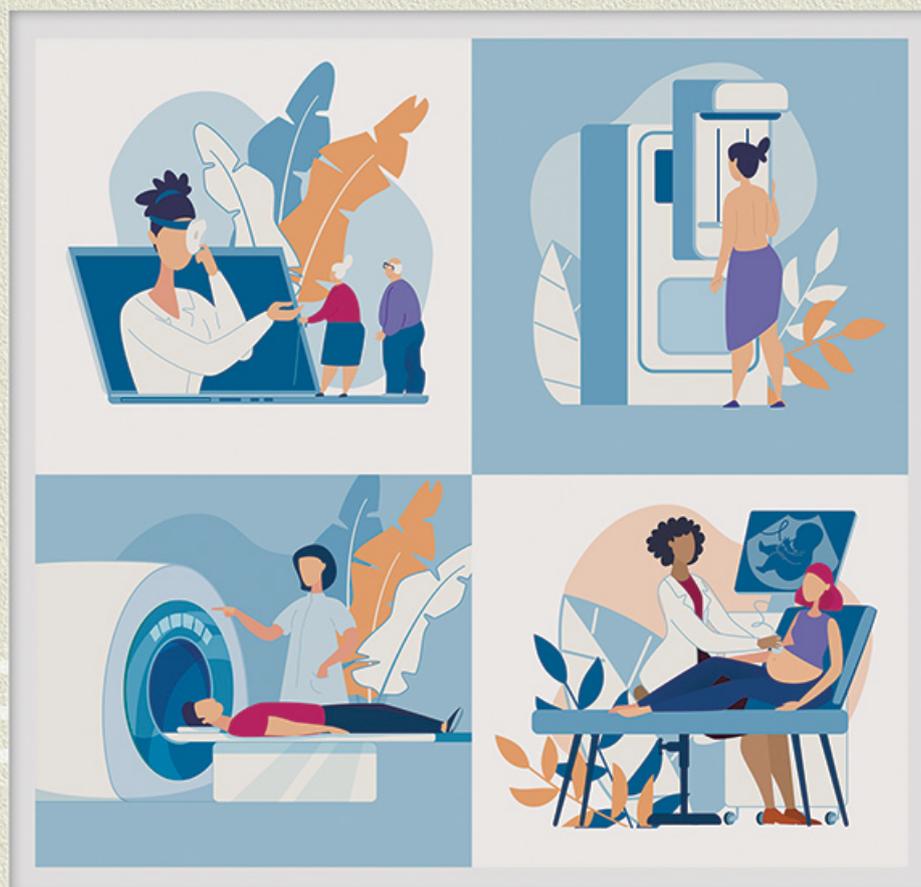


# РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

Научно-практический журнал для работников медицинской радиологической службы России

№ 4 (88) 2021



# РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

№ 4 (88) 2021

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

## Редакционная коллегия журнала:

### Главный редактор

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

### Ответственный секретарь

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

### Члены редколлегии:

Блинов Николай Николаевич, доктор техн. наук (Москва)

Дергилев Александр Петрович, доктор мед. наук, профессор (Новосибирск)

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор мед. наук (Москва)

Капустин Владимир Викторович, доктор мед. наук, доцент (Москва)

Климова Наталья Валерьевна, доктор мед. наук, профессор (Сургут)

Левшакова Антонина Валерьевна, доктор мед. наук (Москва)

Лежнев Дмитрий Анатольевич, доктор мед. наук, профессор (Москва)

Ольхова Елена Борисовна, доктор мед. наук, профессор (Москва)

Петровская Виктория Васильевна, доктор мед. наук, доцент (Москва)

Петрова Екатерина Борисовна, доктор мед. наук, доцент (Нижний Новгород)

Пронин Игорь Николаевич, доктор мед. наук, профессор, академик РАН (Москва)

Смысленова Маргарита Витальевна, доктор мед. наук (Москва)

Дизайн и верстка Липчанская И. В.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС77-80253 от 19 января 2021 г.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламы.

Статьи публикуются с сохранением авторской редакции.

© ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», 2015

© НПАО «Амико», 2007

ISSN 2713–0118

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

№ 4 (88) 2021

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

## Editorial Board of the Journal:

### Chief Editor

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

### Executive secretary

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

### Editorial Board Members:

Blinov Nikolay Nikolaevich, M. D. Techn. (Moscow)

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

Zakharova Natal'ya Evgen'evna, M. D. Med., Professor (Moscow)

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

Klimova Natal'ya Valer'evna, M. D. Med., Professor (Surgut)

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

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

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

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

Petrova Ekaterina Borisovna, D. Med., Associate Professor (Nizhny Novgorod)

Pronin Igor' Nikolaevich, M. D. Med., Academician the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Smyslenova Margarita Vitalievna, M. D. Med. (Moscow)

Design and lay-out Lipchanskaya I. V.

Certificate of the mass media registration ЭЛ № ФС77-80253 issued on the 19.01.2021

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

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

© Central Research Radiology Institute, 2015

© AMICO, Ltd., 2007

ISSN 2713–0118

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

Обращение главного редактора .....	10
------------------------------------	----

## ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

<b>Роль перфузионной компьютерной томографии как предиктора развития некроза поджелудочной железы при остром панкреатите</b> Н. В. Климова, В. В. Дарвин, И. В. Бажухина, А. А. Гаус.....	11
<b>Оценка деструктивных процессов в легочной ткани у пациентов с туберкулезом на фоне ко-инфекции ВИЧ</b> И. Ю. Мастерова, С. Ю. Дегтярева, А. Н. Наркевич, Л. А. Шлыкова, Е. В. Зайцева, П. В. Гаврилов.....	22
<b>Сопоставление совмещенной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии с <sup>11</sup>C-метионином и индекса пролиферации Ki-67 в оценке агрессивности церебральных глиом</b> Т. Ю. Скворцова, Ж. И. Савинцева, Д. В. Захс, А. Ф. Гурчин, А. И. Холявин, Ю. М. Заброская, Т. Н. Трофимова.....	34
<b>Специфичность мультисрезовой компьютерной томографии в диагностике асептического некроза головки бедренной кости</b> Д. П. Ремпель, А. В. Брюханов, Д. А. Джухаев, С. Д. Романюк.....	49
<b>Стресс-эхокардиография с аденозинтрифосфатом и чреспищеводной электростимуляцией предсердий в диагностике поздних стенозов коронарных шунтов</b> А. В. Таланова, Д. А. Лежнев, Н. Н. Михеев.....	57
<b>Возможности методов лучевой диагностики в предоперационном планировании устранения приобретенных челюстно-лицевых дефектов</b> А. А. Трефилов, Е. В. Крюков, В. Н. Троян, С. В. Терещук, В. А. Сухарев, И. А. Асеева, Е. В. Гаїгукова .....	67
<b>Изменения гемодинамических показателей в почечном трансплантате у детей</b> М. И. Пыков, Д. Б. Эктов .....	76

## МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Результаты использования нового рентгеновского цифрового палатного передвижного аппарата в условиях многопрофильного стационара</b> О. М. Алексеева, А. Ю. Васильев, О. О. Мануйлова, А. В. Прохоров, А. Р. Дабагов.....	88
---	----

