обнаружением изображений, на которых выявляются глаза и верхнечелюстных пазухи, как наиболее точно локализуемых объектов. Затем на найденных срезах определяется граница черепа и граница мозга для определения относительной позиции гиппокампа и вычисления потенциальной области расположения гиппокампа.

Далее анализом серии последовательных кадров итерационно определяются те кадры, на которых есть область, соответствующая обобщенному описанию яркостных и пространственных характеристик гиппокампа, и на финальном этапе поиска гиппокампа производится подтверждение его обнаружения посредством построения замкнутого контура, описывающего границы гиппокампа. Кроме того, подтверждение обнаружения гиппокампа также реализуется сравнением с эталонными смежными гиппокампу областей и их параметров.

В случае же неподтверждения обнаружения гиппокампа вновь производится выбор начального кадра последовательности и повторение процесса поиска гиппокампа с измененными значениями поисковых параметров.

Представим подробнее процесс точного определения границ и позиции гиппокампа, заключающийся в следующих основных шагах:

- предварительная обработка — снижение уровня случайных шумов фильтром Гаусса и приведение контраста к эталонным параметрам [4];
- нахождение границ объектов на изображении посредством дифференциального оператора;
- бинаризация полученных границ посредством порогового оператора

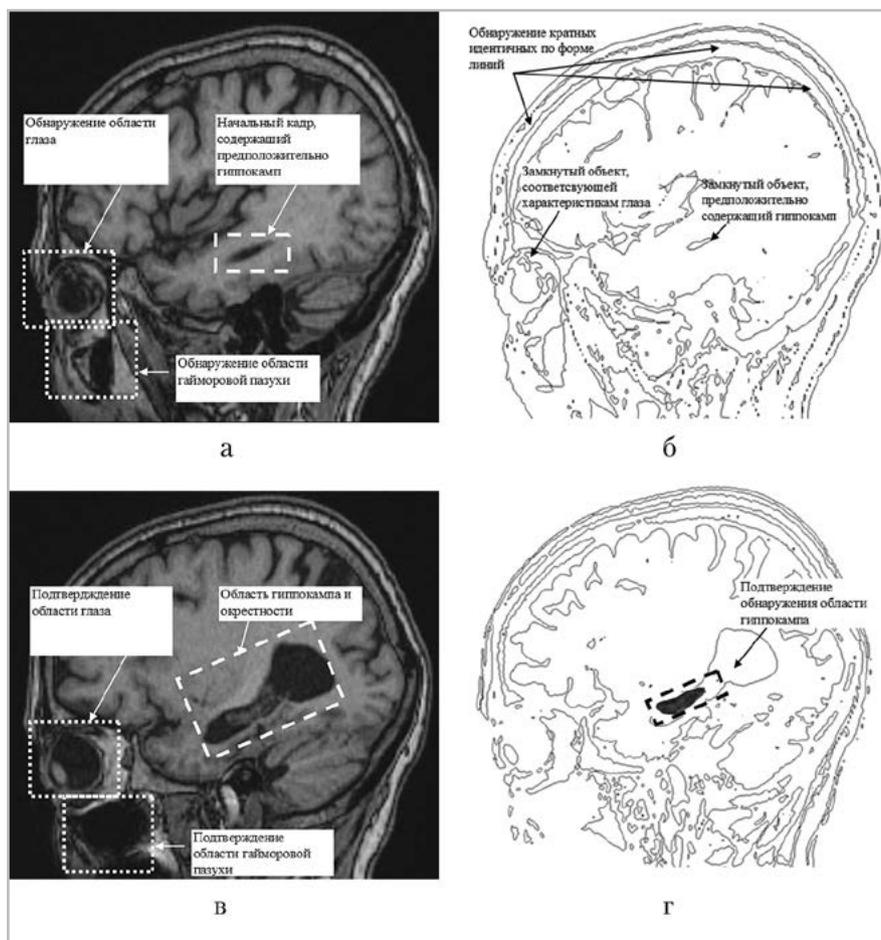


Рис. 2. МР-томограммы головного мозга в сагиттальной плоскости и схемы процесса поиска гиппокампа: *а, б* — начальные кадры, предположительно содержащие гиппокамп; *в, г* — подтвержденные кадры, расположенные в середине последовательности, содержащей гиппокамп

с адаптивным расчетом порога на основе метода Отсу;

- скелетизация полученных контуров и восстановление разрывов в контурах на основе анализа исходного полутонового изображения;
- дополнительное подтверждение обнаружения гиппокампа на основе обобщенных спектральных характеристик локальных областей изображения;
- определение размеров на текущем кадре областей гиппокампа относительно общих размеров мозга и вы-

числение размеров прилегающих к гиппокампу областей жидкости.

Ключевые этапы обработки каждого кадра МР-изображения представлены на рис. 3, *а — г*.

Устранение шумов заключается в сглаживании и устранении резких скачков яркости, связанных с физическим процессом магнитно-резонансной томографии и собственным шумом тракта томографа. Процесс фильтрации основан на расчете нового значения яркости  $g$  каждой дискретной точки изображения фильтром Гаусса согласно формуле

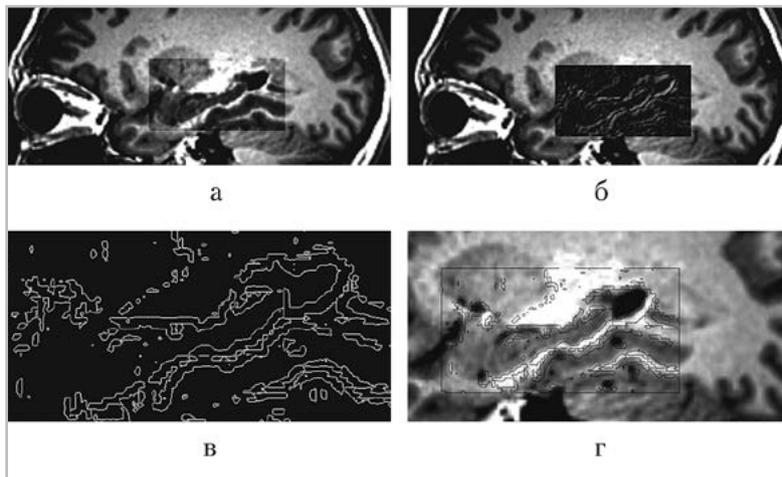


Рис. 3. МР-томограммы головного мозга в сагиттальной плоскости, процесс подтверждения обнаружения глиокомпа и определения его характеристик: *а* – изменение контрастности; *б* – дифференцирование области изображения; *в* – бинаризация и скелетизация контуров; *г* – вычисление спектральных параметров

$$g(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\sigma$  – параметр фильтра;  $d = \sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2}$  – расстояние пикселя  $[x, y]$  от центрального пикселя окрестности  $[x_c, y_c]$ , определяющего радиус фильтра.

Для выделения контуров в каждой точке вычисляется вектор градиента функции яркости изображения, который описывается модулем  $g(x, y)$  и направлением. Множество векторов градиента ( $Gr$ ) в каждой точке отфильтрованного изображения  $f'(x, y)$  представляет собой градиентное изображение [12]

$$Gr = \langle g(x, y), v(x, y) \rangle, x = \overline{1, K}, y = \overline{1, N},$$

где  $K, N$  – размеры изображения, содержащего информацию о перепадах функции яркости, т. е. о контурных линиях.

Градиент в каждой точке вычисляется с использованием частных производных:

$$Gr = \langle |\nabla f'(x, y)|, \arg(\nabla f'(x, y)) \rangle = \left\langle \sqrt{\left(\frac{\delta f'(x, y)}{\delta x}\right)^2 + \left(\frac{\delta f'(x, y)}{\delta y}\right)^2}, \arctg\left(\frac{\frac{\delta f'(x, y)}{\delta y}}{\frac{\delta f'(x, y)}{\delta x}}\right) \right\rangle.$$

При дискретном представлении поля яркостей изображения частные производные по направлениям представляются дискретными аппроксимациями, наилучшей из которых является оператор Собеля. Оператор содержит маски, соответствующие горизонтальной  $H_x$  и вертикальной  $H_y$  частным производным:

$$H_x = \begin{vmatrix} h_{11}^{(x)} & h_{12}^{(x)} & h_{13}^{(x)} \\ h_{21}^{(x)} & h_{22}^{(x)} & h_{23}^{(x)} \\ h_{31}^{(x)} & h_{32}^{(x)} & h_{33}^{(x)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix}, H_y = \begin{vmatrix} h_{11}^{(y)} & h_{12}^{(y)} & h_{13}^{(y)} \\ h_{21}^{(y)} & h_{22}^{(y)} & h_{23}^{(y)} \\ h_{31}^{(y)} & h_{32}^{(y)} & h_{33}^{(y)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix}.$$

Составляющие градиентного изображения  $Gr$  вычисляются:

$$Gr = \left\langle \begin{array}{l} \sqrt{\sum_{a,b=-(q-1)}^{q+1} (H_1(q+a, q+b) \cdot f'(x+a-1, y+b-1))^2 + \sum_{a,b=-(q-1)}^{q+1} (H_2(q+a, q+b) \cdot f'(x+a-1, y+b-1))^2}, \\ \arctg \left( \frac{(H_2(q+a, q+b) \cdot f'(x+a-1, y+b-1))}{(H_1(q+a, q+b) \cdot f'(x+a-1, y+b-1))} \right) \end{array} \right\rangle.$$

Полученное градиентное изображение содержит контурные линии различной толщины, что вызывает погрешности определения контура, в связи с чем выполняется их утончение (скелетизация).

Измерение параметров гиппокампа и прилегающих к нему областей производится по контурному изображению (рис. 4).

Вектор полученных геометрических линейных и объемных, вычисленных по серии кадров параметров гиппокампа и прилегающих к нему областей передается в нейросетевую процедуру анализа и принятия решения о соответствии гиппокампа норме или выявлению признаков болезни Альцгеймера. Целью такого анализа является обнаружение характерных признаков и их сочетаний для диагностики болезни Альцгеймера на наиболее ранних стадиях заболевания. В качестве математического аппарата для решения подобного рода задач зачастую применен математический аппарат искусственных нейронных сетей. Для кластеризации и визуализации исходных данных, полученных в результате обнаружения области гиппокампа, авторами применены самоорганизующиеся карты Кохонена совместно с сетями прямого распространения на базе многослойного персептрона и RBF-сети для решения задач классификации, прогнозирования, аппроксимации функциональных зависимостей.

Отличительной особенностью самоорганизующихся карт Кохонена является наличие связей среди нейронов кластерного слоя, что позволяет в процессе обучения добиться такой их настройки, что на близкие вектора из исходного пространства признаков будут реагировать соседние нейроны кластерного слоя.

Данные структурные особенности позволяют использовать сеть Кохонена как для решения задач распознавания и определения близости кластеров в данных, так и для визуализации многомерного пространства за счет раскраски обученной карты. При анализе признаков болезни Альцгеймера выделены следующие типы раскраски в:

- соответствии с расстояниями между векторами весовых коэффициентов нейронов кластерного слоя;
- зависимости от значений некоторой компоненты вектора обучающей выборки;
- зависимости от числа примеров, отнесенных к соответствующему нейрону карты;
- соответствии с известными значениями классов.

На рис. 5, *a* – *в* проиллюстрирована раскраска карты 11 на 11, в зависимости от числа примеров, отнесенных к соответствующему нейрону для 2 классов А (признаки болезни отсутствуют) и В (признаки болезни Альцгеймера присутствуют).

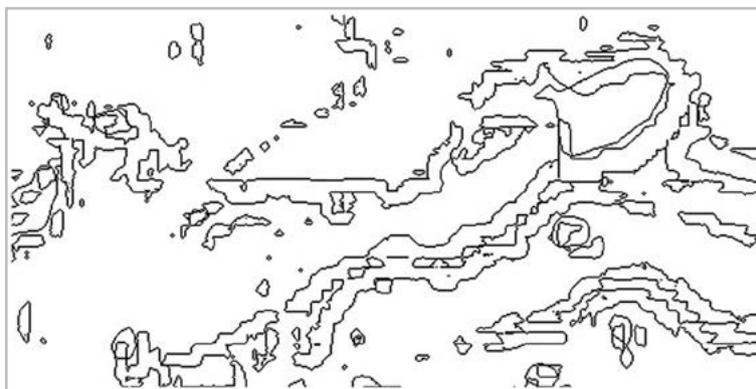


Рис. 4. Обработанное контурное МР-изображение, используемое для расчета параметров гиппокампа

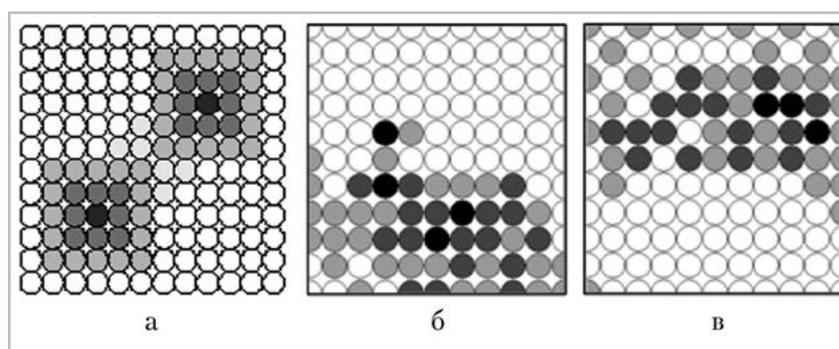


Рис. 5. Графические схемы: *а* — мера взаимодействия между нейронами и вариант раскраски двумерной карты Кохонена для отображения 2 классов; *б* — класс А; *в* — класс В

После выделения наборов значимых признаков и их сочетаний автоматизирован процесс принятия решений с помощью сетей прямого распространения, обученных решать задачу классификации.

Использование нейросетевого подхода подразумевает необходимость выполнения следующих основных этапов:

- предобработка исходных данных, заключающаяся в их кодировании и нормировке для увеличения информативности примеров и приведения к виду, который доступен для обработки сетью (см. рис. 4);
- выбор нейросетевой архитектуры (парадигмы) и ее ключевых параметров, таких, как количество слоев и

число нейронов в каждом слое;

- обучение, в процессе которого нейросеть осуществляет построение правил, характеризующих имеющиеся закономерности в данных;
- использование обученной нейросети в качестве эксперта, подавая на вход новые, еще не предъявлявшиеся примеры и получая результат работы (классификации);
- интерпретации полученного результата.

Стоит отметить, что от получения и подготовки исходных данных зависит дальнейшая возможность использования не только нейросетевого подхода, но и любого другого способа анализа, что обуславливает особую важность

реализации автоматизированных методов обработки данных МРТ головного мозга, выделения его составных частей, в частности гиппокампа, а также вычисления его количественных характеристик. Внедрение средств автоматизации способно сократить время и повысить качество принимаемых решений при диагностике болезни Альцгеймера на ранних стадиях заболевания.