# Contents

<b>Message from the Editor in Chief</b> .....	10
---	----

## DIAGNOSTIC IMAGING

<b>The Role of Perfusion Computed Tomography as a Predictor of Pancreatic Necrosis in Acute Pancreatitis</b> N. V. Klimova, V. V. Darvin, I. V. Bazhukhina, A. A. Gaus.....	11
<b>Valuation of Cavities in the Lungs Among HIV/TB Patients</b> I. Yu. Masterova, S. Yu. Degtyareva, A. N. Narkevich, L. A. Shlykova, E. V. Zaitseva, P. V. Gavrilov .....	22
<b>Correlation of <sup>11</sup>C-Methionine Combined Positron Emission and Computed Tomography and Ki-67 Proliferation Index in Pretreatment Assessment of Cerebral Gliomas</b> T. Yu. Skvortsova, Zh. I. Savintceva, D. V. Zakhs, A. F. Gurchin, A. I. Kholayavin, Yu. M. Zabrodskaya, T. N. Trofimova .....	34
<b>Specificity of Multispiral Computed Tomography in the Diagnosis of Avascular Necrosis of the Femoral Head</b> D. P. Rempel, A. V. Bryukhanov, D. A. Dzhukhaev, S. D. Romanyuk.....	49
<b>Stress Echocardiography with Adenosinethreophosphate and Atrial Pacing in Diagnosis of Late Coronary Shunts Stenosis</b> A. V. Talanova, D. A. Lezhnev, N. N. Mikheev.....	57
<b>Capabilities of Imaging Methods in Preoperative Planning for the Elimination of Acquired Maxillofacial Defects</b> A. A. Trefilov, E. V. Kryukov, V. N. Trojan, S. V. Tereshhuk, V. A. Suharev, I. A. Aseeva, E. V. Gajdukova .....	67
<b>Changes in Hemodynamic Parameters in Various Morphological Changes in the Kidney Transplant in Children</b> M. I. Pykov, D. B. Ektov.....	76

## MEDICAL TECHNOLOGY

<b>Results of Using a New X-ray Digital Chamber Mobile Device in the Conditions of a Multi-profile Stationary</b> O. M. Alekseeva, A. Yu. Vasil'ev, O. O. Manyilova, A. V. Prokhorov, A. R. Dabagov.....	88
--	----

---

## ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

### **Нормальная анатомия проводящих путей головного мозга: что нужно знать нейрорентгенологу (обзор литературы)**

А. С. Филатов, Е. И. Кремнева, М. С. Матросова, В. В. Трубицына,  
Л. А. Добрынина, М. В. Кротенкова ..... 95

## КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

### **Дуральная артериовенозная фистула с наличием ретроградного дренажа в корковые вены (клинический случай)**

А. С. Филатов, Е. И. Кремнева, Р. Н. Коновалов, В. В. Синькова,  
А. А. Лясковик, А. О. Чечеткин, Л. А. Добрынина, М. В. Кротенкова ..... 116

## НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

**Новые требования к содержанию и оформлению материалов,  
направляемых в редакцию журнала «Радиология — практика» ..... 130**

---

## THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

### **The Normal Anatomy of the Brain Pathways:**

#### **What the Neuroradiologist Needs to Know (Literature Review)**

A. S. Filatov, E. I. Kremneva, M. S. Matrosova, V. V. Trubitsyna,  
L. A. Dobrynina, M. V. Krotenkova ..... 95

## CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

### **Dural Arteriovenous Fistula with Retrograde Drainage into the Cortical Veins (Case Report)**

A. S. Filatov, E. I. Kremneva, R. N. Konovalov, V. V. Sin'kova,  
A. A. Lyaskovik, A. O. Chechetkin, L. A. Dobrynina, M. V. Krotenkova ..... 116

## SCIENTIFIC INFORMATION, CHRONICLE, ADS

### **New Requirements for the Content and Design of Materials**

**Sent to the Editorial Office of the Journal «Radiology — practice» ..... 130**

# Осуществите идеальный переход в диагностической визуализации: от аналоговых технологий к цифровым.



## A2DIGIX помогает повысить качество медицинского обслуживания.

Существует идеальное решение для плавного перехода от аналоговой медицинской визуализации к цифровой. Позвольте представить вам программу A2DIGIX компании AGFA.

Эта простая в реализации программа объединяет подобранный и доступный набор высококачественных решений для цифровой визуализации: от самого простого решения компьютерной радиологии (CR) начального уровня до полностью цифровой рентгенографии (DR).

### Зачем осуществлять переход?

- **Оптимизированный производственный процесс** повышает эффективность даже для самых простых решений компьютерной рентгенологии (CR) начального уровня.
- **Превосходное качество изображений**, благодаря алгоритму обработки изображений MUSICA компании AGFA.
- **Экономически эффективная система печати цифровых изображений** (без химической обработки снимков).
- **Оптимальная совокупная стоимость владения** и повышенная производительность.



Для дополнительной информации  
посетите наш веб-сайт или  
свяжитесь с нами:  
<https://medimg.agfa.com/cis/A2DIGIX>  
[sales.russia@agfa.com](mailto:sales.russia@agfa.com)  
тел. +7(495)212-2683



- Качество и скорость диагностики
- Эргономичность и легкость перемещения
- Простота эксплуатации и надежность

# Мобильные рентгеновские аппараты

Инновационные решения МТЛ

ISO 9001:2015 / ISO 13485:2016



## серия МобиРен-5MT



- Автономность
- Моторизированное перемещение
- Широкий выбор АРР
- Функционал АРМ врача



Новое исполнение

Выдвижная вертикальная стойка



АРМ  
рентгенолаборанта



- Сенсорный экран
- Управление параметрами экспозиции и коллиматора

Функционал АРМ врача

## серия МобиРен-4MT

- Компактность
- Мобильность
- Малый вес

- Автономность
- Вес не более 70 кг
- АРМ на базе планшетного компьютера



С ТОЧНОСТЬЮ ДО ПИКСЕЛЯ  
[www.mtl.ru](http://www.mtl.ru)



### **Уважаемые читатели!**

Продолжается работа над совершенствованием нашего журнала. С 10 мая 2021 г. e-library открыла доступ к полновесным статьям журнала за последние годы. Теперь каждый наш читатель может познакомиться с любой статьей журнала в открытом доступе.

С 15 мая 2021 г. открыта свободная и бесплатная подписка на журнал «Радиология — практика». Подписка открыта на новом сайте журнала.

Любой желающий из профессионального сообщества, подписавшись на журнал будет получать его в электронном виде на бесплатной основе.

Будем рады познакомить наших читателей со всеми новыми достижениями в области лучевой диагностики.

Продолжается формирование издательского плана на 2022 г., в этом году портфель публикаций фактически уже заполнен. Редакционные коллеги планируют выпуск двух тематических номеров — по неотложным состояниям и нейрорадиологии.

В предверии нового номера хотел бы обратить внимание читателей на некоторые новые аспекты научной жизни нашей специальности. В ближайший год потребуются перерегистрация всех действующих диссертационных советов на новый шифр специальности 3.1.25 — Лучевая диагностика. Все советы по старой специальности будут действовать до октября 2022 г., поэтому те исследователи, которые находятся на завершающей стадии выполнения работ, должны интенсифицировать свою работу.

Хотелось бы пожелать нашим коллегам завершить свои исследования до указанных нововведений, поскольку нет уверенности, что реализация шифра новой специальности будет гладкой и пройдет без бюрократических препятствий.

Данный номер выходит в летний период и приходится на период отпусков, поэтому пожелаем нашим коллегам хорошего отдыха и заряда здоровья.

*Главный редактор, заслуженный деятель науки РФ,  
член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор А. Ю. Васильев*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-11-21>

# Роль перфузионной компьютерной томографии как предиктора развития некроза поджелудочной железы при остром панкреатите

Н. В. Климова<sup>1,2</sup>, В. В. Дарвин<sup>1,2</sup>, И. В. Бажухина<sup>\*,1,2</sup>, А. А. Гаус<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Сургутский государственный университет»

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

## The Role of Perfusion Computed Tomography as a Predictor of Pancreatic Necrosis in Acute Pancreatitis

N. V. Klimova<sup>1,2</sup>, V. V. Darvin<sup>1,2</sup>, I. V. Bazhukhina<sup>\*,1,2</sup>, A. A. Gaus<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> The Surgut State University

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

### Реферат

В представленной статье проведен анализ данных, полученных в результате примененных визуализационных методов исследования 38 пациентов, поступивших в хирургическое отделение БУ «Сургутская окружная клиническая больница» с подозрением на острый панкреатит. Основным критерием для включения в исследование был срок с момента появления начальных симптомов заболевания, который не превышал 3 сут. В стационаре всем пациентам проводилась перфузионная компьютерная томография (ПКТ) в первые 3-е суток и впоследствии в соответствии с национальными рекомендациями мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ) с болюсным внутривенным контрастированием на 3–5-е сутки. В 31,5 % случаев (у 12 пациентов из 38) диагностировано нарушение перфузионных характеристик паренхимы поджелудочной железы, соответствующих ишемическому поражению тканей. Проведенная МСКТ с болюсным внутривенным контрастированием подтвердила наличие сформировавшейся зоны некроза ткани поджелудочной железы у 21 % пациентов. В 10,5 % случаев прогрессирования ишемического поражения тканей поджелудочной железы по результатам МСКТ не выявилось, что было подтверждено дальнейшим наблюдением за этой группой пациентов. На основании проведенного исследования сделаны выводы о способности перфузионной

\* **Бажухина Ирина Владимировна**, аспирант кафедры хирургических болезней Медицинского института, Сургутский государственный университет, врач-рентгенолог рентгенологического отделения, Сургутская окружная клиническая больница. Адрес: 628417, г. Сургут, проспект Ленина, д. 34. Тел.: +7 (912) 080-48-84. Электронная почта: biv.x.ray@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3956-8720

**Bazhukhina Irina Vladimirovna**, Postgraduate Student, Department of Surgical Diseases, Medical Institute, Surgut State University; Radiologist, Radiology Department, Surgut Regional Clinical Hospital. Address: 34, pr. Lenina, Surgut, 628417, Russia. Phone number: +7 (912) 080-48-84. E-mail: biv.x.ray@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3956-8720

КТ служить эффективным предиктором некроза поджелудочной железы, что позволяет подобрать оптимальную хирургическую тактику на ранних этапах лечения таких пациентов.

**Ключевые слова:** перфузионная компьютерная томография, острый панкреатит, панкреонекроз.

## Abstract

The presented article analyzes the data obtained as a result of the applied imaging methods of the study of 38 patients admitted to the surgical department of the Surgut Regional Clinical Hospital with suspicion of acute pancreatitis. The main criterion for inclusion in the study was the period from the onset of the initial symptoms of the disease, which did not exceed three days. In the hospital, all patients underwent perfusion computed tomography (PCT) in the first 3 days and subsequently, in accordance with national recommendations, multislice computed tomography (MSCT) with bolus intravenous contrast enhancement for 3–5 days. In 31,5 % of cases (12 out of 38 patients), a violation of the perfusion characteristics of the pancreatic parenchyma corresponding to ischemic tissue damage was diagnosed. MSCT with bolus intravenous contrast enhancement confirmed the presence of a formed zone of necrosis of the pancreatic tissue in 21 % of patients. In 10,5 % of cases, progression of ischemic damage to the pancreatic tissue was not revealed by MSCT, which was confirmed by further observation of this group of patients. Based on the study, conclusions were drawn about the ability of perfusion CT to serve as an effective predictor of pancreatic necrosis, which makes it possible to choose the optimal surgical tactics at the early stages of treatment of such patients.

**Key words:** Perfusion Computed Tomography, Acute Pancreatitis, Pancreatic Necrosis.

## Актуальность

Острый панкреатит является актуальной проблемой urgentной хирургии в связи с тенденцией к росту заболеваемости и вероятностью развития тяжелых форм. Летальность при данной патологии может достигать 69 % в случае инфицирования [4, 13]. Важным аспектом в вопросе клинического течения панкреатита является то, что в 15–30 % случаев итогом заболевания становится развитие деструктивных процессов в тканях железы [4]. Остро стоит вопрос своевременной диагностики и тактики ведения пациентов в отделении хирургического профиля. Особенную актуальность этой проблеме придает вероятность развития грозных осложнений, таких, как формирование парапанкреатических абсцессов, сепсиса и как следствие полиорганной недостаточности [2, 8, 10].

На данный момент в арсенале хирургической службы имеются методы

малоинвазивных хирургических вмешательств, благодаря которым в терапии острого панкреатита отмечаются значительные положительные результаты. Последние разработки касаются дренирования панкреатического протока с целью предупреждения аутолитического расплавления ткани железы панкреатическим соком [1, 5, 15]. Остаются вопросы в определении сроков, методов и адекватного объема хирургического вмешательства. Главной задачей является определение топографии и объема зон некроза в оценке степени тяжести острого панкреатита, а также прогнозирование возможных вариантов течения процесса. Современный взгляд на эти вопросы требует применения в клинической практике наиболее информативных методов диагностики [3, 5, 6, 12, 13]. Визуализационные методы являются незаменимым инструментом, который

предоставляет важную информацию клиницистам для выработки тактических решений. Алгоритм диагностических мероприятий при поступлении пациента с подозрением на острый панкреатит в стационар традиционно включает ультразвуковые методы исследования и МСКТ с болюсным внутривенным контрастированием [3, 6, 7, 13]. Реже применяется магнитно-резонансная томография (МРТ).

Доступность, высокая разрешающая способность и возможность проведения малоинвазивных вмешательств делают ультразвуковое исследование (УЗИ) методом первого выбора в диагностике острого панкреатита, но и он имеет определенные недостатки. Ценность его теряется при асците, пневматозе кишечника, выраженной болезненности и напряжении брюшной стенки [7, 13, 14].

«Золотым стандартом» диагностики острого панкреатита на данный момент является МСКТ, которая обладает высокой информативностью [7, 13, 14, 16]. При проведении МСКТ возможно оценить структуру ткани поджелудочной железы, состояние вирсунгова протока, перипанкреатическую клетчатку и выявить все возможные осложнения, связанные с распространением заболевания. Ценность этого метода также заключается в применении полученных результатов для подсчета индекса тяжести по шкале Baltazar для прогностической оценки течения процесса [12]. Планирование лечебной тактики можно осуществлять на основе различных вариантов постпроцессинговой обработки полученных при МСКТ данных, к которым относятся мультипланарные, криволинейные и виртуальные 3D-реконструкции [6, 14]. Однако в

стандартах проведения МСКТ пациентам с подозрением на острый панкреатит указаны сроки от 72 до 96 ч в связи с малой чувствительностью метода к минимальным изменениям на микрососудистом уровне в ткани поджелудочной железы [7, 13]. На наш взгляд, данные сроки велики и это задерживает принятие тактических решений в вопросах лечебной тактики.

МРТ с ангиографией может служить в роли альтернативного метода для ранней диагностики ишемических поражений ткани поджелудочной железы, но этот метод требует длительного пребывания в вынужденном положении на спине, что вызывает сложности у пациентов с выраженным болевым синдромом [3, 7].

На данный момент, учитывая современные потребности экстренной хирургической службы, для ранней и точной диагностики ишемии поджелудочной железы может применяться перфузионная КТ, обладающая высокой чувствительностью к определению ишемических процессов. В результате применения перфузионной КТ возможно получить точную топическую локализацию и конфигурацию зон ишемии, что, несомненно, важно для прогнозирования течения острого панкреатита [6, 14, 17].

**Цель:** изучить возможность перфузионной компьютерной томографии в прогнозировании течения острого панкреатита.

## Материалы и методы

В ходе работы было выполнено проспективное обследование 38 пациентов с подозрением на острый панкреатит, поступивших в приемное отделение Сургутской окружной клинической

больницы по экстренным показаниям. Основным критерием для включения пациента в исследование служила длительность заболевания, которая не превышала 3 сут с момента появления начальных клинических симптомов, характерных для острого панкреатита. Количество женщин — 13, мужчин — 25. Средний возраст пациентов составил  $52 (\pm 2)$  года. Диагноз острого панкреатита основывался на физикальных данных, результатах лабораторного исследования (повышения показателей сывороточной амилазы и сывороточной липазы), а также на основании данных, полученных при УЗИ.

Показанием к проведению перфузионной КТ явились характерная клиническая картина острого панкреатита, гиперферментемия и типичные признаки по данным УЗИ, позволяющие предположить наличие острого панкреатита. Критериями исключения из исследования явились беременность, аллергические реакции на йодсодержащие контрастные вещества в прошлом и повышенный уровень креатинина в сыворотке крови.