## Выводы

1. В результате анализа научных, патентных и справочно-информационных источников определено отсутствие готового алгоритмического и программно-аппаратного решения, удовлетворяющего требованиям автоматического анализа признаков болезни Альцгеймера, дифференциации болезни Альцгеймера и заболеваний и отклонений, схожих своими проявлениями с данной болезнью.
2. Ключевой задачей при построении и автоматического, и автоматизированного средства вычисления признаков болезни Альцгеймера является задача автоматического обнаружения гиппокампа на МРТ-изображениях и выбора наиболее информативных изображений в общей последовательности.
3. Предложен подход автоматического обнаружения, вычисления параметров и формирования предположения о наличии или отсутствии болезни Альцгеймера. Его отличительной новизной являются полностью автоматический процесс вычислений и принятий решений при одновременном обеспечении достаточной для практического применения точности локализа-

ции гиппокампа и измерения его характеристик, а также измерения близлежащих к нему областей, используемых как признаковое пространство для принятия решения об обнаружении болезни или здоровом состоянии пациента.

4. Практическая значимость разрабатываемого подхода заключается в последующем построении специализированного отечественного программного продукта, позволяющего проводить автоматический и автоматизированный анализ МРТ-изображений головного мозга в интересах своевременного выявления болезни Альцгеймера и инструментальной оценки динамики ее развития или приостановления.

## Список литературы

1. *Ананьева Н. И., Ежова Р. В., Гальсман И. Е., Давлетханова М. А., Ростовцева Т.М., Стулов И. К., Вассерман Л. И., Шмелева Л. М., Чуйкова А. В., Сорокина А. В., Иванов М. В.* Гиппокамп: лучевая анатомия, варианты строения // Лучевая диагностика и терапия. 2015. № 1 (6). С. 39–44.
2. *Вартанов А. В., Анисимов Н. В., Ушаков В. Л., Пирогов Ю. А., Козловский С. А., Гапоненко Г. В.* Метод автоматического выделения биологических тканей по комплексу МРТ-изображений // Мед. физика. 2004. № 1. С. 31–35.
3. *Вартанов А. В., Козловский С. А., Скворцова В. Б. и др.* Память человека и анатомические особенности гиппокампа // Вестник Моск. ун-та. Сер. 14 Психология. 2009. № 4. С. 3–16.
4. *Гридин В. Н., Титов В. С., Труфанов М. И.* Адаптивные системы технического зрения: Центр информ. технологий в проектировании РАН. СПб.: Наука, 2009. 441 с.

5. *Ежова Р. В., Гальсман И. Е., Давлетханова М. А.* Сравнительный анализ программных пакетов FREESURFER и DISPLAY на примере воксельбазированной МР-морфометрии гиппокампальной формации // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. 2015. № 6. С. 67–69.
6. *Казначеева А. О.* Фрактальный анализ зашумленности магнитно-резонансных томограмм // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2013. № 2. С. 73–76.
7. *Лобзин В. Ю., Киселев В. Н., Фокин В. А., Емелин А. Ю., Воробьев С. В., Лупанов И. А., Соколов А. В., Ефимцев А. Ю.* Применение магнитно-резонансной морфометрии в диагностике болезни Альцгеймера и сосудистых когнитивных нарушений // Вестник Российской военно-медицинской академии 2013. № 3 (43). С. 1–7.
8. *Магонов Е. П., Катаева Г. В., Трофимова Т. Н.* Современные методы автоматического вычисления объема внутрочерепного пространства при МРТ-морфометрии головного мозга // Вестник Новгородского гос. университета им. Ярослава Мудрого. 2015. № 2 (85). С. 98–104.
9. *Сидорова М. В., Ваколюк И. А.* Определение структурных изменений гиппокампа на раннем сроке моделирования посттравматического стрессового расстройства у крыс // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 7–1. С. 106–110.
10. *Тышкина А. О.* Метод автоматического количественного анализа микрофотографий срезов мозга // Нейрохимия. 2009. Т. 26. № 4. С. 341–346.
11. *Тотоян А. А., Трофимова Т. Н.* Возможности магнитно-резонансной томографии в оценке структурных изменений головного мозга у пациентов с височной эпилепсией // Russian Electronic J. of Radiol. 2011. Т. 1. № 1. С. 11–16.
12. *Фурман Я. А.* Введение в контурный анализ и его приложения к обработке сигналов и изображений. М.: Физматлит, 2002. 592 с.
13. *Хаймов Д. А., Фокин В. А., Ефимцев А. Ю. и др.* Многовоксельная МР-морфометрия в оценке атрофии структур головного мозга у пациентов с болезнью Паркинсона // Доктор.Ру. 2012. № 5 (73). С. 21–28.
14. *Яхно Н. Н., Захаров В. В., Локишина А. Б.* Деменции: руководство для врачей. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2011. 272 с.
15. *Atkins M. S., Mackiewicz B.* Automatic segmentation of the brain in MRI / conference on visualisation in biomedical computing, 96, Springer, Verlag lecture Notes in Computer Science. 1996. V. 1131. P. 210–216.
16. *Chow N., Hwang K., Hurtz S., Green A., Somme J., Thompson P., Elashoff D., Jack C., Weiner M., Apostolova L.* Alzheimer's disease neuroimaging initiative. Comparing 3 T and 1,5 T MRI for mapping hippocampal atrophy in the Alzheimer's disease neuroimaging Initiative // AJNR Am. J. Neuroradiol. 2015. V. 36 (4). P. 653–660.
17. *Chupin M., Mukuna Bantumbakulu A. R., Hasboun D., Bardinet E., Baillet S., Kinkingnéhun S., Lemieux L., Dubois B., Gartner L.* Automated segmentation of the hippocampus and the amygdala driven by competition and anatomical priors: method and validation on healthy subjects and patients with Alzheimer's disease // Neuroimage. 2007. № 34. P. 996–1019.
18. *Chupin M., Gerardin E., Cuingnet R. et al.* Fully automatic hippocampus segmentation and classification in Alzheimer's disease and mild cognitive im-

- pairment applied on data from ADNI // Hippocampus. 2009. V. 19. P. 579–587.
19. *Cuingnet R., Gerardin E., Tessieras J. et al.* Automatic classification of patients with Alzheimer's disease from structural MRI: A comparison of ten methods using the ADNI database // Neuroimage. 2011. № 56. P. 766–781.
  20. *Freund Yu., Shapire R.* A decision-theoretic generalization of online learning and an application to boosting // J. of Computer and System Sciences. 1997. V. 55. P. 119–139.
  21. *Gerardin E., Chételat G., Chupin M., Cuingnet R., Desgranges B., Kim H. et al.* Multidimensional classification of hippocampal shape features discriminates Alzheimer's disease and mild cognitive impairment from normal aging // Neuroimage. 2009. P. 1476–1486.
  22. *Jing Z., Yu C., Jiang G., Liu W., Tong L.* 3D texture analysis on MRI images of Alzheimer's disease // Brain Imaging and Behavior. 2012. P. 61–69.
  23. *Kim P., Lee Y., Jung Y., Cho J., Myoung K.* Liver extraction in the abdominal CT image by watershed segmentation algorithm // World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 2006. IFMBE Proc. 2007. V. 14. P. 2563–2566.
  24. *McLean J.* The investigation of hippocampal and hippocampal subfield volumetry, morphology and metabolites using 3T MRI // Thesis for the degree of Ph. D. University Glasgow, 2012. 354 p.
  25. *Morra J. H., Tu Z., Toga A. W. et al.* Machine learning for brain image segmentation // Gonzalez F. A., Romero E., eds. Biomedical image analysis and machine learning technologies // Hershey: Medical Information Science References. 2009. P. 851–874.
  26. *Kodama N., Kawase Yu., Okamoto K.* Application of texture analysis to differentiation of dementia with lewy bodies from alzheimer's disease on magnetic resonance images // IFMBE Proceedings. 2006. V. 14/3. P. 1444–1446.
  27. *Patil M. M., Yardi A. R.* Diagnosis of Alzheimer's disease from 3D MR images with statistical features of hippocampus / V. V. Das and N. Thankachan (eds.): CIIT, 2011. CCIS 250. P. 744–749.
  28. *Rabeh A., Benzarti F., Amiri H.* Diagnosis of Alzheimer disease from MRI images of the brain throughout time // Proceedings of the 16th International conference on hybrid intelligent systems (HIS 2016), Advances in Intelligent Systems and Computing. P. 219–226.

## References

1. *Anan'yeva N. I., Yezhova R. V., Gal'sman I. Ye., Davletkhanova M. A., Rostovtseva T. M., Stulov I. K., Vasserman L. I., Shmeleva L. M., Chuykova A. V., Sorokina A. V., Ivanov M. V.* Hippocampus: radial anatomy, structural variants. Luchevaya diagnostika i terapiya. 2015. No. 1 (6). C. 39–44 (in Russian).
2. *Vartanov A. V., Anisimov N. V., Ushakov B. L., Pirogov Yu. A., Kozlovskiy S. A., Gapiyenko G. V.* The method of automatic isolation of biological tissues from a complex of MRI images. Med. fizika. 2004. No. 1. P. 31–35 (in Russian).
3. *Vartanov A. V., Kozlovskiy S. A., Skvortsova V. B. et al.* Human memory and anatomical features of the hippocampus. Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 14. Psikhologiya. 2009. No. 4. P. 3–16 (in Russian).
4. *Gridin V. N., Titov V. S., Trufanov M. I.* Adaptive vision systems. Tsentr inform. tekhnologiy v proyektirovanii RAN. SPb.: Nauka, 2009. 441 p. (in Russian).
5. *Yezhova R. V., Gal'sman I. Ye., Davletkhanova M. A.* Comparative analysis of FREESURFER and DISPLAY software

- packages using the example of the voxel-base MR morphometry of the hippocampal formation. Tambov: Gramota, 2015. No. 6. P. 67–69 (in Russian).
6. *Kaznacheeva A. O.* Fractal analysis of noisy magnetic resonance tomograms. *Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya*. Tambov: Gramota, 2013. No. 2. P. 73–76 (in Russian).
  7. *Lobzin V. Yu., Kisellov V. N., Fokin V. A., Yemelin A. Yu., Vorob'yov S. V., Lupanov I. A., Sokolov A. V., Yefimtsev A. Yu.* The use of magnetic resonance morphometry in the diagnosis of Alzheimer's disease and vascular cognitive disorders. *Vestnik Ross. voyenno-meditsinskoy akad.* 2013. No. 3 (43). P. 1–7 (in Russian).
  8. *Magonov Ye. P., Katayeva G. V., Trofimova T. N.* Modern methods of automatic calculation of the volume of intracranial space with MRI-morphometry of the brain. *Vestnik Novgorodskogo Gos. Univer. im. Yaroslava Mudrogo.* 2015. No. 2 (85). P. 98–104 (in Russian).
  9. *Sidorova M. V., Vakolyuk I. A.* Determination of structural changes in the hippocampus in the early period of modeling of post-traumatic stress disorder in rats // *Mezhdunar. zhur. prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy.* 2017. No. 7–1. P. 106–110 (in Russian).
  10. *Tishkina A. O.* The method of automatic quantitative analysis of microphotographs of brain sections. *Neyrokhimiya.* 2009. V. 26. No. 4. P. 341–346 (in Russian).
  11. *Totolyan A. A., Trofimova T. N.* The possibilities of magnetic resonance imaging in assessing the structures of brain changes in patients with temporal epilepsy. *Rus. Electronic J. of Radiol.* 2011. V. 1. No. 1. P. 11–16.
  12. *Furman Ya. A.* Introduction to contour analysis and its applications to signal and image processing. M.: Fizmatlit, 2002. 592 p. (in Russian).
  13. *Khaymov D. A., Fokin V. A., Yefimtsev A. Yu. et al.* Multi-vocal MR-morphometry in assessing the atrophy of brain structures in patients with Parkinson's disease. *Doktor.Ru.* 2012. No. 5 (73). P. 21–28 (in Russian).
  14. *Yakhno N. N., Zakharov V. V., Lokshina A. B.* Dementia: hand-in for doctors. 3rd ed. M.: MEDpress-inform, 2011. 272 p. (in Russian).
  15. *Atkins M. S., Mackiewicz B.* Automatic segmentation of the brain in MRI. *Conference on Visualisation in Biomedical Computing*, 96, Springer, Verlag Lecture Notes in Computer Science. 1996. V. 1131. P. 210–216.
  16. *Chow N., Hwang K., Hurtz S., Green A., Somme J., Thompson P., Elashoff D., Jack C., Weiner M., Apostolova L.* Alzheimer's disease neuroimaging initiative. Comparing 3 T and 1,5 T MRI for mapping hippocampal atrophy in the Alzheimer's disease neuroimaging initiative. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2015. V. 36 (4). P. 653–660.
  17. *Chupin M., Mukuna Bantumbakulu A. R., Hasboun D., Bardinet E., Baillet S., Kinkingnéhun S., Lemieux L., Dubois B., Garnero L.* Automated segmentation of the hippocampus and the amygdala driven by competition and anatomical priors: method and validation on healthy subjects and patients with Alzheimer's disease. *Neuroimage.* 2007. No. 34. P. 996–1019.
  18. *Chupin M., Gerardin E., Cuingnet R. et al.* Fully automatic hippocampus segmentation and classification in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment applied on data from ADNI. *Hippocampus.* 2009. V. 19. P. 579–587.
  19. *Cuingnet R., Gerardin E., Tessieras J. et al.* Automatic classification of patients with Alzheimer's disease from structural MRI: A comparison of ten methods using

- the ADNI database. *Neuroimage*. 2011. No. 56. P. 766–781.
20. *Freund Y., Shapire R.* A decision-theoretic generalization of online learning and an application to boosting. *J. of Computer and System Sciences*. 1997. V. 55. P. 119–139.
  21. *Gerardin E., Chételat G., Chupin M., Cuingnet R., Desgranges B., Kim H. et al.* Multidimensional classification of hippocampal shape features discriminates Alzheimer's disease and mild cognitive impairment from normal aging. *Neuroimage*. 2009. P. 1476–1486.
  22. *Jing Z., Yu C., Jiang G., Liu W., Tong L.* 3D texture analysis on MRI images of Alzheimer's disease. *Brain Imaging and Behavior*. 2012. P. 61–69.
  23. *Kim P., Lee Y., Jung Y., Cho J., Myoung K.* Liver extraction in the abdominal CT image by watershed segmentation algorithm. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, 2006. IFMBE Proc. 2007. V. 14. P. 2563–2566.
  24. *McLean J.* The investigation of hippocampal and hippocampal subfield volumetry, morphology and metabolites using 3 T MRI. Thesis for the degree of Ph.D. University Glasgow, 2012. 354 p.
  25. *Morra J. H., Tu Z., Toga A. W. et al.* Machine learning for brain image segmentation. Gonzalez F. A., Romero E., eds. *Biomedical image analysis and machine learning technologies*. Hershey: Medical Information Science References. 2009. P. 851–874.
  26. *Kodama N., Kawase Y., Okamoto K.* Application of texture analysis to differentiation of dementia with lewy bodies from Alzheimer's Disease on Magnetic Resonance Images. *IFMBE Proceedings*. 2006. V. 14/3. P. 1444–1446.
  27. *Patil M. M., Yardi A. R.* Diagnosis of Alzheimer's disease from 3D MR images with statistical features of hippocampus. V. V. Das and N. Thankachan (Eds.): *CIIT*, 2011. CCIS 250. P. 744–749.
  28. *Rabeh A., Benzarti F., Amiri H.* Diagnosis of Alzheimer disease from MRI images of the brain throughout time. *Proceedings of the 16th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2016), Advances in Intelligent Systems and Computing*. P. 219–226.