После того как в приемном отделении у пациентов был диагностирован острый панкреатит, им было выполнено перфузионное КТ-исследование по стандартной методике. Далее, по национальным рекомендациям, на 3–5-е сутки выполнялась МСКТ с болюсным внутривенным контрастированием на 128-срезовом томографе GE Optima 660.

В соответствии с протоколом перфузионной КТ после нативного сканирования тщательно выбиралась область исследования, чтобы захватить большую часть поджелудочной железы. Серии непрерывных последовательных сканирований выполнялись после внут-

ривенного болюсного введения 40 мл йодсодержащего контрастного вещества со скоростью 4 мл/с.

В результате проведенного исследования было получено 40 аксиальных срезов толщиной 5 мм. Изображения проходили постпроцессинговую обработку на рабочей консоли Advantage Workstation VS5 с применением программного пакета CT Perfusion 4D Multi-Organ. На основании нативного сканирования определялся базовый уровень плотности ткани поджелудочной железы. Расчет тканевой перфузии паренхимы железы проводился на основании концентрации контрастного вещества в аорте, в просвете которой фиксировалась область интереса (ROI). Далее автоматически рассчитывались показатели перфузии, на основании которых выстраивались цветовые параметрические карты. С целью количественного анализа тканевого кровотока в поджелудочной железе рассчитывались следующие показатели перфузии: скорость кровотока (BF — blood-flow, мл/100г/мин), объем кровотока (BV — blood-volume, мл/100г), среднее время прохождения контрастного вещества (MTT — mean transit time, с), по которым оценивают внутрисосудистое состояние и показатель проницаемости стенки капилляров в интерстициальной фазе (PS, мл/100г/мин), являющийся показателем состояния внесосудистого пространства. Для их расчета применялся метод деконволюции. По данным, представленным Трофимовой (2019), известно, что в норме поджелудочная железа характеризуется высокими показателями перфузии в связи с высокой васкуляризацией органа: BF —  $136 \pm 6,74$  мл/100г/мин; BV —  $16,6 \pm 0,67$  мл/100г; MTT —  $10,25 \pm 0,47$  с; PS —  $3,5 \pm 0,72$  мл/100г/мин [9].

Итоговый диагноз острого интерстициального панкреатита или острого некротизирующего панкреатита с полной характеристикой зон некроза был верифицирован при помощи МСКТ с болюсным контрастированием через 3–5-е сутки с момента появления первых симптомов острого панкреатита. Протокол включал в себя нативное исследование брюшной полости и забрюшинного пространства с последующим внутривенным введением йодсодержащего контрастного вещества в количестве 80–100 мл. Выполнялись динамические серии исследований, в результате которых были получены артериальная, венозная и отсроченная фазы. Данный диагностический протокол соответствовал национальным рекомендациям ведения больных с острым панкреатитом [3, 7, 8]. Далее при помощи постпроцессинговой обработки на рабочей консоли томографа были получены изображения всего объема органов брюшной полости и забрюшинного пространства на фоне контрастного усиления в 3 проекциях.

### Результаты и их обсуждение

При перфузионной КТ, выполненной при поступлении пациента в течение первых 3 сут с момента начальных проявлений заболевания, зоны ишемического поражения ткани железы были выявлены у 12 (31,5 %) пациентов из 38. В дальнейшем, на 3–5 сут, была проведена МСКТ с болюсным внутривенным контрастным усилением, которая подтверждала развитие некротических изменений у 8 (21 %) пациентов. Локализация зоны некроза на МСКТ и зоны ишемии на цветовых гемодинамических картах перфузионной КТ совпадали. Однако в 10,5 % случаев прогрессирования ишемического поражения в ткани

поджелудочной железы по результатам контрольной МСКТ не выявилось, что было также подтверждено в дальнейшем наблюдении за этой группой пациентов.

После проведения обследования и анализа полученных данных пациенты были разделены на 3 группы. Сравнительные результаты перфузионных показателей в этих группах представлены в таблице.

В исследовании отмечались значительно более высокие уровни кровотока (BF), объема крови (BV) и среднего времени прохождения (MTT) в паренхиме поджелудочной железы в 1-й группе, которая состояла из 26 (68,4 %) человек. Средние значения скорости кровотока (BF) составляли  $127,7 \pm 33,3$  мл/100г/мин, а показатели объема кровотока (BV) были на уровне  $19,7 \pm 6$  мл/100г. Средние показатели времени прохождения контрастного вещества (MTT) также увеличились до  $10,7 \pm 2,5$  с. Проницаемость стенки капилляров (PS) в сравнении с другими показателями повысилась умеренно и ее усредненные показатели составляли  $27,1 \pm 12,8$  мл/100г/мин. Проведенная на 3–5-е сутки МСКТ с болюсным внутривенным контрастированием не подтвердила развитие панкреонекроза у этих больных (рис. 1, а, б).

Во 2-ю группу, состоящую из 8 (21 %) человек, вошли пациенты, у которых при проведении перфузионной КТ в 1-е сутки с момента начала первых проявлений острого панкреатита были выявлены зоны ишемии. Уровни средних показателей скорости и объема кровотока были снижены и составляли  $82,7 \pm 24,2$  мл/100г/мин и  $9,9 \pm 3,8$  мл/100г соответственно. Среднее время прохождения контрастного вещества также было ниже нормально-

Анализ усредненных показателей BF, BV, MTT и PS для поджелудочной железы в отношении 3 групп пациентов

Среднее значение показателей перфузии, единицы измерения	Группа с наличием отечного панкреатита (n = 26)	Группа с формированием зоны некроза (n = 8)	Группа с последующим восстановлением кровотока в зоне ишемии (n = 4)
Скорость кровотока (BF, мл/100г/мин)	127,7 ± 33,3	82,7 ± 24,2	101,8 ± 25,3
Объем кровотока (BV, мл/100г)	19,7 ± 6	9,9 ± 3,8	13,9 ± 4,3
Среднее время прохождения контрастного вещества (MTT, с)	10,7 ± 2,5	8,3 ± 1,9	9,8 ± 1,7
Показатель проницаемости стенки капилляров в интерстициальной фазе (PS, мл/100г/мин)	27,1 ± 12,8	58,2 ± 10,1	42,9 ± 9,3

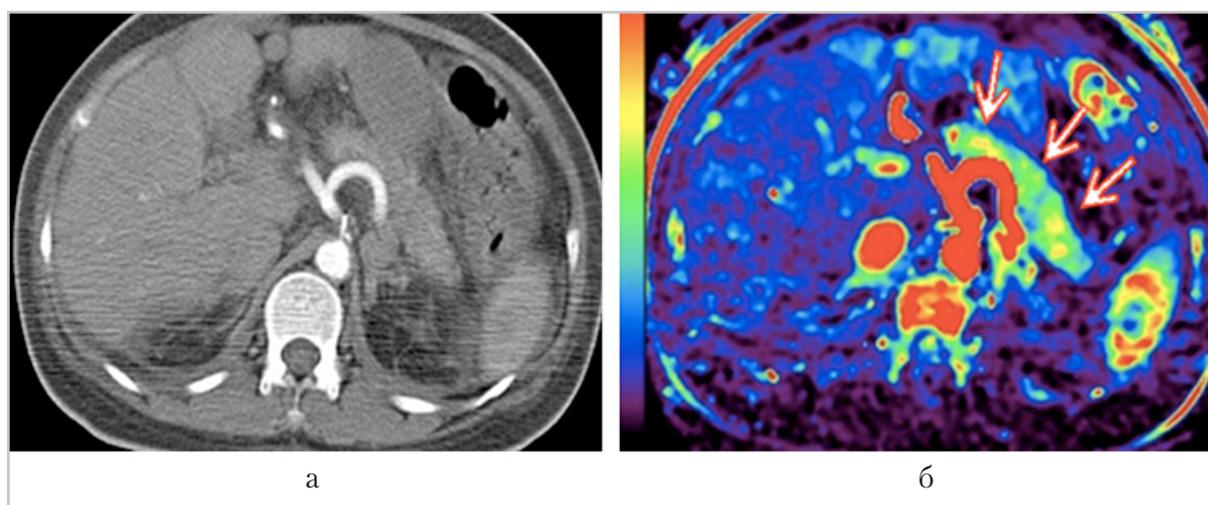


Рис. 1. Компьютерная (а) и перфузионная (б) компьютерные томограммы поджелудочной железы (аксиальная проекция): острый отечный панкреатит без признаков ишемических изменений (стрелки)

го уровня и составляло  $8,3 \pm 1,9$  с. В сравнении с 1-й группой (без прогрессирования) отмечалось значительное повышение средних показателей проницаемости стенки капилляров до  $58,2 \pm 10,1$  мл/100г/мин. На цветовых картах зоны ишемии визуализировались очага-

ми снижения перфузии. Впоследствии, на 3–5-е сутки, при проведении МСКТ с болюсным контрастированием у этих больных были подтверждены очаги некроза ткани, которые повторяли по локализации и форме зоны гипоперфузии на цветовых картах (рис. 2, а, б).

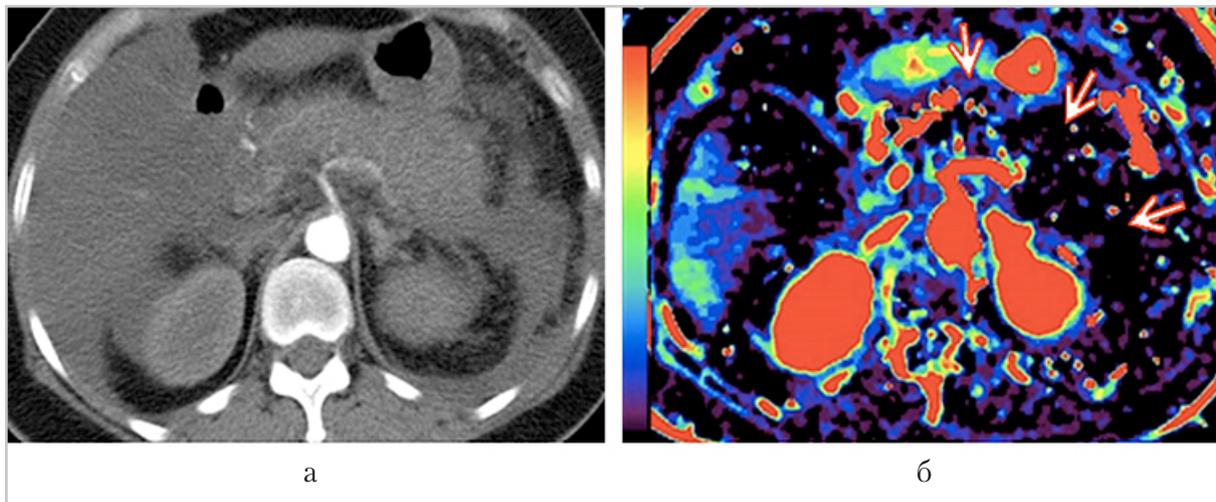


Рис. 2. Компьютерная (а) и перфузионная (б) компьютерные томограммы поджелудочной железы (аксиальная проекция): деструктивная форма острого панкреатита; визуализируются участки ишемического поражения паренхимы железы (стрелки)

Третью группу составляли 4 (10,5 %) пациента, у которых при проведении перфузионной КТ в первые 3 сут с момента появления симптомов отмечалось понижение средних показателей: BF — до  $101,8 \pm 25,3$  мл/100г/мин, BV — до  $13,9 \pm 4,3$  мл/100г и МТТ — до  $9,8 \pm 1,7$  с, однако это понижение не было таким интенсивным, как в группе с прогрессирующим ишемией.

Впоследствии при проведении МСКТ с болюсным контрастным усилением прогрессирования ишемических изменений обнаружено не было. Наблюдение за этими пациентами было продолжено.

Последующие плановые УЗИ и контрольная МСКТ при выписке также не выявили деструктивных изменений в паренхиме железы, на основании чего были сделаны выводы, что на фоне правильно подобранной консервативной терапии произошел регресс ишемических изменений (рис. 3, а, б).

Несмотря на прогресс в диагностике и лечении, уровень смертности при

остром панкреатите по-прежнему остается на высоком уровне [2, 3, 13]. Степень некроза поджелудочной железы и перипанкреатической зоны является жизненно важным и наиболее угрожающим прогностическим фактором, который влияет на клиническое состояние пациентов и позволяет прогнозировать системные осложнения. В начале острого панкреатита наблюдается динамическое развитие воспаления с уменьшением перфузии тканей поджелудочной железы и перипанкреатических тканей. Может происходить полная регрессия таких изменений, но они также могут прогрессировать до необратимого некроза. Из-за высокого риска полиорганных осложнений и высокой смертности у пациентов с тяжелым острым панкреатитом высока ценность диагностических методов, способных помочь в определении развития некротических изменений в тканях железы. Перфузионная КТ в прогнозировании вероятности развития панкреонекроза информативна уже в первый день после появления сим-

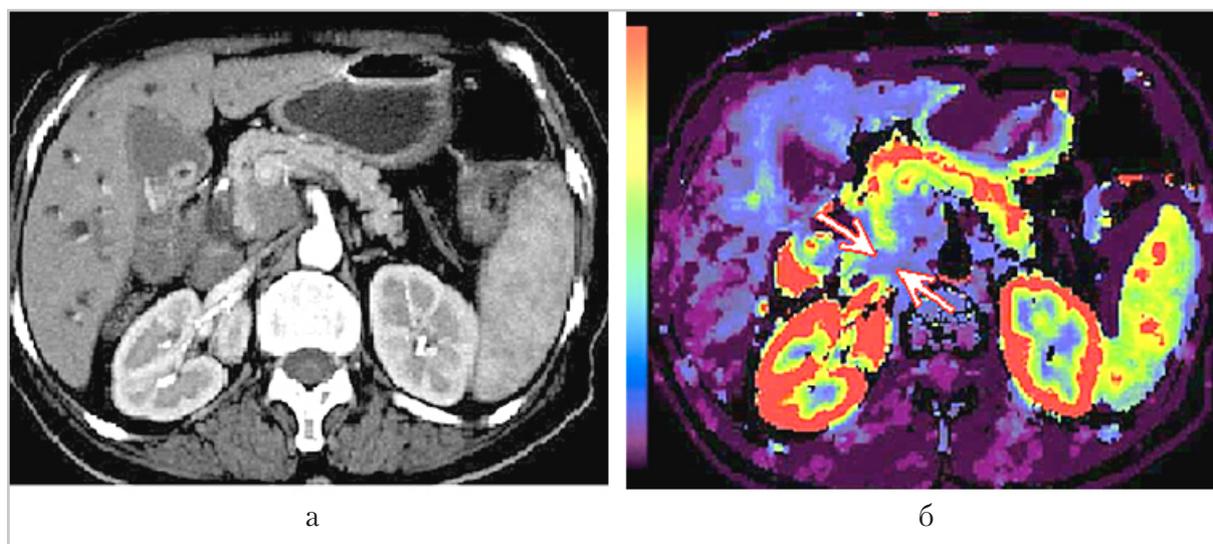


Рис. 3. Компьютерная (а) и перфузионная (б) компьютерные томограммы поджелудочной железы (аксиальная проекция): отечный острый панкреатит; признаки снижения перфузии в области головки железы (стрелки)

птомов, в то время как другие методы визуализации, а также оценка степени тяжести, основанная на клинической картине и лабораторных тестах, показывают низкую прогностическую ценность [14, 17].

В отличие от большинства доступных исследований, мы проводили перфузионную КТ при поступлении пациента в стационар в первые сутки с момента появления симптомов острого панкреатита. Считается, что минимальные изменения в паренхиме железы, которые возможно оценить при помощи МСКТ с контрастным усилением, развиваются в сроки от 72 до 96 ч с момента появления первых симптомов заболевания [7, 14]. Проведенное исследование показывает, что перфузионная КТ обладает высокой чувствительностью к минимальным изменениям на микрососудистом уровне в ткани поджелудочной железы, что полностью коррелирует с результатами исследований Pieńkowska, (2016) и Tsuji (2012) [14, 17].