### Сведения об авторах

**Гридин Владимир Николаевич**, доктор технических наук, профессор, научный руководитель ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН.  
Адрес: 143000, Московская область, г. Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, д. 7а.  
Тел.: +7 (495) 596-02-19. Электронная почта: info@ditc.ras.ru.

**Gridin Vladimir Nikolaevich**, M. D. Tech., Professor, Head of Researches, Design Information Technologies Center of RAS.  
Address: 7a, ul. Marshal Biryuzov, Moscow Region, Odintsovo, 143000, Russia.  
Phone number: +7 (495) 596-02-19. E-mail: info@ditc.ras.ru

**Труфанов Максим Игоревич**, кандидат технических наук, доцент, врио директора ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН.  
Адрес: 143000, Московская область, г. Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, д. 7а.  
Тел.: +7(495) 596-02-19. Электронная почта: info@ditc.ras.ru.

**Truphanov Maxim Igorevich**, Ph. D. Tech., Associate Professor, Director, Design Information Technologies Center of RAS.  
Address: 7a, ul. Marshal Biryuzov, Moscow Region, Odintsovo, 143000, Russia.  
Phone number: +7 (495) 596-02-19. E-mail: info@ditc.ras.ru

**Солодовников Владимир Игоревич**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН.  
Адрес: 143000, Московская область, г. Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, д. 7а.  
Тел.: +7(495) 596-02-19. Электронная почта: info@ditc.ras.ru

**Solodovnikov Vladimir Igorevich**, Ph. D. Tech., Head of Laboratory, Design Information Technologies Center of RAS.  
Address: 7a, ul. Marshal Biryuzov, Moscow Region, Odintsovo, 143000, Russia.  
Phone number: +7 (495) 596-02-19. E-mail: info@ditc.ras.ru

**Панищев Владимир Славиевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН.  
Адрес: 143000, Московская область, г. Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, д. 7а.  
Тел.: +7(495) 596-02-19. Электронная почта: info@ditc.ras.ru

**Panishchev Vladimir Slavievich**, Ph. D. Tech., Senior Researcher, Design Information Technologies Center of RAS.  
Address: 7a, ul. Marshal Biryuzov, Moscow Region, Odintsovo, 143000, Russia.  
Phone number: +7 (495) 596-02-19. E-mail: info@ditc.ras.ru

**Синицын Валентин Евгеньевич**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН, руководитель Центра лучевой диагностики, ФГАУ «Лечебно-реабилитационный центр» Минздрава России.  
Адрес: 125367, г. Москва, Ивановское шоссе, д. 3.  
Тел.: +7 (495) 942-40-20. Электронная почта: vsini@mail.ru

**Sinitsyn Valentin Evgen'evich**, M. D. Med., Professor, Chief Researcher, Design Information Technologies Center of RAS, Head of Radiology Center, Federal Center of Treatment and Rehabilitation.  
Address: 3, Ivan'kovskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 942-40-20. E-mail: vsini@mail.ru

**Яхно Николай Николаевич**, доктор медицинских наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН «Центр информационных технологий в проектировании» РАН, заведующий научно-исследовательским отделом неврологии научно-исследовательского центра, профессор кафедры нервных болезней лечебного факультета, директор научно-образовательного клинического центра неврологии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет).  
Адрес: 119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.  
Тел.: +7(495) 596-02-19. Электронная почта: info@ditc.ras.ru

**Yakhno Nikolay Nikolaevich**, M. D. Med., Academician of RAS, Professor, Chief Researcher, Design Information Technologies Center of RAS, Head of the Research Department of Neuroscience Research Center, Professor of Neurology, Medical Faculty, Director of Scientific Educational Clinical Centre of Neurology, I. M. Sechenov First Moscow State Medical University.  
Address: 8/2, ul. Trubetskaya, Moscow, 119991, Russia.  
Phone number: +7(495) 596-02-19. E-mail: info@ditc.ras.ru

#### Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 17-11-01288).  
Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*

# Возможности магнитно-резонансной маммографии в диагностике неинвазивного протокового рака молочной железы (обзор литературы и собственный опыт использования)

М. С. Карпова\*, Г. С. Алиева, А. В. Петровский, Г. П. Корженкова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр (НМИЦ) онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России

## Magnetic Resonance Mammography in the Diagnosis of Non-invasive Ductal Breast Cancer (Review of Literature and Own Experience)

M. S. Karpova\*, G. S. Alieva, A. V. Petrovsky, G. P. Korzhenkova

The N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia

### Реферат

Магнитно-резонансная томография (МРТ) играет важную роль в диагностике рака молочной железы (РМЖ). Изучение семиотических и кинетических критериев при проведении динамической МРТ молочных желез позволило выявить ряд признаков, характерных для протоковой карциномы in situ (DCIS). По данным литературы и результатам собственных исследований получено что МР-картина при DCIS характеризуется зонами высокой интенсивности сигнала с отсутствием четко очерченного контура и оформленного центра (nonmass): сегментарное, регионарное, диффузное усиление интенсивности МР-сигнала. Совокупность ряда признаков, таких, как III тип динамической кривой, высокая интенсивность МР-сигнала, встречалась при G3 варианте DCIS и микроинвазивном раке. Данные признаки могут стать прогностическими критериями более злокачественного варианта внутрипротокового поражения ткани молочной железы. Для подтверждения результатов необходимы дальнейшие исследования с большим количеством пациентов.

**Ключевые слова:** магнитно-резонансная томография, рак молочной железы, протоковая карцинома in situ (DCIS).

\* Карпова Марина Сергеевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (499) 324-44-96. Электронная почта: mskarpova@bk.ru

Karpova Marina Sergeevna, Ph. D. Med., Radiologist, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
Phone number: +7 (499) 324-44-96. E-mail: mskarpova@bk.ru

## Abstract

Magnetic resonance imaging plays an important role in the diagnosis of breast cancer (BC). The study of semiotic and kinetic criteria of the breast dynamic magnetic resonance imaging (MRI) revealed a number of features specific for ductal carcinoma in situ (DCIS). In our range of patients, MR-picture of the DCIS is characterized by areas of high signal intensity, with no clear-cut contour and non-arranged center (nonmass): segmental, regional, diffuse increased of the signal intensity. The combination of the features such as type III dynamic curve, high signal intensity is met in G3 DCIS and microinvasive cancer. These symptoms could be prognostic criteria of more malignant version of intraductal lesions in the breast tissue. To confirm the results, further studies are needed with a large number of patients.

**Key words:** Magnetic Resonance Imaging, Breast Cancer, Ductal Carcinoma in situ (DCIS).

## Актуальность

Рак молочной железы (РМЖ) наиболее распространенное онкологическое заболевание у женщин. Диагностика ранних форм с помощью современных лучевых методов обследования позволяет снизить смертность от РМЖ. Наиболее сложной задачей лучевой диагностики является выявление преинвазивных форм РМЖ. DCIS составляет около 27 % из диагностированных РМЖ [4].

DCIS — неинвазивное злокачественное поражение молочной железы, характеризуемое пролиферацией злокачественных клеток в пределах терминальной дуктально-лобулярной единицы (TDLU) без нарушения целостности базальной мембраны. DCIS включает широкий спектр заболеваний, от высокодифференцированных (G1) до низкодифференцированных образований (G3), которые могут дать фокусы инвазивного РМЖ. Диагностика DCIS является прогностически значимой. Возможность диагностирования неинвазивных форм РМЖ позволяет выполнять радикальные хирургические вмешательства без лимфаденэктомии и в некоторых случаях дополнительной лучевой и лекарственной терапии [7].

Клинические проявления DCIS в большинстве случаев отсутствуют.

Морфологические изменения могут присутствовать как на ограниченном участке, так и диффузно в различных отделах молочной железы (мультицентричность). В большинстве случаев DCIS диагностируется при рентгеновской маммографии (90 %).

Диагностика основана на выявлении злокачественных микрокальцинатов с линейным, сегментарным распределением или сгруппированных микрообызвествлений промежуточного или злокачественного типа. Приблизительно в 10 % случаев DCIS может проявляться в виде объемного образования и в 20 % — нарушением архитектоники ткани без микрокальцинатов [3, 5].

Очаги микрокальцификации и нарушения архитектоники ткани при DCIS могут не совпадать с истинным распространением опухолевой ткани.

МРТ также имеет возможность визуализации опухоли в просвете протока. Чувствительность МРТ-диагностики DCIS составляет от 79 до 92 % [1, 8].

Определение неинвазивных опухолей при МРТ основано на возможности анализа степени васкуляризации, оценки сосудистой плотности и проницаемости эндотелия. Рост опухолевой ткани в протоке стимулирует перидукталь-

ный неоваскулогенез, что соответственно повышает сосудистую плотность и позволяет оценивать морфологические и кинетические критерии на МР-томограммах. При этом была выявлена прямая зависимость между плотностью вновь образованных сосудов и степенью злокачественности DCIS [2].

При DCIS высокой степени злокачественности (G3) характерна более высокая сосудистая плотность, которая может быть связана с частичным разрушением слоя миоэпителиальных клеток, формирующих естественную границу между опухолевой тканью и базальной мембраной. В норме миоэпителиальные клетки продуцируют высокий уровень ингибиторов ангиогенеза в строме, что не позволяет сосудам «врастать» в протоковые структуры. При их повреждении уровень ингибиторов ангиогенеза уменьшается, что стимулирует активацию процесса васкуляризации [11].

Вторым механизмом, способствующим визуализации DCIS на МР-томограммах, является повышение проницаемости базальной мембраны под действием протеолитических ферментов, секретируемых злокачественными клетками [6]. Таким образом, чем выше степень злокачественности, тем больше механизмов, стимулирующих неан-

гиогенез. В итоге чем выше сосудистая плотность и проницаемость эндотелия, тем выше МР-сигнал, получаемый при контрастировании.

МРТ становится одним из основных методов визуализации DCIS в основном благодаря улучшению технических параметров МР-аппаратов и появлению новых диагностических критериев, которые отличаются от используемых в диагностике инвазивных опухолей [13].

Согласно BI-RADS (ACR, 2013), все визуализируемые участки патологического контрастирования на МР-томограммах можно разделить на следующие группы:

- 1) очаг (фокус);
- 2) образование (mass);
- 3) зоны высокой интенсивности МР-сигнала после контрастирования (nonmass enhancement), которые делятся на подгруппы: очаг, линейная зона усиления интенсивности сигнала, сегментарная зона усиления интенсивности сигнала, регионарная зона усиления интенсивности сигнала, мультирегионарное усиление интенсивности сигнала, диффузная зона усиления интенсивности сигнала (рис. 1, а – ж).

Выделение в BI-RADS (2013) такого понятия, как nonmass, дало возмож-

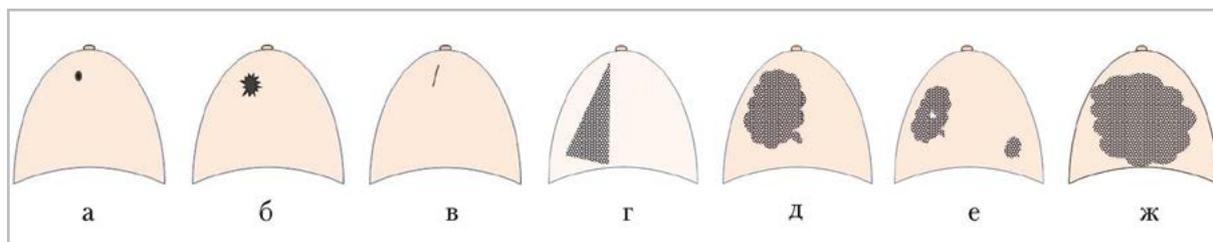


Рис. 1. Модели распределения выявленных на МР-томограммах зон контрастирования: а – очаг, фокус; б – образование (mass); в – линейная зона усиления интенсивности МР-сигнала; г – сегментарная зона усиления интенсивности МР-сигнала; д – регионарная зона усиления интенсивности МР-сигнала; е – мультирегионарное усиление интенсивности МР-сигнала; ж – диффузная зона усиления интенсивности МР-сигнала

ность рассматривать малоинтенсивные асимметричные зоны усиления интенсивности МР-сигнала с отсутствием четко очерченного контура и центра как признак патологической структуры, соответствующей DCIS.

По данным авторов ряд моделей распределения контрастного препарата дает возможность утверждать распространенность злокачественного процесса по протоковой системе и может соответствовать признакам DCIS [9, 12]:

- асимметричное линейное усиление интенсивности МР-сигнала (по типу «слепок протока») (рис. 2);

- сегментарное усиление интенсивности МР-сигнала – пирамидальной формы с конусом у соска и основанием у грудной стенки (рис. 3);
- регионарное усиление интенсивности МР-сигнала (зона высокой интенсивности сигнала за пределами одной протоковой системы, или более 25 % квадранта) (рис. 4);
- диффузные зоны неоднородной структуры (рис. 5).