## Выводы

1. Проведенное исследование показывает, что перфузионная компьютерная томография позволяет эффективно обнаружить зону ишемии поджелудочной железы на ранних стадиях острого панкреатита, поэтому ее целесообразно проводить сразу же при поступлении пациента в стационар.
2. Выполнение перфузионной компьютерной томографии в сочетании с проведенной в последующем мультисрезовой компьютерной томографией позволяет получить достоверную информацию о всех процессах, происходящих в поджелудочной железе и окружающих ее тканях, объеме поражения, развития осложнений.
3. Полученные данные позволяют точно прогнозировать развитие деструктивных форм панкреатита, на основании чего возможно оптимизировать хирургическую тактику.

ку при планировании лечения таких больных.

### Список литературы

1. *Андреев А. В., Ившин В. Г., Гольцов В. Р.* Лечение инфицированного панкреонекроза с помощью миниинвазивных вмешательств // *Анналы хирургической гепатологии.* 2015. Т. 20. № 3. С. 110–116.
2. *Багненко С. Ф., Гольцов В. Р., Савелло В. Е., Вашетко Р. В.* Классификация острого панкреатита: современное состояние проблемы // *Вестник хирургии им. И. И. Грекова.* 2015. Т. 174. № 5. С. 86–92.
3. *Багненко С. Ф., Савелло В. Е., Гольцов В. Р.* Лучевая диагностика заболеваний поджелудочной железы: панкреатит острый // *Лучевая диагностика и терапия в гастроэнтерологии: Национальное руководство / Гл. ред. тома Г. Г. Кармазановский.* М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. С. 349–365.
4. *Дарвин В. В., Онищенко С. В., Краснов Е. А.* Острый деструктивный панкреатит: Современное хирургическое лечение // *Анналы хирургической гепатологии.* 2014. Т. 19. № 4. С. 76–82.
5. *Дюжева Т. Г., Джус Е. В., Шефер А. В.* Конфигурация некроза поджелудочной железы и дифференцированное лечение острого панкреатита // *Анналы хирургической гепатологии.* 2013. Т. 18. № 1. С. 92–102.
6. *Литвин А. А., Князева Е. Г., Филатов А. А.* Современные возможности компьютерной томографии при визуализации острого панкреатита // *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2018. Т. 99 (3). С. 164–170.
7. Острый панкреатит. Клинические рекомендации Российского общества хирургов и Ассоциации гепатобилиарных хирургов стран СНГ. М., 2020. 54 с.
8. *Савельев В. С., Гельфанд Б. Р., Филимонов М. И. и др.* Деструктивный панкреатит. Доказательные методы диагностики и лечения: Метод. рекомендации. М., 2008. 11 с.
9. *Трофимова Т. Н., Беликова М. Я.* Перфузионная компьютерная томография поджелудочной железы. Методика исследования. Показатели перфузии в поджелудочной железе в норме // *Лучевая диагностика и терапия.* 2019. № 1. С. 73–77.
10. *Шабунин А. В., Араблинский А. В., Лукин А. Ю.* Панкреонекроз. Диагностика и лечение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 96 с.
11. *Шабунин А. В., Лукин А. Ю., Шиков Д. В.* Оптимальное лечение острого панкреатита в зависимости от «модели» панкреонекроза // *Анналы хирургической гепатологии.* 2013. Т. 18 (3). С. 70–78.
12. *Balthazar E.J., Megibow A.J., Pozzi Mucelli R. et al.* Imaging of the pancreas: Acute and chronic pancreatitis. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. P. 402.
13. *Leppäniemi A., Tolonen M., Tarasconi A. et al.* 2019 WSES guidelines for the management of severe acute pancreatitis // *World J. Emerg. Surg.* 2019. V. 14. № 27.
14. *Pieńkowska J., Gwoździwicz K., Skrobisz-Balandowska K. et al.* Perfusion-CT-Can we predict acute pancreatitis outcome within the first 24 hours from the onset of symptoms? // *PLoS One.* 2016. № 11 (1).
15. *Rana S.S., Bhasin D.K., Rao C., Sharma R., Gupta R.* Consequences of long term indwelling transmural stents in patients with walled off pancreatic necrosis & disconnected pancreatic duct syndrome // *Pancreatol.* 2013. Т. 13. P. 486–490.
16. *Türkvatan A., Erden A., Türkoğlu M. A., Seçil M.* Imaging of acute pancreatitis

and its complications. Part 1 // Acute pancreatitis, Diagnostic and Interventional Imag. V. 96. Is. 2. 2015. P. 151–160.

17. *Tsuji Y., Takahashi N., Tsutomu C.* Pancreatic perfusion ct in early stage of severe acute pancreatitis // Int. J. Inflammation. 2012.

## References

1. *Andreev A. V., Ivshin V. G., Gol'cov V. R.* Treatment of infected pancreatic necrosis using minimally invasive interventions. Annaly hirurgicheskoy gepatologii, 2015. T. 20. No. 3. P. 110–116 (in Russian).
2. *Bagnenko S. F., Gol'cov V. R., Savello V. E., Vashetko R. V.* Classification of acute pancreatitis: current state of the problem. Vestnik hirurgii im. I. I. Grekova. 2015. T. 174. No. 5. P. 86–92 (in Russian).
3. *Bagnenko S. F., Savello V. E., Gol'cov V. R.* Radiation diagnostics of pancreatic diseases: acute pancreatitis. Luchevaya diagnostika i terapiya v gastrojenterologii: nacional'noe rukovodstvo. Gl. red. toma G. G. Karmazanovskij. M.: GEOTAR-Media, 2014. P. 349–365 (in Russian).
4. *Darvin V.V., Onishhenko S.V., Krasnov E. A.* Acute destructive pancreatitis: Modern surgical treatment. Annaly hirurgicheskoy gepatologii. 2014. T. 19. No. 4. P. 76–82 (in Russian).
5. *Djuzheva T. G., Dzhus E. V., Shefer A. V.* Configuration of pancreatic necrosis and differential treatment of acute pancreatitis. Annaly hirurgicheskoy gepatologii. 2013. T. 18. No. 1. P. 92–102 (in Russian).
6. *Litvin A. A., Knjazeva E. G., Filatov A. A.* Modern possibilities of computed tomography in visualization of acute pancreatitis. Vestnik rentgenologii i radiologii. 2018. T. 99 (3). P. 164–170 (in Russian).
7. Acute pancreatitis. Clinical guidelines of the Russian Society of Surgeons and the Association of Hepatobiliary Surgeons of the CIS countries. Moscow, 2020. P. 54 (in Russian).
8. *Savel'ev V. S., Gel'fand B. R., Filimonov M. I.* Destructive pancreatitis. Evidence-based methods of diagnosis and treatment. Guidelines. M., 2008. 11 p. (in Russian).
9. *Trofimova T. N., Belikova M. Ya.* Perfusion computed tomography of the pancreas. Research methodology. Parameters of perfusion in the pancreas are normal. Luchevaya diagnostika i terapiya, 2019. No. 1. P. 73–77 (in Russian).
10. *Shabunin A. V., Arablinskij A.V., Lukin A. Yu.* Pancreatic necrosis. Diagnostics and treatment. M.: GEOTAR-Media, 2014. 96 p. (in Russian).
11. *Shabunin A. V., Lukin A. Yu., Shikov D. V.* Optimal treatment of acute pancreatitis depending on the «model» of pancreatic necrosis. Annaly hirurgicheskoy gepatologii. 2013. T. 18 (3). P. 70–78 (in Russian).
12. *Balthazar E.J., Megibow A.J., Pozzi Mucelli R.* Imaging of the pancreas: Acute and chronic pancreatitis. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. P. 402.
13. *Leppäniemi, A., Tolonen, M., Tarasconi A. et al.* 2019 WSES guidelines for the management of severe acute pancreatitis. World J. Emerg. Surg. 2019. V. 14. № 27.
14. *Pieńkowska J., Gwoździwicz K., Skrobisz-Balandowska K. et al.* Perfusion-CT-Can we predict acute pancreatitis outcome within the first 24 hours from the onset of symptoms? PLoS One. 2016. № 11(1).
15. *Rana S. S., Bhasin D. K., Rao C., Sharma R., Gupta R.* Consequences of long term indwelling transmural stents in patients with walled off pancreatic necrosis & disconnected pancreatic duct syndrome. Pancreatol. 2013. T. 13. P. 486–490.
16. *Türkvatan A., Erden A., Türkoğlu M. A., Seçil M.* Imaging of acute pancreatitis and its complications. Part 1. Acute pan-

creatitis. Diagnostic and Interventional  
Imag. V. 96. Is. 2. 2015. P. 151–160.

acute pancreatitis. Int. J. Inflammation.  
2012. (2012).