Сложность диагностики DCIS составляет анализ преконтрастных МР-томограмм (с и без жироподавления), при которых патологические изменения

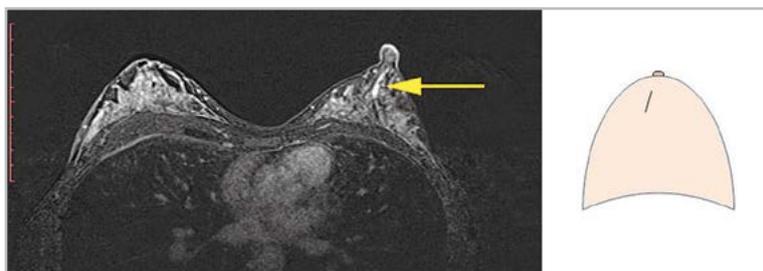


Рис. 2. МР-томограмма, постконтрастное T1-ВИ и схема DCIS – линейное усиление интенсивности МР-сигнала (стрелка)

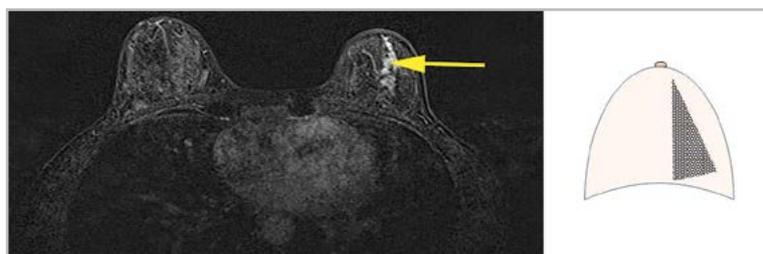


Рис. 3. МР-томограмма, постконтрастное T1-ВИ и схема DCIS – сегментарное усиление интенсивности МР-сигнала (стрелка)

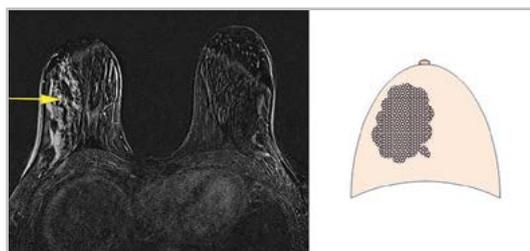


Рис. 4. МР-томограмма, постконтрастное T1-ВИ, МIP-реконструкция и схема DCIS – регионарное усиление интенсивности МР-сигнала (стрелка)



Рис. 5. МР-томограмма, постконтрастное T1-ВИ, MIP-реконструкция и схема DCIS — диффузная зона высокой интенсивности МР-сигнала неоднородной структуры (стрелка)

в большинстве случаев не дифференцируются либо определяются сниженные МР-сигналы [9].

В незначительном числе наблюдений DCIS, выявляемые при МРТ, характеризуются визуализацией объемных образований (mass), с возможностью охарактеризовать форму, контур, структуру и оценить кинетические кривые изменения интенсивности МР-сигнала во времени [10].

Особенности кривой изменения МР-сигнала обусловлены характером диффузии контрастного препарата из кровеносного русла во внеклеточное пространство. В исследованиях показано, что степень диффузии увеличивается при прогрессировании от неинвазивного до инвазивного РМЖ, что определяется степенью васкуляризации. Фармакокинетические кривые интенсивности МР-сигнала при DCIS вариабельны, наблюдаются кривые I, II и III типов [10, 12, 14].

**Цель:** исследование возможностей динамической магнитно-резонансной томографии в диагностике неинвазивной формы РМЖ.

### Изучение МР-семиотики DCIS

Проведен анализ МРТ молочных желез в малой выборке пациенток ( $n = 11$ ), которым при гистологическом исследо-

вании послеоперационного материала поставлен диагноз DCIS с разной степенью злокачественности, а также инвазивного РМЖ (микроинвазия).

Ретроспективно были пересмотрены МР-томограммы данных пациенток. МРТ молочных желез проводилось на аппарате с мощностью поля 1,5 Тл (Magnetom Espree, Siemens, Германия).

Выполнялось динамическое МР-исследование с использованием контрастного препарата гадобутрол (гадовист®, Байер Шеринг Фарма АГ, Германия) в объеме 7,5 мл. Проанализированы пре- и постконтрастные томограммы, проведен анализ динамического исследования, оценен характер изменения интенсивности МР-сигнала в зависимости от степени злокачественности DCIS.

При анализе преконтрастных МР-томограмм признаков, позволяющих дифференцировать паренхиму ткани от внутрипротокового поражения, не выявлено.

При анализе постконтрастных МР-томограмм ни в одном из случаев объемных образований (mass), а также очаговых зон высокой интенсивности сигнала выявлено не было. Все зоны контрастирования характеризовались отсутствием четко очерченного контура и центра. В 6 случаях было выявлено сегментарное

усиление интенсивности МР-сигнала, в 4 — регионарное и в 1 — диффузное усиление интенсивности МР-сигнала от всей ткани молочной железы. Все выявленные зоны высокой интенсивности МР-сигнала после контрастирования характеризовались асимметрией.

Специфических данных кинетических кривых выявлено не было. При динамическом исследовании определялись все 3 типа кинетических кривых. Зависимость полученных признаков от степени гистологической злокачественности DCIS представлена в таблице.

### Распределение МР-признаков в зависимости от степени гистологической злокачественности DCIS

Морфологические признаки выявленных изменений на постконтрастных МР-томограммах	Степень гистологической злокачественности DCIS				Всего, n = 11
	G1, n = 2	G2, n = 3	G3, n = 4	Инвазивная (микроинвазия) n = 2	
Сегментарная зона усиления МР-сигнала	++	+	++	+	6
Регионарное усиление МР-сигнала		++	++		4
Диффузная зона усиления МР-сигнала				+	1
I тип динамической кривой	++	++			4
II тип динамической кривой		+	++		3
III тип динамической кривой			++	++	4
Интенсивность МР-сигнала до 200 %	++				2
Интенсивность МР-сигнала от 200 до 500 %		++	+		3
Интенсивность МР-сигнала более 500 %		+	+++	++	6

*Примечание:* статистическая обработка полученных данных не проводилась из-за малой выборки; в таблице «+» — количество человек.

Сложность МР-диагностики карциномы молочной железы *in situ* заключается в преобладании неклассических признаков, принятых в диагностике. В связи с этим стоит вопрос разработки более точных МР-критериев при DCIS.

При анализе полученных результатов наиболее частыми МР-проявлениями РМЖ *in situ* являются зоны сегментарного, регионарного и диффузного усиления интенсивности МР-сигнала на постконтрастных томо-

граммах, что не противоречит данным зарубежных авторов [12].

Неоангиогенез в «опухоловой» ткани при DCIS неоднороден, что определяет соответствующую картину при МРТ, — структура зоны высокой интенсивности сигнала неоднородна.

Наиболее распространена структура повышения МР-сигнала в виде «булыжной мостовой», при которой отдельные участки повышения интенсивности сменяются нормальным МР-сигналом от тканей молочной железы. На этом фоне сложно дифференцировать МР-сигнал от естественных структур (например, от железистых долек) и DCIS. Важным фактором, позволяющим провести дифференциальную диагностику между патологическим «неузловыми» изменениями и физиологическим усилением МР-сигнала ткани, является асимметрия зон контрастирования.

При сопоставлении с гистологическими вариантами DCIS была выявлена разная степень интенсивности МР-сигнала на томограммах. При варианте DCIS G3 и инвазивного рака (микроинвазия) зоны интереса характеризовались более высокой интенсивностью

МР-сигнала и более насыщенным контрастированием на ограниченном участке ткани (рис. 6, а, б).

Это может быть объяснено разной степенью сосудистой плотности у высоко- и низкодифференцированных образований. Разницы между DCIS G3 и инвазивным раком (микроинвазия) выявлено не было. Таким образом, обнаружение МР-признаков злокачественного варианта DCIS априори может повышать вероятность наличия очагов микроинвазии, даже не диагностированных при анализе гистологических препаратов биопсийного материала. Сложность в проведении дифференциальной диагностики неинвазивного и инвазивного (микроинвазивного) РМЖ требует дальнейших исследований.

При анализе динамических кривых были выявлены все 3 типа, но при этом злокачественный (III) тип динамической кривой встречается при наиболее злокачественном варианте (G3) DCIS и инвазивном раке (микроинвазия).

Таким образом, акцентируя внимание на характер распределения зон высокой интенсивности МР-сигнала, асимметрию, можно предположить вну-

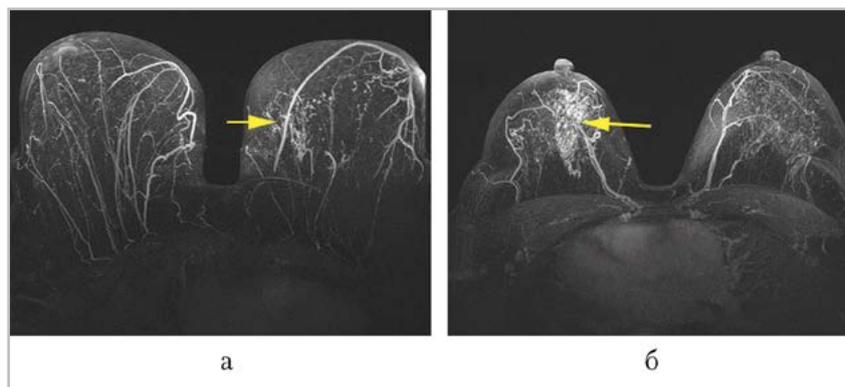


Рис. 6. МР-томограммы (разные пациентки), постконтрастные Т1-ВИ, МIP-реконструкция: а — в ткани левой молочной железы определяется зона сегментарного усиления сигнала, DCIS G1 (стрелка); б — в ткани правой молочной железы определяется зона сегментарного усиления сигнала, DCIS G3 (стрелка)

трипротоковое распространение процесса, при этом более высокая «плотность» зоны усиления интенсивности МР-сигнала и III тип динамической кривой могут стать предиктором более злокачественного варианта заболевания.

Данные семиотические критерии могут быть использованы при поиске первичной опухоли и проведении дифференциального диагноза после маммографии (ММГ) и УЗИ. Одной из важных задач МРТ молочных желез является оценка распространенности процесса при первичном обследовании пациенток с РМЖ, особенно при высокой рентгенологической плотности (более 50%). Часто сочетание инвазивного РМЖ, проявляющегося при ММГ и УЗИ, с внутрипротоковым распространением требует более тщательного обследования для определения адекватного объема оперативного вмешательства.

### Клинический пример

Пациентка К., 55 лет, обратилась к онкологу с жалобами на небольшое уплотнение в наружном отделе левой молочной железы. Были выполнены ММГ и УЗИ молочных желез. При анализе ММГ на фоне преобладания фиброзно-железистого компонента узловые образования, микрокальцинаты выявлены не были. При УЗИ в верхненаружном квадранте левой молочной железы, ближе к ареоле, визуализировалось гипоэхогенное образование с нечетким контуром, размером  $0,6 \times 0,5$  см (рис. 7, а – в).

Выставлена категория BI-RADS 4 и рекомендована гистологическая верификация. По данным гистологического исследования был диагностирован инвазивный РМЖ с его внутрипротоковым распространением.

Учитывая высокую рентгенологическую плотность ткани молочных желез, для оценки распространенности процесса рекомендована МРТ (рис. 8, а – д).

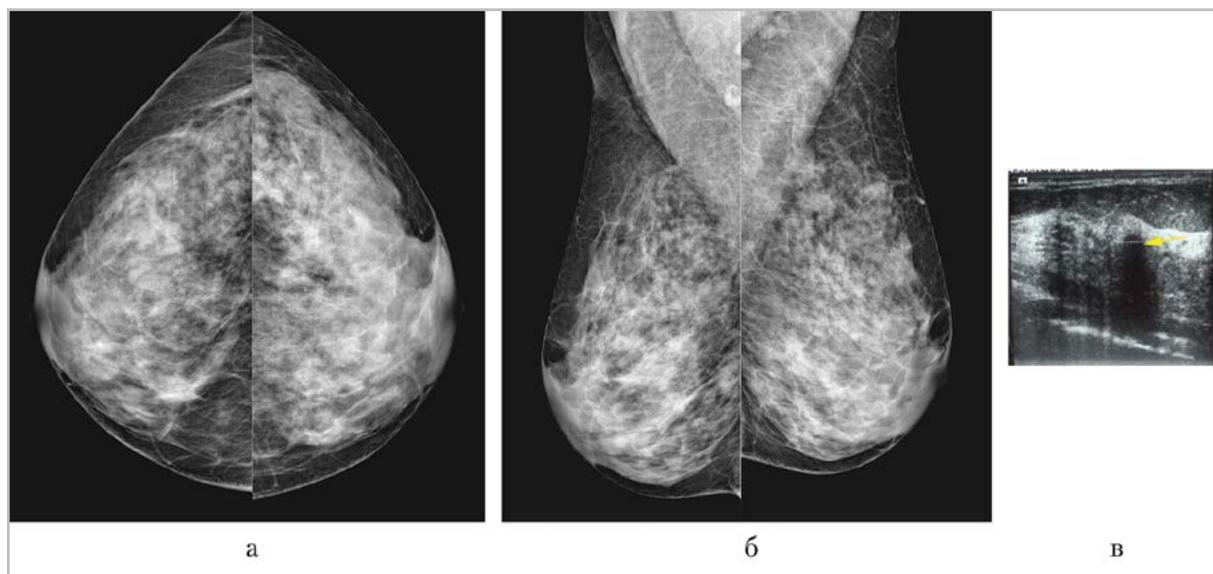


Рис. 7. Маммограммы пациентки К., 55 лет, в прямых (а) и косых (б) проекциях: на фоне высокой рентгенологической плотности узловые образования, микрокальцинаты не определяются; в – на эхограмме в верхненаружном квадранте левой молочной железы отмечается гипоэхогенное образование с нечетким контуром (стрелка)

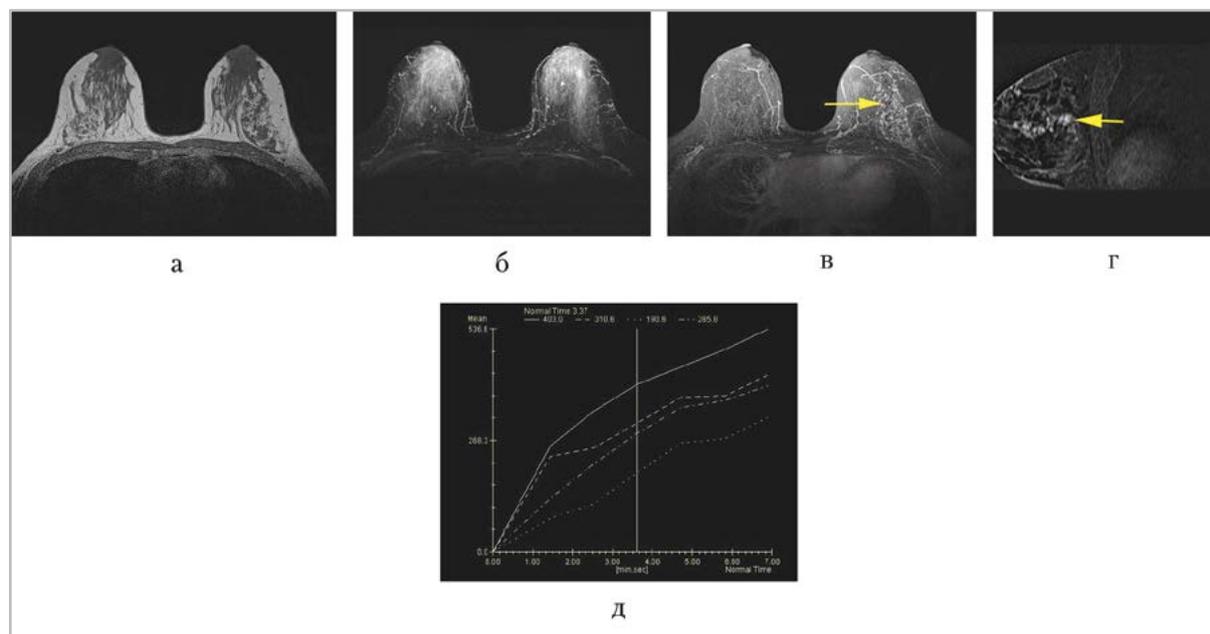


Рис. 8. МР-томограммы пациентки К., 55 лет: преконтрастное T1-ВИ без жироподавления (а); преконтрастное T2-ВИ с жироподавлением, МIP-реконструкция (б); постконтрастные T1-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в аксиальной и сагиттальной проекциях (в, г) — определяется зона сегментарного усиления МР-сигнала неоднородной структуры (стрелки); I тип динамической кривой (д)

На преконтрастных срезах образований зон патологического усиления МР-сигнала выявлено не было.

На постконтрастных томограммах в ткани левой молочной железы от ретромаммарного до ретроареолярного отдела определялась сегментарная зона высокой интенсивности МР-сигнала неоднородной структуры. При анализе динамического исследования отмечался I тип кинетической кривой.

Акцентирование внимания на «узловое» асимметричное усиление МР-сигнала позволило определить тактику оперативного вмешательства.

### Заключение

Эффективность МРТ в диагностике преинвазивных состояний не доказана. Дифференцировать железистые структуры неизменной ткани молочной железы и

патологические злокачественные изменения сложно. Классические признаки РМЖ не являются ведущими критериями. Разработка семиотики злокачественных опухолей неинвазивной природы требует дальнейшего изучения.

### Список литературы/ References

1. Baur A., Bahrs S. D., Speck S., Wietek B. M., Krämer B., Vogel U., Claussen C. D., Siegmann-Luz K. C. Breast MRI of pure ductal carcinoma in situ: sensitivity of diagnosis and influence of lesion characteristics // Eur. J. Radiol. 2013; 82:1731–1737.
2. Cao Yu., Paner, G. P., Kahn L. B., Rajan P. B. Noninvasive carcinoma of the breast: angiogenesis and cell proliferation // Arch. Pathol. Lab. Med. 2004; 128:893–896.
3. Cho K. R., Seo B. K., Kim C. H., Whang K. W., Kim Yu. H., Kim B. K., Woo O. H.,

- Lee Y. H., Chung K. B.* Non-calcified ductal carcinoma in situ: ultrasound and mammographic findings correlated with histological Findings // *Yonsei Med. J.* 2008 February 29; 49(1): 103–110.
4. *Desantis C., Siegel R., Bandi P., Jemal A.* Breast cancer statistics, 2011 // *CA Cancer J. for Clinicians.* 2011. V. 61. No. 6, P. 409–418.
  5. *Farshid, G., Downey P., Gill P. G.* Atypical presentations of screen-detected DCIS: implications for pre-operative assessment and surgical intervention // *Breast.* 2007. V. 16. P. 161–171.
  6. *Jansen S. A., Paunesku T., Fan X. et al.* Ductal carcinoma in situ: X-ray fluorescence microscopy and dynamic contrast MR imaging reveals gadolinium uptake within neoplastic mammary ducts in a murine model // *Radiol.* 2009. V. 253. P. 399–406.
  7. *Kane R. L., Virnig B. A., Shamliyan T. et al.* The impact of surgery, radiation, and systemic treatment on outcomes in patients with ductal carcinoma in situ // *J. Natl. Cancer Inst. Monogr.* 2010. V. 41. P. 130–133.
  8. *Kuhl C.* The current status of breast MR imaging. Part I. Choice of technique, image interpretation, diagnostic accuracy, and transfer to clinical practice // *Radiol.* 2007. V. 244 (2). P. 356–378.
  9. *Nadrljanski M. M., Biljana B. M. et al.* Breast ductal carcinoma in Situ: morphologic and kinetic MRI findings // *Iran. J. Radiol.* 2013. V. 10 (2). P. 99–102.
  10. *Newstead G. M.* MR imaging of ductal carcinoma in situ. Magn reson imaging // *Clin N. Am.* 2010. V. 18(2). P. 225–240.
  11. *Nguyen M., Lee M. C., Wang J. L. et al.* The human myoepithelial cell displays a multifaceted antiangiogenic phenotype // *Oncogene.* 2000. V. 19 (31). P. 3449–3459.
  12. *Raza S., Vallejo M. et al.* Pure Ductal Carcinoma in situ: a range of MRI features // *Am. J. Roentgenol.* 2008. V. 191. P. 689–699.
  13. *Tozaki M.* BI-RADS-MRI terminology and evaluation of intraductal carcinoma and ductal carcinoma in situ // *Breast Cancer.* 2013. V. 20(1). P. 13–20. DOI: 10.1007/s12282-011-0312-3. Epub. 2011. Nov. 23.
  14. *Yamada T., Mori N. et al.* Radiologic-pathologic correlation of ductal carcinoma in situ // *Radiographics.* 2010. V. 30 (5). P. 1183–1198.

### Сведения об авторах

**Карпова Марина Сергеевна**, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (499) 324-44-96. Электронная почта: mskarpova@bk.ru

**Karpova Marina Sergeevna**, Ph. D. Med., Radiologist? the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
Phone number: +7 (499) 324-44-96. E-mail: mskarpova@bk.ru

**Алиева Гюнель Сабировна**, врач-рентгенолог ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (499) 324-44-96.

**Alieva Gunel Sabirovna**, Radiologist, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
Phone number: +7 (499) 324-44-96.

**Петровский Александр Валерьевич**, кандидат медицинских наук, заместитель директора НИИ Клинической и экспериментальной радиологии ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
Адрес: 115448, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (499) 324-10-94.

**Petrovsky Alexander Valer'evich**, Ph. D. Med., Deputy Director, 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 (499) 324-10-94.

**Корженкова Галина Петровна**, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н. Н. Блохина» Минздрава России.  
Адрес: 115448, Россия, г. Москва, Каширское шоссе, д. 24.  
Тел.: +7 (499) 324-44-96. Электронная почта: gkorzhenkova@mail.ru

**Korzhenkova Galina Petrovna**, M. D. Med., Senior Researcher, the N. N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 24, Kashirskoe shosse, Moscow, 115448, Russia.  
Phone number: +7 (499) 324-44-96. E-mail: gkorzhenkova@mail.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.*



# ООО «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ» (ЦНИИЛД)

## УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 15, корп. 1

**ЦНИИЛД** – лицензия на образовательную деятельность № 038017 от 11.11.2016 г.

Генеральный директор – **Васильев Александр Юрьевич**, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН.

**ЦНИИЛД предлагает проведение циклов повышения квалификации по специальностям «Рентгенология» и «Ультразвуковая диагностика» со сроком освоения 18 и 36 часов.**

**Перечень образовательных циклов повышения квалификации:**

- Авторские лекции по диагностике заболеваний, травм и неотложных состояний органов мочеполовой системы.
- Томосинтез в клинической практике.
- Авторские лекции «Актуальные вопросы ультразвуковой диагностики».
- Рентгенодиагностика заболеваний головы и шеи.
- Ультразвуковая диагностика заболеваний головы и шеи.

Данные по всем образовательным циклам подаются в Систему непрерывного медицинского образования (НМО).

**Лекции читают ведущие специалисты в области лучевой диагностики из различных регионов Российской Федерации.**

**Некоторые циклы, а также лекции проходят дистанционно.**

**Циклы проводятся в удобное время (после 15.00 ч), что дает возможность на обучение без отрыва от работы.**

**По окончании цикла выдается документ о повышении квалификации ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗЦА.**

По всем интересующим вопросам можно связаться с учебным центром по адресу электронной почты:

[cniild@mail.ru](mailto:cniild@mail.ru).

Тел.: +7 (906) 041-11-77.



## Ультразвуковая диагностика рабдомиолиза у ребенка (клиническое наблюдение)

Е. Б. Ольхова<sup>\*,1</sup>, А. Л. Музуров<sup>2</sup>, Г. А. Генералова<sup>3</sup>, А. С. Гуленков<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup> ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования»

<sup>3</sup> ГБУЗ «Детская городская клиническая больница Св. Владимира» Департамента здравоохранения г. Москвы

<sup>4</sup> ФБГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»

## Ultrasonic Appearance of Rhabdomyolysis in a Child (Clinical Observation)

E. B. Olkhova<sup>\*,1</sup>, A. L. Muzurov<sup>2</sup>, G. A. Generalova<sup>3</sup>, A. S. Gulenkov<sup>4</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> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Ministry of Healthcare of Russia

<sup>3</sup> Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir the Department of Public Health

<sup>4</sup> All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants

### Реферат

Рабдомиолиз — это состояние, определяемое повреждением клеток скелетных мышц, в результате чего в системную циркуляцию поступают потенциально токсические компоненты тканевого распада. В результате этого могут развиваться жизненно угрожающие состояния, такие, как острая почечная недостаточность в связи с миоглобинурией, гиперкалиемия и острые кардиологические нарушения, диссеминированное внутрисосудистое свертывание крови. В публикации представлен клинический случай рабдомиолиза у 15-летнего мальчика, развившегося на фоне вирусной инфекции. При УЗИ определялось повышение эхогенности пораженных мышц с увеличением их объема и выбуханием фасций. Представлены результаты эхографических исследований и краткий обзор литературы.

\* **Ольхова Елена Борисовна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры 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: elena-olchova@bk.ru

**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.

Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.

Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: elena-olchova@bk.ru

**Ключевые слова:** ультразвуковая диагностика, дети, рабдомиолиз.

## Abstract

Rhabdomyolysis is a syndrome of skeletal muscle cell damage that leads to the release of potentially toxic muscle cell components into the systemic circulation. This disorder may result in potential life-threatening complications such as acute myoglobinuric renal failure, hyperkalemia and cardiac arrest, disseminated intravascular coagulation. We report a case of a 15-year-old male suffering from rhabdomyolysis caused by virus. Sonography revealed hyperechoic areas within the multiple muscles examined, consistent with a recent injury. The volume of the striated muscle increased; the fascia wrapping the muscle showed arched protrusions. The results of the echographic study and the short review of the literature is present.

**Key words:** Ultrasonography, Children, Rhabdomyolysis.

## Актуальность

Рабдомиолиз — редкое заболевание, известное в основном как одна из причин острой почечной недостаточности (ОПН). Полиэтиологичность заболевания, его стертая клиническая картина и грозные осложнения заставляют искать новые методы его ранней диагностики, одним из которых является лучевое исследование пораженных мышц, впрочем, мало изученное и редко применяемое до настоящего времени.

**Цель:** демонстрация возможностей высокоразрешающего УЗД в оценке пораженных мышц при рабдомиолизе у ребенка.

## Клиническое наблюдение

Anamnesis morbi: Мальчик 15 лет поступил в стационар накануне вечером с гипертермией (вирусная инфекция) и жалобами на слабость в ногах. Также отмечена тахикардия и повышение АД до 150/100 мм рт. ст. На момент осмотра — резкая мышечная слабость (не мог самостоятельно подняться, сидеть, повернуться на бок, с трудом поднимал руки и ноги). Заболел за 3 дня до поступления: повышение температуры, катаральные проявления. За 2–3 дня до поступления — боли в мышцах.

Anamnesis vitae: без особенностей. Мальчик высокий (более 185 см), с ожирением (вес более 100 кг), неспортивный.

Фрагмент протокола УЗИ (рис. 1):

Правая почка — 117 × 57 мм, паренхима — 27 мм. Левая почка — 126 × 64 мм, паренхима — 32 мм.

...Почки: топография не изменена, размеры выше возрастной нормы, структуры дифференцированы, рисунок их нечеткий. Паренхима — с умеренно выраженным неравномерным повышением эхогенности... Признаков интра- и параренальных патологических включений не выявлено, ЧЛС не дилатированы. Интратренальный сосудистый рисунок визуализирован адекватно соматическому статусу ребенка, скоростные и резистивные показатели в пределах возрастной нормы, но определяется повышение акселеративных показателей и интерстициальные западения на контуре доплеровской кривой...

При УЗИ мышц различных групп были выявлены грубые структурные изменения, особенно заметные при сканировании в режиме 2 полей с сопоставлением мышц пациента с мышцами молодого мужчины-добровольца (при-

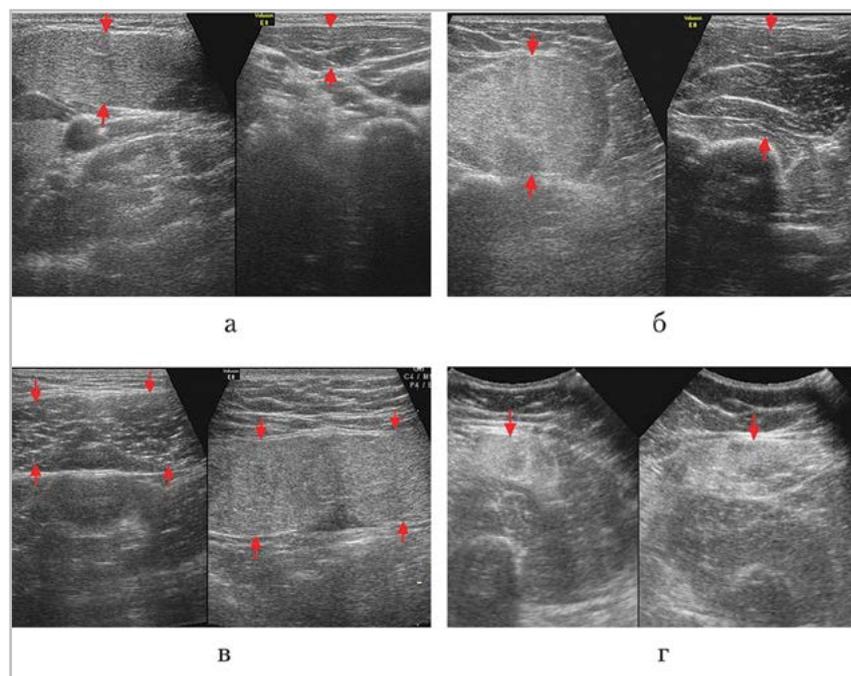


Рис. 1. Структурные изменения мышц у мальчика с рабдомиолизом, исследование в В-режиме, в режиме 2 почек; линейный датчик 7–18 МГц: *а* – кивательная мышца пациента и добровольца; *б* – бицепс пациента и добровольца; *в* – прямая мышца живота (поперечный скан ниже пупка) добровольца и пациента; *г* – правый и левый квадрицепсы бедер пациента, поперечный скан в средней трети

существовавшего на осмотре сотрудника): определялось диффузное неравномерное повышение эхогенности, утолщение и снижение структурности ВСЕХ групп мышц с сохранением фибриллярной структуры мышечной ткани.