17. *Tsuji Y., Takahashi N., Tsutomu C.* Pan-  
creatic perfusion ct in early stage of severe

### Сведения об авторах

**Климова Наталья Валерьевна**, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой многопрофильной клинической подготовки Медицинского института, Сургутский государственный университет, заведующая рентгенологическим отделением, Сургутская окружная клиническая больница.

Адрес: 628408, г. Сургут, ул. Гагарина, д. 6, кв. 21.  
Тел.: +7 (922) 763-36-12. Электронная почта: knv@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-4589-6528

**Klimova Natal'ja Valer'evna**, M. D. Med., Professor, Head of the Multiprofile Clinic Training Department, Medical Institute, Surgut State University; Head of the Department of Radiology, Surgut Regional Clinical Hospital.

Address: 6-21, ul. Gagarina, Surgut, 628408, Russia.  
Phone number: +7 (922) 763-36-12. E-mail: knv@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-4589-6528

**Бажухина Ирина Владимировна**, аспирант кафедры хирургических болезней Медицинского института, Сургутский государственный университет, врач-рентгенолог рентгенологического отделения, Сургутская окружная клиническая больница.

Адрес: 628417, г. Сургут, пр. Ленина, д. 34.  
Тел.: +7 (912) 080-48-84. Электронная почта: biv.x.ray@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3956-8720

**Bazhukhina Irina Vladimirovna**, Postgraduate Student of the Department of Surgical Diseases, Medical Institute, Surgut State University; Radiologist of the Radiology Department, Surgut Regional Clinical Hospital.

Address: 34, pr. Lenina, Surgut, 628417, Russia.  
Phone number: +7 (912) 080-48-84. E-mail: biv.x.ray@gmail.com  
ORCID.org/0000-0003-3956-8720

**Дарвин Владимир Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой хирургических болезней Медицинского института, Сургутский государственный университет.

Адрес: 628403, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1.  
Тел.: +7 (3462) 52-74-50. Электронная почта: e.suhojkova2012@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0002-2506-9798

**Darvin Vladimir Vasil'evich**, M. D. Med., Professor, Head of the Department of Surgical Diseases, Medical Institute, Surgut State University; Head of the Department of Radiology, Surgut Regional Clinical Hospital.

Address: 1, pr. Lenina, Surgut, 628403, Russia.  
Phone number: +7 (3462) 52-74-50. E-mail: e.suhojkova2012@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0002-2506-9798

**Гаус Анна Алексеевна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры многопрофильной клинической подготовки Медицинского института, Сургутский государственный университет, врач-рентгенолог рентгенологического отделения Сургутской окружной клинической больницы.

Адрес: 628403, г. Сургут, проспект Ленина, д. 1.  
Тел.: +7 (912) 816-56-86. Электронная почта: gaa\_74\_78@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-7434-1540

**Gaus Anna Alekseevna**, Ph. D. Med., Associate Professor of the Multiprofile Clinic Training Department, Medical Institute, Surgut State University; Radiologist of Department of Radiology, Surgut Regional Clinical Hospital.

Address: 1, pr. Lenina, Surgut, 628403, Russia.  
Phone number: +7 (912) 816-56-86. E-mail: gaa\_74\_78@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-7434-1540

### 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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-22-33>

## Оценка деструктивных процессов в легочной ткани у пациентов с туберкулезом на фоне ко-инфекции ВИЧ

И. Ю. Мастерова<sup>\*, 1, 4</sup>, С. Ю. Дегтярева<sup>2</sup>, А. Н. Наркевич<sup>3</sup>,  
Л. А. Шлыкова<sup>4</sup>, Е. В. Зайцева<sup>1</sup>, П. В. Гаврилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, Красноярск

<sup>4</sup> ФКУЗ «Медико-санитарная часть № 78 Федеральной службы исполнения наказаний России», филиал «Туберкулезная больница № 1», Виллозское городское поселение, Ломоносовский район, Ленинградская область

### Valuation of Cavities in the Lungs Among HIV/TB Patients

I. Yu. Masterova<sup>\*, 1, 4</sup>, S. Yu. Degtyareva<sup>2</sup>, A. N. Narkevich<sup>3</sup>,  
L. A. Shlykova<sup>4</sup>, E. V. Zaitseva<sup>1</sup>, P. V. Gavrillov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg Research Institute of Phthisiopulmonology, Ministry of Healthcare of Russia, St. Petersburg

<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

<sup>3</sup> Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V. F. Voino-Yasenetsky, Ministry of Healthcare of Russia, Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Territory

<sup>4</sup> Medical and Sanitary unit No. 78 of the Federal Penitentiary Service of Russia, Tuberculosis Hospital No. 1, Viloz City, Lomonosov District, Leningrad Region

### Реферат

Ранняя диагностика туберкулеза органов дыхания у ВИЧ-инфицированных пациентов улучшает прогноз выздоровления и снижает частоту гибели. Формирование полостей распада в легочной тка-

**\* Мастерова Ирина Юрьевна**, аспирант ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, специальность клиническая медицина (лучевая диагностика, лучевая терапия, фтизиатрия), врач-фтизиатр туберкулезного легочного отделения №1, филиал «Туберкулезная больница № 1» ФКУЗ «Медико-санитарная часть № 78» Федеральной службы исполнения наказаний России.

Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр., д.2 – 4,  
Телефон: +7 (812) 775-75-55. Электронная почта: imast3\_02@mail.ru,  
ORCID.org/0000-0003-0674-6869

**Masterova Irina Yuryevna**, Ph. D. Med., Student of Research Institute of Phthisiopulmonology, specialty Clinical medicine (radiation diagnostics, radiation therapy, phthisiology), phthisiatrician of the Pulmonary Tuberculosis Ward No. 1 of the branch «Tuberculosis Hospital No. 1» of the Federal Healthcare Institution No. 78 of the Federal Penitentiary Service of Russia.

Address: 2– 4 Ligovsky pr., St. Petersburg, 191036, Russia.  
Phone number: +7 (812) 775-75-55. E-mail: imast3\_02@mail.ru,  
ORCID.org/0000-0003-0674-6869

ни является одним из признаков прогрессирования туберкулеза легких. В статье проанализированы результаты обследования ВИЧ-инфицированных пациентов с деструктивным легочным туберкулезом, с учетом данных анамнеза, выраженности клинических признаков и иммунного статуса. В исследование включены пациенты Ленинградской области с ВИЧ/ТБ с установленным впервые туберкулезом органов дыхания за период с 2014 по 2016 г. (n = 852). В нашем исследовании прослеживалась четкая взаимосвязь между формированием полостей распада в легких и ранее проводимой химио-профилактикой туберкулеза и приемом антиретровирусной терапии (АРВТ), а прямой взаимосвязи с распространенностью процесса не найдено. Нами получена статистически значимая взаимосвязь между фиксацией бактериовыделения и выявлением деструкций в легочной ткани. Определено, что на фоне выраженной иммуносупрессии (CD4 100 клеток/мкл и менее) наблюдается статистически значимое снижение частоты деструктивных форм туберкулеза легких и доли этиологически верифицированных случаев. Следует отметить, что взаимосвязи между ранней смертностью от туберкулеза (в течение первого года) и деструктивными процессами в нашем исследовании не получено.