Наиболее структурно изменены следующие мышцы (поражение симметричное): бицепсы плеча (толщина 25 мм); кивательные мышцы (толщина 15,4 мм); передние порции квадрицепсов бедер (толщина 22 мм); нижние отделы прямых мышц живота (толщина 22 мм); дельтовидные мышцы (толщина 21 мм).

Структурные изменения подлежащих костных фрагментов не выявлены. Кальцификатов, жидкостных включений в структуре мышц и межмышечно выявлено не было.

Для дальнейшего лечения ребенок был переведен в отделение гемодиализа и гравитационной хирургии. В анализах сохранялись резко выраженные изменения печеночных проб (АСТ до 5484 Е/л, АЛТ до 1616 Е/л, ЛДГ – 6688 Е/л), умеренная азотемия (мочевина до 10 ммоль/л), резкое повышение креатинфосфокиназы до 52027 Ед/л (норма до 270), повышение СРБ до 26. Через 3 сут УЗИ было выполнено повторно: значимой эхографической динамики не зафиксировано. Еще через 9 сут состояние мальчика улучшилось, показатели азотемии и печеночные пробы практически нормализовались, мальчик стал вставать (сохранялась значительная слабость в нижних конечностях), при УЗИ структура мышц практически нормализовалась: толщина мышц значительно

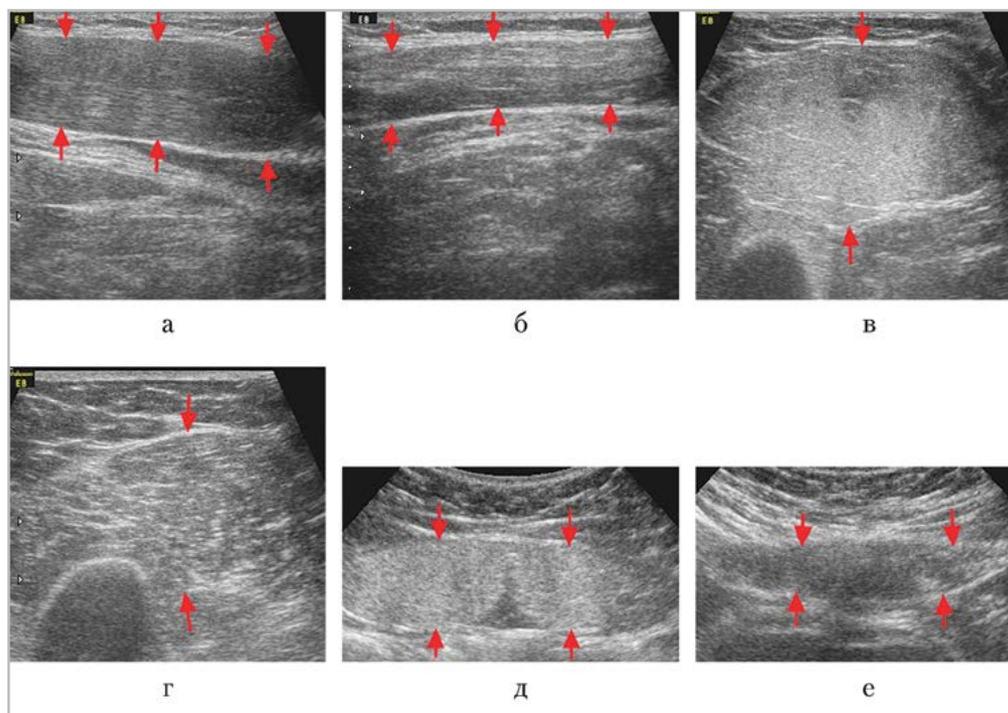


Рис. 2. Динамика изменений эхографической структуры мышц: *а, б* — кивательная мышца (продольный скан) в острой фазе заболевания и через 1 мес; *в, з* — бицепс (поперечный скан) в острой фазе заболевания и через 1 мес; *д, е* — прямая мышца живота (поперечный скан) в острой фазе заболевания и через 1 мес

уменьшилась, оставалось только незначительное повышение эхогенности и снижение структурности пораженных мышц. Выписан через 3 нед от начала заболевания. Клинический диагноз: острая вирусная инфекция. Инфекционный токсикоз. Рабдомиолиз. Острый цитоллиз. Острая воспалительная демиелинизирующая полинейропатия; вторичный миопатический синдром.

При осмотре в катамнезе (1 мес после заболевания) структура мышц эхографически нормализовалась, самочувствие мальчика нормализовалось, оставалась минимальная слабость при выполнении упражнений типа «приседания».

Толщина мышц в динамике нормализовалась и составила: бицепсы плеча — 14 мм; кивательные мышцы — 8 мм;

передние порции квадрицепсов бедер — 9 мм; нижние отделы прямых мышц живота — 11 мм; дельтовидные мышцы — 13 мм.

### Обсуждение результатов

Рабдомиолиз (РМ), соответственно названию, представляет собой деструкцию ткани поперечно-полосатых мышц, в результате чего в плазму крови поступают продукты распада клеточного содержимого (миоглобин, ферменты, электролиты). В литературе используются разные термины для обозначения этого процесса: миоглобинурия, рабдомиолиз, миопатия, токсическая миопатия, злокачественная гипертермия, злокачественный нейролептический синдром, полимиозит [4]. Генез РМ вариабелен. Наибольшее количество случаев связа-

ны с краш-синдромом (в том числе при стихийных бедствиях, техногенных катастрофах) и самыми разными нетравматическими воздействиями [2, 4–6]. Среди последних — сдавление мышц (в том числе длительное неподвижное пребывание в коматозном состоянии вследствие различных ситуаций, в том числе отравлений), цитотоксическое повреждение (инфекции, отравления), ишемия (шок, кардиореспираторные нарушения) или чрезмерная мышечная активность (перенесенные судороги, сверхнагрузка при тренировочном процессе). Из лекарств, вызывающих (провоцирующих развитие) РМ, чаще всего называют антипсихотические средства, статины, колхицин, ингибиторы серотонина и препараты лития [4–6]. Частным вариантом РМ является компартмент-синдром, чаще возникающий при травмах. Все варианты РМ чаще описаны у взрослых. У детей травматический РМ чаще является следствием ишемии или реперфузионных нарушений, нетравматический РМ развивается вследствие разнообразных факторов, среди которых гипоксически-ишемическая энцефалопатия (в том числе синдром внезапной смерти и другие жизнеугрожающие состояния), электролитные нарушения, тяжелая (злокачественная) гипертермия, отравления, наследств. миопатии. Известно значение вирусной инфекции [2]. У большинства пациентов (60 %) отмечены множественные факторы, вызывающие РМ, а в 7 % случаев его причину однозначно указать вообще не удастся [4]. Примерно в 2 раза чаще РМ развивается у лиц мужского пола всех возрастных групп. Предшествующая миопатия или нарушения мышечного метаболизма доказаны у 10 % пациентов с РМ, при этом

у них достоверно чаще были повторные эпизоды РМ [4].

Клиническая диагностика РМ не всегда проста: типичные жалобы на боли в мышцах не могут считаться достоверным признаком, особенно у детей и лиц с нарушениями сознания. Типичны метаболические нарушения: гиперкалиемия, повышение креатинина крови, нарушения почечного и печеночного обмена, что фиксируется при использовании лабораторных методов исследования. Часто отмечается аритмия. У 15–46 % пациентов с РМ развивается ОПН, которая в значительной степени определяет прогноз заболевания [2, 4]. Также осложнением РМ являются необратимые невровазкулярные поражения мышц [2]. Впрочем, летальность от относительно РМ невелика и составляет несколько процентов, основной причиной смерти является ОПН [4].

Методы медицинской визуализации для диагностики РМ используются редко, поскольку основа диагностики — это все же лабораторные методы исследования и оценка клинического состояния пациента. Хотя все специалисты, занимавшиеся лучевыми исследованиями, едины в высокой оценке диагностической значимости лучевой оценки пораженных мышц, особенно у пациентов с ОПН неясного генеза [5, 6]. К сожалению, значительного личного опыта практически ни у кого нет: в большинстве исследований число пациентов, которым было проведено лучевое исследование мышц, исчисляется единицами (до 10).

Наибольшее число пациентов в одном исследовании — 50 случаев РМ и 18 — компартмент-синдрома у пострадавших во время землетрясения в Китае [7]. Практически во всех исследованиях

использовались КТ и МРТ. Проводилось бесконтрастное КТ-исследование (учитывая почечную недостаточность), при котором обнаружены признаки отека пораженных мышц: мышцы выглядели неоднородными, гиподенсными [3, 5]. Однако чаще использовались методики МРТ (T1-, T2-взвешенные изображения, режим STIR), которая считается наиболее информативным лучевым методом оценки мышц при РМ. При МРТ в большинстве случаев описывают гомоили гетерогенное снижение интенсивности сустава в T1-взвешенном режиме и гиперинтенсивность сигнала от пораженных мышц в режиме T2-ВИ [3, 5, 6]. Правда, в единичном исследовании 2007 г. описан вариант поражения мышц с обратными изменениями интенсивности сигнала на T1- и T2-ВИ [3]. Высказывается мнение, что наличие гиперинтенсивного сигнала по окружности пораженной мышцы с формированием специфической картины stipple sign при контрастных КТ и МРТ типично для некроза мышечной ткани [3]. В динамике патологического процесса исследования выполняются крайне редко, при этом отмечено возможное прогрессирование патологического процесса с распространением поражения на другие фрагменты мышц, рядом расположенные мышцы и органы (описано поражение слюнной железы) [5]. После РМ описана кальцификация пораженных мышц (бесконтрастное КТ), при этом кальцификация коррелирует с гипокальциемией и развитием ОПН.

УЗИ как лучевой метод оценки мышц при РМ используется реже других, однако его результаты вполне могут считаться информативными. Определяется диффузно-неравномерное повышение эхогенности пораженных мышц

(иногда фрагментарное), увеличение объема пораженных мышц с типичным аркоподобным взбуханием мышечной фасции [7]. Эхографическая структурность пораженного участка мышцы была снижена и описана как «облачная» или «матовое стекло». Между мышцами появлялись темные жидкостные прослойки неправильной формы. В этих жидкостных полях не было сосудистых доплеровских сигналов. Объем пораженной мышцы был увеличен, причем у пациентов с компартмент-синдромом объем поврежденной мышцы был достоверно больше, чем при классическом РМ. Доплеровское исследование доказало снижение скорости в дистальных отделах артерий конечности на стороне поражения, а также зафиксированы изменения спектра кровотока [7]. Одновременно признается, что собственно неравномерное повышение эхогенности и снижение структурности мышечной ткани являются неспецифическими эхографическими изменениями и могут наблюдаться при мышечной дистрофии или миозите и локальных изменениях (саркоидоз мышц, миозит) [1, 7].

Для оценки информативности УЗИ и особенности техники сканирования было выполнено исследование мышц плеча (бицепсов) у добровольца-правши через 24 ч после усиленной тренировки с возникновением выраженных болевых ощущений в мышцах. Получены сканы, демонстрирующие различную эхоструктуру разных порций бицепсов, облаковидное зональное повышение эхогенности мышечной ткани. При этом изменения эхоструктуры мышечной ткани меняли свое представление при минимальном изменении направления скана (т. е. при изменении угла между УЗ-

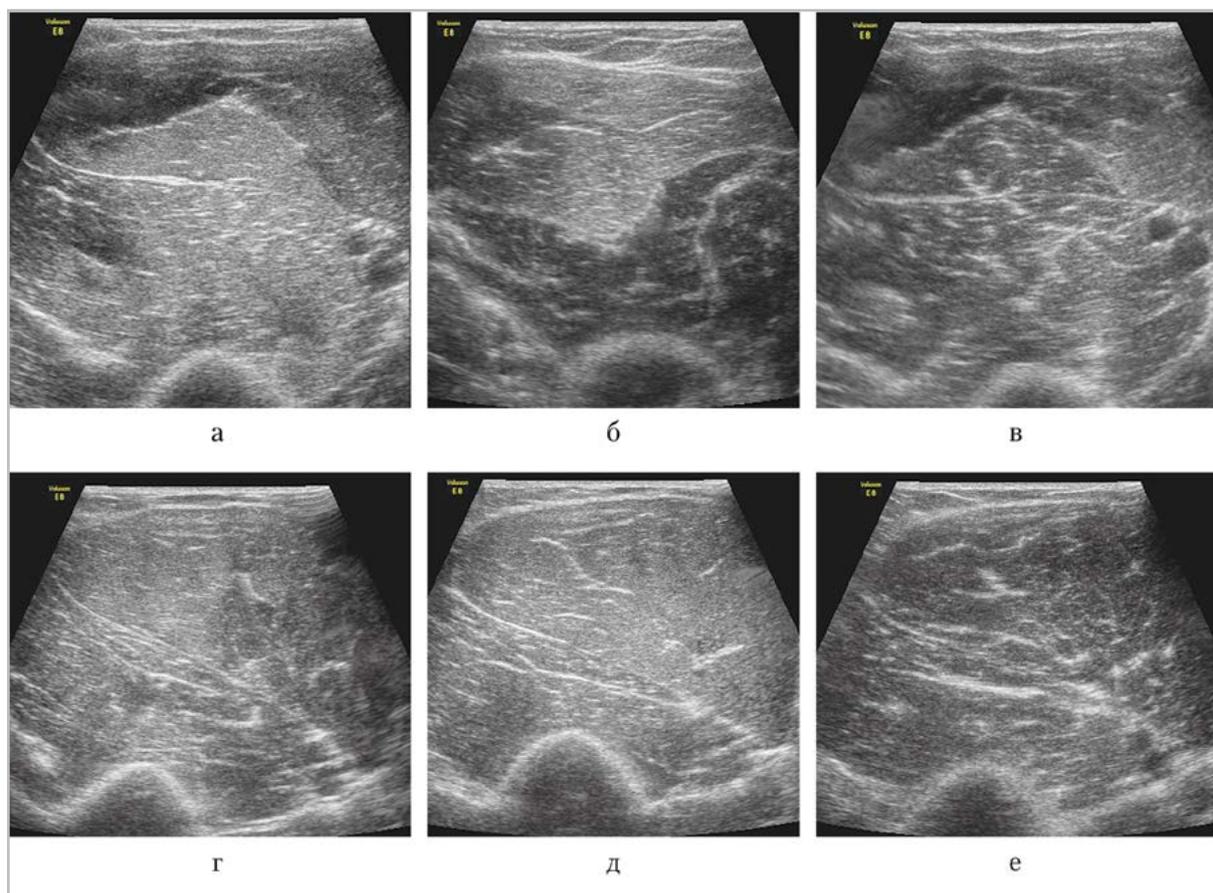


Рис. 3. УЗИ мышцы добровольца после чрезмерной тренировки на фоне сокращения и расслабления бицепса: *а – в* – правый бицепс; *г – е* – левый бицепс

лучом и миофибриллами), при сокращении мышцы (сгибании и разгибании руки в локтевом суставе, когда разные порции бицепса сокращались неодинаково). При этом утолщения мышцы и аркообразной деформации мышечной фасции, а также жидкостных прослоек между порциями мышечной ткани не выявлено. Изменения частоты сканирования не проводились. Повторные исследования после недельного перерыва в тренировках, а также исследования бицепсов нетренированных молодых добровольцев мужского пола не выявили зонального повышения эхогенности мышечной ткани независимо от сокращения мышцы и изменения угла ска-

нирования. Минимальное диффузное изменение эхогенности в зависимости от изменения угла сканирования сохранялось. Также изменялась эхогенность мышечной ткани при изменении угла сканирования и у женщин старшей возрастной группы (старше 50 лет), однако у этого контингента собственно структура мышц была иной за счет увеличения фиброзной ткани.

### Выводы

1. Структурная перестройка мышц при РМ может быть оценена эхографически.
2. Основными эхографическими изменениями являются увеличение

толщины и повышение эхогенности мышц на фоне снижения структурности (исчезновение четкости фибриллярной структуры).

3. Эхографические изменения мышц при РМ являются обратимыми.
4. Эхографический контроль состояния пораженных мышц должен осуществляться на протяжении не менее 3 мес для контроля возможной кальцификации.
5. Эхографическая оценка структуры мышц требует соблюдения техники сканирования, выполнения исследования в стандартизированных условиях. Оптимально — сравнение с неповрежденной контралатеральной стороной или с аналогичной мышцей здорового добровольца.

### Список литературы

1. Полухина Е. В. Спонтанный двусторонний разрыв сухожилия четырехглавой мышцы бедра у пациентки с выраженным вторичным гиперпаратиреозом (клиническое наблюдение) // Радиология — практика. 2014. № 2. С. 71–76.
2. Hue V., Martinot A., Fourier C. et al. Acute rhabdomyolysis in the child // Arch. Pediatr. 1998. V. 5. № 8. P. 887–895.
3. Lu C. H., Tsang Yu. M., Yu C. W. et al. Rhabdomyolysis: magnetic resonance imaging and computed tomography findings // J. Comput. Assist. Tomogr. 2007. V. 31. № 3. P. 368–374.
4. Melli G., Chaudhry V., Cornblath D. R. Rhabdomyolysis: an evaluation of 475 hospitalized patients // Medicine (Baltimore). 2005. V. 84. № 6. P. 377–385.
5. Mian A. Z., Saito N., Sakai O. Rhabdomyolysis of the head and neck: computed tomography and magnetic resonance imaging findings // Dentomaxillofac. Radiol. 2011. V. 40. № 6. P. 390–392.
6. Moratalla M. B., Braun P., Fornas G. M. Importance of MRI in the diagnosis and treatment of rhabdomyolysis // Eur. J. Radiol. 2008. V. 65. № 2. P. 311–315.
7. Su B. H., Qiu L., Fu P. et al. Ultrasonic appearance of rhabdomyolysis in patients with crush injury in the Wenchuan earthquake // Chin. Med. J. (Engl.). 2009. V. 20; 122. № 16. P. 1872–1876.

### References

1. Polukhina E. V. Spontaneous Bilateral quadriceps tendon ruptures in patient with severe secondary hyperparathyroidism (clinical observation). Radiologija — praktika. 2014. No. 2. P. 71–76 (in Russian).
2. Hue V., Martinot A., Fourier C., Cremer R., Leteurtre S., Leclerc F. Acute rhabdomyolysis in the child. Arch. Pediatr. 1998. V. 5. No. 8. P. 887–895.
3. Lu C. H., Tsang Yu. M., Yu C. W., Wu M. Z., Hsu C. Y., Shih T. T. Rhabdomyolysis: magnetic resonance imaging and computed tomography findings. J. Comput. Assist. Tomogr. 2007. V.31. No. 3. P. 368–374.
4. Melli G., Chaudhry V., Cornblath D. R. Rhabdomyolysis: an evaluation of 475 hospitalized patients. Medicine (Baltimore). 2005. V. 84. No. 6. P. 377–385.
5. Mian A. Z., Saito N., Sakai O. Rhabdomyolysis of the head and neck: computed tomography and magnetic resonance imaging findings. Dentomaxillofac. Radiol. 2011. V. 40. No. 6. P. 390–392.
6. Moratalla M. B., Braun P., Fornas G. M. Importance of MRI in the diagnosis and treatment of rhabdomyolysis. Eur. J. Radiol. 2008. V. 65. No. 2. P. 311–315.
7. Su B. H., Qiu L., Fu P., Luo Yu., Tao Y., Peng Yu. L. Ultrasonic appearance of

rhabdomyolysis in patients with crush injury in the Wenchuan earthquake. Chin.

Med. J. (Engl). 2009. V. 20; 122. No. 16. P. 1872–1876.

### 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.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.

Тел.: + 7 (495) 611-01-77. Электронная почта: elena-olchova@bk.ru

**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.

Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.

Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: elena-olchova@bk.ru

**Музуров Александр Львович**, кандидат медицинских наук, заведующий отделением Центра гравитационной хирургии крови и гемодиализа ГБУЗ «ДГКБ Святого Владимира» Департамента здравоохранения г. Москвы; доцент кафедры анестезиологии, реаниматологии и токсикологии детского возраста ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования» Минздрав России.

Адрес: 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3.

Тел.: +7 (499) 268-22-81. Электронная почта: al\_muz@mail.ru

**Muzurov Alexandr Lvovich**, Ph. D., Head of Department of the Center of Gravitational Blood Surgery and Hemodialysis of St. Vladimir Municipal Children's Clinical Hospital, Moscow; Associate Professor, Department of Pediatric Anesthesiology, Critical Care Medicine and Toxicology, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 1/3, ul. Rubtsovsko-Dvortsovaia, Moscow, 107014, Russia.

Phone number: +7 (499) 268-22-81. E-mail: al\_muz@mail.ru

**Генералова Галина Анатольевна**, кандидат медицинских наук, врач Центра гравитационной хирургии крови и гемодиализа ГБУЗ «Детская городская клиническая больница Св. Владимира» Департамента здравоохранения г. Москвы.

Адрес: 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3.

Тел.: +7 (499) 268-22-81. Электронная почта: gangen@yandex.ru

**Generalova Galina Anatolievna**, Ph. D., Center of Gravitational Blood Surgery and Hemodialysis of Moscow Clinical Municipal Children Hospital St. Vladimir Department of Public Healthcare.

Address: 1/3, ul. Rubtsovsko-Dvortsovaia, Moscow, 107014, Russia.

Phone number: +7 (499) 268-22-81. E-mail: gangen@yandex.ru

**Гуленков Александр Сергеевич**, младший научный сотрудник отдела фармацевтической технологии ФБГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений».

Адрес: 117216 г. Москва, ул. Грина, д. 7.

Тел.: +7 (495) 388-55-09. E-mail: gulenkovas@gmail.com

**Gulenkov Aleksandr Sergeevich**, Research Assistant of Pharmaceutical Technology Department, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants.

Address: 7, Grin str., Moscow, 117216, Russia.

Phone number: +7 (495) 388-55-09. E-mail: gulenkovas@gmail.com

### 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.*

## Глоссарий англоязычных терминов заболеваний и повреждений челюстно-лицевой области (часть 6)

В. В. Петровская\*, Е. Г. Привалова, М. О. Дутова, О. М. Алексеева,  
М. А. Батова, М. С. Стародубцева, А. А. Шишиморов

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

### English Terms Glossary of Maxillofacial Area Diseases and Injuries (Part 6)

V. V. Petrovskaya\*, E. G. Privalova, M. O. Dutova, O. M. Alekseeva,  
M. A. Batova, M. S. Starodubceva, A. A. Shishimorov

Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov,  
Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology

#### Реферат

В настоящее время многие специалисты отслеживают тенденции развития в современном мировом медицинском сообществе, что обуславливает необходимость знания английского языка хотя бы на базовом уровне. Кроме того, отсутствие единой терминологии, зачастую наличие множества наименований одного и того же понятия, масса устаревших терминов, а также некорректное их написание и произнесение, в особенности эпонимов, представляют собой проблемы русского медицинского языка. Совокупность этих факторов послужила основой для создания глоссария англоязычных терминов в журнале «Радиология — практика», который будет опубликован в последующих номерах.

**Ключевые слова:** глоссарий англоязычных терминов, стоматология, челюстно-лицевая хирургия, зубочелюстная система, оториноларингология, кости, суставы.

#### Abstract

Nowadays most experts who follow the modern global medical community trends are aware of the English language knowledge necessity at a basic level at least. The lack of the unified terminology, the multiple items of the same concepts, lots of obsolete terms, incorrect spelling, pronunciation of eponyms especially — all these things are the problem of Russian medical language as well. These factors combination was account the basis for the publications series creation entitled «English Terms Glossary» for the «Radiology — practice» journal, which will be published in subsequent issues.

**Key words:** English Terms Glossary, Stomatology, Maxillofacial Surgery, Otorhinolaryngology, Bones, Joints.

\* **Петровская Виктория Васильевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры 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: vvpetrovskay@yandex.ru

**Petrovskaya Victoriya Vasil'evna**, Ph. D. Med., Associate Professor of Department of Radiology, 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: vvpetrovskay@yandex.ru

**I**

**Impaction** — ретенция, задержка прорезывания (*зубов*).

molar ~ — непрорезавшийся моляр.

**Impairment** — 1. дефект, структурное нарушение, неполноценность; 2. ухудшение, повреждение (*анатомическое, физиологическое, психическое*).

language ~ — нарушение речи.

**Impediment** — 1. препятствие, помеха; 2. заикание.

speech ~ — дефект речи.

**Implant** — *сущ.* имплантат (*1. протез, напр. хрусталика; 2. любая ткань, используемая для пересадки*); *гл.* имплантировать, вживлять, внедрять, насаждать.

blade ~ — *стом.* внутриальвеолярный лопастный имплантат;

dental ~ — зубной имплантат;

endoosseous ~ — внутрикостный (*зубной*) имплантат;

intramucosal ~ — подслизистый (*зубной*) имплантат.

**Inability** — невозможность (*глотать*), неспособность, недостаточность.

~ to smell — нарушение обоняния.

**Incisal** — *стом.* режцовый, относящийся к резцам.

**Incisive** — 1. режущий, острый; 2. *стом.* режцовый, относящийся к резцам.

**Incisor** — *стом.* резец.

**Incisure** — *анат.* вырезка, углубление.

supraorbital ~ — надглазничная вырезка.

**Inclusion** — включение (*1. любое инородное вещество, содержащееся в клетке, ткани или органе; 2. процесс переноса инородной или гетерогенной структуры в другую ткань*).

dental ~ — инклюзия зуба.

**Incompetence** — 1. некомпетентность, неспособность, недееспособность, интеллектуальная несостоятельность; 2. недостаточность, несостоятельность.

lip ~ — аномалия смыкания губ;

palatopharyngeal ~ — врожденная нёбно-глоточная недостаточность.

**Indentation** — 1. вдавленность, впадина, углубление, отпечаток; 2. вдавливание.

teeth ~ s — отпечатки зубов (*на боковых стенках языка*).

**Index, pl. indices** — индекс, показатель, коэффициент.

cephalic ~ — черепной индекс, черепной указатель (*отношение максимальной ширины мозговой коробки к ее максимальной длине*);

Ramfiord ~ — пародонтальный индекс, Рамфьорда индекс (*воспаление десен разной степени и глубину патологических зубодесневых карманов*).

**Infection** — 1. инфекция; инфицирование; 2. инфекционная болезнь; 3. гнойное воспаление, гнойная хирургическая инфекция.

acute dental ~ — острая одонтогенная инфекция;

apical ~ — воспаление в области верхушки корня зуба.

**Infrabulge** — 1. пришеечная поверхность десны; 2. поверхность зуба, на которую опирается кламмер протеза.

**Infraclusion** — инфраокклюзия (*положение зуба, при котором его поверхность смыкания или режущий край не достигает до поверхности смыкания остальных зубов*).

**Infraction, infracture** — перелом без смещения отломков, перелом по типу «зеленой ветки».

~ of turbinate — перелом носовой раковины.

**Infradentale** — *краниометр.* десневая точка между центральными резцами нижней челюсти.

**Infraorbital** — подглазничный.

**Infrarectus** — нижняя прямая глазная мышца.

**Infrasellar** — находящийся под турецким седлом.

**Infraversion** — *см.* infraclusion.

**Inion** — *краниометр.* инион (*место пересечения верхней выйной линии со срединной сагиттальной плоскостью головы*).

**Inlay** — 1. вкладка (*для пломбирования полости зуба*), пломба, коронка; 2. *сущ.* трансплантат, имплантат; *гл.* трансплантировать, имплантировать.

**Insertion** — 1. введение, внедрение; 2. (*зубная*) вкладка.

denture ~ — постановка зубного протеза.

**Instrument** — 1. аппарат, прибор, инструмент.

intracanal ~ s — инструментарий в эндодонтии;

root canal filling ~ — *стом.* каналонаполнитель.

**Insufficiency** — недостаточность, расстройство.

velopharyngeal ~ — нёбно-глоточная недостаточность.

**Intercilium** — глабелла, надпереносье.

**Intercuspation, intercusping** — бугорково-фиссурный контакт зубов-антагонистов.

**Interdental** — межзубный.

**Interdentium** — межзубный промежуток, межзубное пространство.

**Interdigitate** — смыкать зубы в правильном положении.

**Interdigitation** — правильное (*бугорково-фиссурное*) смыкание зубов.

**Interference** — 1. нарушение, расстройство, подавление; 2. помеха, препятствие.

cuspal ~ — 1. бугорковый контакт зубов-антагонистов.

**Internarial** — расположенный между ноздрями.

**Interocclusal** — межокклюзионный.

**Intersuperciliary** — расположенный между надбровными дугами.

**Intraturbinate** — находящийся в носовой раковине.

**Invasion** — пенетрация, проникновение; прорастание (*опухоли*).

cranial ~ — прорастание (*опухоли*) в кости черепа.

**Irregularity** — аномалия развития.

~ of teeth — аномалия формы и положения зубов.

**Isodontic** — имеющий зубы одной формы и одинакового размера.

**Isthmus** — *анат.* перешеек, перехват, узкий проход, соединяющий две полости.

~ of fauces — перешеек зева.

**Ivory** — дентин.

## J

**Jacket** — коронка.

porcelain ~ — фарфоровая коронка (*зуба*).

**Jaw** — челюсть.

bird-beak ~ — прогнатия (*чрезмерное развитие верхней челюсти*);

crackling ~ — хронический подвывих нижней челюсти;

edentulous ~ — беззубая челюсть;

fallen ~ — вывих нижней челюсти;

Habsburg ~ — прогнатизм, прогнатия нижней челюсти, прогения (*чрезмерно развитая нижняя челюсть, челюсть Габсбургов*);

low ~ — нижняя челюсть;

lumpy ~ — актиномикоз челюсти;

parrot ~ — см. bird-beak ~;

phossy ~ — фосфорный некроз кости нижней челюсти;

rubber ~ — остеопороз челюстей;

underdeveloped ~ — недоразвитая челюсть;

undershot ~ — прогения (*чрезмерно развитая нижняя челюсть*);

unteethed lower ~ — полная адентия нижней челюсти;

upper ~ — верхняя челюсть.

**Jawfall** — вывих нижней челюсти.

**Joint** — 1. сустав, диартроз, синовиальное соединение; 2. соединение, место соединения.

atlantoaxial ~ атлантоосевое сочленение;

mandibulotemporal ~ — височно-нижнечелюстной сустав;

occipitoatlantoid ~ — атлантозатылочный сустав;

temporomandibular ~ — височно-челюстной сустав.

**Jowl** — 1. челюсть; 2. щека.

**Jugal** — скуловой.

**Jugale** — *краниометр.* скуловая точка (*наиболее выступающая снаружки точка скуловой дуги*).

**Jugate** — 1. сращенные вместе (*о зубных альвеолах*), парный; 2. примыкающие краями.

**Jugular** — 1. шейный; 2. *сущ.* яремная вена; *прил.* яремный.

**Junction** — 1. соединение, место соединения (*органов*), стык.

~ of soft and hard palate — стык (*граница*) твердого и мягкого нёба;

amelodontinal ~ — линия эмалево-дентинного соединения (*коронки зуба*);

dentinoceamental ~ — дентиноцементное соединение (*на корне зуба*);

dentinoenamel ~ — см. amelodontinal ~;

dentoepithelial ~ — эпителиальный слой, разделяющий коронковую и корневую части зуба;

mucogingival ~ — переходная складка десны;

palatal ~ — см. ~ of soft and hard palate.

## К

**Kakosmia** — какосмия, обонятельная дизестезия.

**Kion** — язычок (*нёбный*).

**Kionitis** — воспаление (*нёбного*) язычка.

## L

**Labia pl. от labium.**

**Labial** — губной, лабиальный.

**Labiale:**

~ superior — *краниометр.* наиболее выступающая точка верхней губы.

**Labiocervical** — относящийся к губной поверхности шейки переднего (*фронтально-го*) зуба.

**Labiochorea** — хореическая жесткость (*тугоподвижность*) губ с заиканием.

**Labioclination** — губное смещение зуба.

**Labio gingival** — губно-десневой.

**Labioglossolaryngeal** — губно-язычно-гортанный.

**Labioglossopharyngeal** — губно-язычно-глоточный.

**Labioincisal** — губно-резцовый.

**Labio mental** — губно-подбородочный.

**Labio palatine** — губно-нёбный.

**Labio placement** — *см. labioclination.*

**Labio plasty** — лабиопластика, хейлопластика (*пластика губ*).

**Labio version** — вестибулярно-губное смещение (*зуба*).

**Labium, pl. labia** — губа.

~ leporinum — *лат.* несращение губы;

~ a oris — губы рта.

**Laboratory (lab)** — лаборатория.

dental ~ — зуботехническая лаборатория.

**Labrale** — *краниометр.* точка границы красной каймы губы.

**Lack** — *сущ.* недостаток, дефект, порок; *гл.* испытывать недостаток.

~ of lip seal — нарушенное смыкание губ;

congenital ~ — врожденный дефект.

**Lacrimal** — слезный (*относящийся к слезам, слезным путям*).

**Lacrimation** — слезотечение, слезоотделение.

**Lacrimonasal** — слезно-носовой.

**Lacrimotomy** — вскрытие слезного мешка или слезного протока.

**Lag** — задержка, запаздывание, отставание.

lid ~ — несмыкание век.

**Lagophthalmos** — лагофталм (*неполное смыкание век*).

**Lake** — небольшое скопление жидкости (в тканях), «озерцо».

lacrimal ~ — слезное озеро.

**Laloplegia** — глоссоплегия (*паралич мышц языка*).

**Lambda** — *краниометр.* лямбда (*точка соединения сагиттального и лямбдовидного швов*).

**Lamellation:**

~ of diploe — пластинчатость губчатого вещества (*костей черепа*).

**Lamina, pl. laminae** — тонкая пластинка; тонкий слой.

~ cribrosa ossis ethmoidalis — решетчатая пластинка решетчатой кости;

~ dura — *лат*; твердый компонент зуба (*эмаль, дентин, цемент, альвеолярная кость*);

dental ~ — зубная пластинка.

**Laminated** — пластинчатый; слоистый.

**Lancinating** — острый; стреляющий; сверлящий; колющий; режущий (*о боли*).

**Laterognathism:**

mandibular ~ — боковая асимметрия нижней челюсти.

**Law** — 1. закономерность; правило; принцип; 2. закон, законодательство; право.

~ s of articulation — свод правил о сбалансированной артикуляции зубных дуг;

Arán's ~ — правило Арана (*удар по своду черепа вызывает перелом основания чаще, чем свода*).

**Layer** — *суш.* слой, ряд, наслоение; *гл.* наслаивать(ся).

ameloblastic ~ — внутренний клеточный слой эмалевого органа;

cortical ~s — кортикальные слои;

enamel ~ — наружный клеточный слой эмалевого органа;

granular ~ of Tomes — зернистый дентинный слой (*корня зуба*), Томса зернистый слой;

odontoblastic ~ — эпителиоидный слой одонтобластов.

**Length** — длина.

extra-alveolar ~ — надальвеолярная длина зуба;

intra-alveolar ~ — внутриальвеолярная длина корня зуба.

**Leontiasis** — львиное лицо, леонтиаз (*фиброзная дисплазия костей черепа*).

~ ossea — гиперостоз черепа, краниосклероз.

**Leprechannism** — лепречаунизм, лепрекойнизм (*врожденная форма карликовости с гротескным лицом эльфа, низко посаженными большими ушами*).

**Leptocephalia** — *тер.* патологически высокий череп.

**Leptoprosope** — человек с узким лицом и вытянутым черепом.

**Leptostaphyline** — имеющий высокое узкое («глочное») нёбо.

**Lesion** — повреждение, поражение, патологический очаг;

cystic ~ — киста, кистозное поражение;

discrete ~ — очаговое поражение;

focal ~ — очаговое (*местное, изолированное*) поражение

focal osteolytic ~ s — очаги остеолита;

metastatic ~ s — метастазы, метастатическое поражение;

multiple ~ s — многоочаговое поражение;

resorptive ~ — очаг резорбции (*напр., зуба*).

**Ligament:**

alveolodental ~ — периодонтальная связка;

apical dental [apical odontoid] ~ — связка верхушки зуба;

periodontal ~ — периодонтальная связка;

stylohyoid ~ — шилоподъязычная связка;

thyrohyoid ~ s — щитоподъязычная мембрана.

**Limbfitter** — протезист.

**Limn, pl. limine** — 1. *физиол.*; предел, порог; 2. *анат.* граница; вход (*напр. в канал*).  
~ nasi — порог полости носа.

Line, linea — 1. линия, ряд; 2. граница, предел; 3. контур, очертание.

base ~ — линия, разделяющая свод и основание черепа;

blue ~ — свинцовая кайма (*на деснах при хроническом отравлении свинцом или висмутом*);

cementoenamel ~ — цементаэмалевая граница (*коронковой части зуба*);

cervical ~ — анатомическая шейка зуба;

definite finish ~ — придесневой край искусственной коронки;

fracture ~ — линия перелома;

genal ~ — нососкуловая линия;

gingival ~ — пришеечная часть десны;

gum ~ — *см. gingival* ~;

high lip ~ — верхняя линия улыбки (*линия щек верхних передних зубов*);

lead ~ — *см. blue* ~;

lip ~ — линия улыбки (*линия щек передних зубов*);

mucogingival ~ — переходная складка преддверия полости рта;

mylohyoid ~ — челюстно-подъязычная борозда;

survey ~ — экватор коронки зуба.

**Liner** — прокладочный (*защитный*) материал, прокладка.

cavity ~ — прокладка для предохранения пульпы зуба.

**Lingual** — лингвальный, язычный.

**Linguale** — *краниометр.* точка, соответствующая подбородочной ости.

**Linguocervical** — язычно-пришеечный.

**Linguocclusion** — язычное смещение зуба.

**Linguoversion** — язычное смещение зуба.

**Lining** — *анат.* выстилка.

strevicular ~ — выстилка десневого кармана.

**Lip** — *сущ.* губа; *прил.* губной.

cleft ~ — расщелина губы;

double ~ — удвоение губы;

Hapsburg ~ — чрезмерно выступающая нижняя губа;

hare's ~ — *см. cleft* ~.

**Lipostomy** — врожденное сужение или отсутствие рта.

**Lipping** — *рентг.* 1. симптом козырька, симптом губы, симптом шпоры; 2. образование остеофита.

**Lip-seal** — смыкание губ.

**Load** — *сущ.* груз; нагрузка; тяжесть; бремя; *гл.* нагружать; заряжать.

occlusal ~ — окклюзионная [жевательная] нагрузка.

**Location** — местонахождение, местоположение, локализация.

abnormal ~ — дистопия, эктопия (*расположение органа в необычном месте*).

**Lockjaw** — тризм (*спазм жевательных мышц*).

**Loose** — шатающийся (*напр., о зубе*).

**Loosening:**

implant ~ — отторжение имплантата

**Loss** — потеря, лишение, утрата.

~ of deciduous teeth — выпадение молочных зубов;

~ of discrete margins — исчезновение четких краев;

bone ~ — разрежение, редификация кости, остеопороз.

**Low-back** — задненижний.

**Luxation** — вывих.

~ of teeth — смещение зубов (*напр., при дистрофическом процессе*).

*Продолжение следует*

## Список литературы

1. Акжигитов Г. Н., Акжигитов Р. Г. Большой англо-русский медицинский словарь. М.: Изд. г-на Акжигитова Р. Г., 2005. 1224 с.
2. Англо-русский медицинский энциклопедический словарь «Stedman's Medical Dictionary» / Под ред. А. Г. Чучалина. М.: ГЭОТАР, 1995. 717 с.
3. Егорова Е. А., Макарова Д. В., Бажин А. В., Дутова М. О., Смирнова Н. А., Терентьева А. П., Толстова А. В. Глоссарий англоязычных терминов заболеваний и повреждений костно-суставной системы // Радиология — практика. 2015. № 3. С. 60—73.
4. Репин Б. И., Кривцова Т. Н. Русско-английский медицинский словарь для стоматологов. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2005. 195 с.
5. Oxford Dictionary of English. URL: <http://www.oxforddictionaries.com>.

## References

1. Akzhigitov G. N., Akzhigitov R. G. Big English-Russian medical dictionary. Moscow: Izdanie g-na Akzhigitova R. G., 2005. 1224 p.
2. English-Russian medical encyclopedic dictionary «Stedman's Medical Dictionary». Edited by A. G. Chuchalin. Moscow: GEOTAR, 1995. 717 p.
3. Egorova E. A., Makarova D. V., Bazhin A. V., Dutova M. O., Smirnova N. A., Terent'eva A. P., Tolstova A. V. English Terms Glossary of Bones and Joints Diseases and Injuries. Radiologiya — praktika. 2015. No. 3. P. 60—73.
4. Repin B. I., Krivcova T. N. Russian-English medical dictionary for stomatologists. Moscow: ООО «Meditsinscoe informatsionnoe agentstvo», 2005. 195 p.
5. Oxford Dictionary of English. URL: <http://www.oxforddictionaries.com>.

## Сведения об авторах

**Петровская Виктория Васильевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.

Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.

Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: [vvpetrovskay@yandex.ru](mailto:vvpetrovskay@yandex.ru)

**Petrovskaya Victoriya Vasil'evna**, Ph. D. Med., Associate Professor of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: vvpetrovskay@yandex.ru

**Привалова Екатерина Геннадьевна**, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: e-privalova@mail.ru

**Privalova Ekaterina Gennad'evna**, Ph. D. Med., Assistant of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: e-privalova@mail.ru

**Дутова Маргарита Олеговна**, аспирант кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: ritkad@rambler.ru

**Dutova Margarita Olegovna**, Postgraduate of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: ritkad@rambler.ru

**Алексеева Ольга Михайловна**, ординатор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: olya.alexseeva@yandex.ru

**Alekseeva Ol'ga Mikhailovna**, Resident of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: olya.alexseeva@yandex.ru

**Батова Мария Александровна**, ординатор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: m.a.batova@gmail.com

**Batova Mariya Aleksandrovna**, Resident of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: m.a.batova@gmail.com

**Стародубцева Мария Сергеевна**, ординатор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: starodubtseva2@gmail.com

**Starodubceva Mariya Sergeevna**, Resident of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: starodubtseva2@gmail.com

**Шিশиморов Алексей Андреевич**, ординатор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики.  
Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: KLD@msmsu.ru

**Shishimorov Aleksey Andreevich**, Resident of Department of Radiology, Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology.  
Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: KLD@msmsu.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.*

## 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 экземпляры 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 табличной, 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-

резонансная 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 (авторское резюме) 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-источников;
  - 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.

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.

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, библиотеч-

ному 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 Inserm. 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.

*Nicolaides 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 транслитерации, 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: 109029, г. Москва, а/я 21, ООО «Медснаб»

Тел./факс +7 (495) 981-13-20, тел. +7 (495) 742-41-60, e-mail: info@radp.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 «Медснаб» ИНН 5025011317 КПП 504701001 р/с 40 70 28 10 80 00 00 02 05 52 в ВТБ24 (ЗАО) г. Москва к/с 30 10 18 10 10 00 00 00 07 16 БИК 044525716						
	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) _____						
Квитанция	Получатель платежа ООО «Медснаб» ИНН 5025011317 КПП 504701001 р/с 40 70 28 10 80 00 00 02 05 52 в ВТБ24 (ЗАО) г. Москва к/с 30 10 18 10 10 00 00 00 07 16 БИК 044525716						
	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.