**Ключевые слова:** ВИЧ-инфекция, туберкулез легких, полости распада, иммуносупрессия, рентгенография органов грудной клетки, компьютерная томография органов грудной полости.

## Abstract

Early diagnosis of respiratory tuberculosis among HIV-infected patients improves the prognosis of recovery and reduces mortality. The emergence of cavities is one of the patterns of the progression of pulmonary tuberculosis. The article analyzes the results of examination of HIV-infected tuberculosis patients with cavities. We estimate the data of anamnesis, the disease clinic and immune status. The retrospective study included patients of the Leningrad region with HIV/TB with early respiratory tuberculosis from 2014 to 2016 (n = 852). We identified a clear relationship between chemoprophylaxis and antiretroviral therapy on developing tuberculosis non-cavity, but no direct relationship was found with widespread or disseminated TB. We also obtained a significantly relationship between the bacterial excretion and the detection of destruction in the lung tissue on the background a pronounced decrease in the immune status (CD4 100 cells/ $\mu$ l or less). There are statistically significant decreases in the frequency of cavities of respiratory tuberculosis and the proportion of etiologically verified cases is in case in the suppression of immunity (CD4 100 cells/ $\mu$ l or less). However, the relationship between early mortality from tuberculosis (during the first year) and pulmonary tuberculosis with cavities was not obtained.

**Key words:** HIV, Pulmonary Tuberculosis, Cavities, Immunosuppression, Chest X-ray, Chest Computed Tomography.

## Актуальность

Согласно опубликованным отчетам ВОЗ, UNAIDS и Минздрава России, ВИЧ-инфекция является ведущей причиной распространения туберкулеза (ТБ), который является одной из наиболее значимых инфекций при иммунодепрессии у ВИЧ-инфицированных пациентов из-за его высокой частоты, высокой заболеваемости и смертности. Ранняя диагностика и своевременное лечение ТБ является ключом для предотвращения прогрессирования, улучшения прогноза

для выздоровления и предотвращения передачи [1, 2, 4, 11, 16].

Основными методами выявления ТБ является бактериологическая, лучевая и иммунологическая диагностика [3, 9].

По данным литературы ВИЧ-инфицированные пациенты не менее чем в 20 раз чаще болеют ТБ [15].

При выявлении ТБ у ВИЧ-инфицированных пациентов определяется ряд трудностей, которые связаны с из-

менением скиалогической картины ТБ при нарастании иммуносупрессии. В литературе имеются данные, что методы лучевой диагностики (рентгенография легких и компьютерная томография органов грудной полости) повышают процент выявления ТБ, обладают чувствительностью (72 %) и специфичностью (57 %). Доказана четкая связь между миллиарной диссеминацией в легких и выраженной иммуносупрессией. Кроме того, часто выявлялась внутригрудная лимфоаденопатия [7, 13]. На основании публикаций можно сделать вывод, что разрушение легких и образование полостей варьируется и зависит в основном от иммунологической дисфункции: ВИЧ/ТБ ассоциируется с меньшей кавитацией, в то время как сахарный диабет с ТБ ассоциируется с повышенным риском распада [14]. Установлено, что пациенты с ВИЧ/ТБ имеют более высокую долю инфильтратов и меньшую долю полостей распада, причем отсутствие классических полостей распада в верхней доле на рентгенографии не исключает наличие легочного ТБ у людей с ВИЧ [10]. По данным некоторых зарубежных ученых, полости распада у пациентов с ВИЧ/ТБ были связаны с наименьшим количеством клеток CD4 и чаще встречаются в нижних зонах [12].

Таким образом, несмотря на различия в оценке наличия и локализации деструкций в легких при ТБ и ко-инфекции ВИЧ, представлены убедительные доказательства, что состояние иммунной системы является основной детерминантой спектра изменений при ВИЧ/ТБ [6, 7].

**Цель:** изучить рентгенологические, клинические и иммунологические особенности пациентов деструктивными

формами туберкулеза на фоне ВИЧ-инфекции.

## Материалы и методы

В исследование включены пациенты Ленинградской области с ВИЧ/ТБ, с установленным впервые ТБ органов дыхания за период с 2014 по 2016 г. (n = 852), которые были выявлены 2 обстоятельствами: 53,3 % при обращении с жалобами (n = 454) и 46,7 % при скрининге (профилактически) (n = 398). Всего 563 мужчины (66,1 %) и 289 женщин (33,9 %), медиана возраста которых составила 35,5 [31; 40] года. Данные по иммунному статусу получены у 62,9 % (n = 536) пациентов ВИЧ/ТБ. Обследование пациентов состояло из сбора анамнеза (давность инфицирования ВИЧ, данные иммунного статуса, прием АРВТ, химиопрофилактики ТБ), жалоб (температура, слабость, кашель, снижение массы тела и др.), данных физикального обследования, клинических и биохимических анализов крови, общего анализа мочи, бактериологического исследования материала (бактериоскопия мокроты, посев на плотные и жидкие питательные среды (ВАСТЕС), молекулярно-генетических исследований (GeneXpert, Hain Lifescience), результатов лучевого обследования и иммунодиагностики.

Показатели иммунодиагностики представлены у 15,6 % (n = 37), из которых у 21 пациента результаты тестирования были положительные или гиперергические. Этиологическое подтверждение диагноза зарегистрировано у 35,6 % (n = 303). У пациентов без этиологической верификации диагноз ТБ был установлен на основании клинико-рентгенологических данных решением центральной врачебной ко-

миссии Ленинградского областного противотуберкулезного диспансера, согласно клиническим рекомендациям «Туберкулез у взрослых» [5].

В качестве методов лучевой диагностики использовались рентгенография или цифровая флюорография легких (ФЛГ) и/или КТ органов грудной полости. Основным показанием для выполнения КТ являлись необходимость уточнений ранее выявленных изменений на ФЛГ либо полное исключение ТБ перед назначением АРВТ, а также наличие жалоб, когда на ФЛГ не было признаков патологических изменений. Часть пациентов выявлены только при КТ органов грудной полости, чаще с целью сокращения времени обследования и определения дифференциально-диагностического ряда (10,3 %,  $n = 88$ ). В ряде случаев оба метода лучевой диагностики использованы одновременно (20,3 %,  $n = 173$ ). Деструктивная форма ТБ легких выявлена у 31,1 % ( $n = 265$ ) пациентов с ВИЧ/ТБ. Из данной группы лиц выделено 56,2 % ( $n = 149$ ) пациентов с показателями по степени выраженности иммуносупрессии, а 43,8 % ( $n = 116$ ) пациентов данных об иммунном статусе на момент выявления ТБ не было.

Давность установления инфицирования ВИЧ среди ВИЧ/ТБ с деструктивными формами варьировалась с одновременного установления ВИЧ/ТБ до 15 лет от инфицирования ВИЧ, и в среднем составила 4,6 года. Бактериоскопия мокроты с окраской по Цилю — Нильсену и посеvy мокроты на микобактерии ТБ выполнены всем пациентам, а ПЦР ДНК МБТ мокроты у 24,2 % ( $n = 64$ ).

Статистический анализ данных осуществлялся с применением статистического пакета IBM SPSS Statistics v.19.

Сравнение качественных признаков осуществлялось с помощью критериев  $\chi^2$ ,  $\chi^2$  с поправкой Йейтса и точного критерия Фишера в зависимости от величины ожидаемых частот анализируемых таблиц сопряженности. В качестве критического значения уровня значимости принималось  $p < 0,05$ .

## Результаты и их обсуждение

Деструктивные изменения в легких у пациентов с ТБ/ВИЧ при выявлении определялись у 31,1 % ( $n = 265$ ). Нами были сопоставлены клинические особенности пациентов с деструктивными формами ТБ и без распада (табл. 1).

Как видно из табл. 1, такие факторы, как ранее проводимая химиопрофилактика и прием АРВТ, значимо влияли на вероятность развития ТБ без деструкции. Также нами получена достоверная взаимосвязь между фиксацией бактериовыделения и выявлением деструкцией в легочной ткани. При этом взаимосвязи между ранней смертностью от ТБ (в течение первого года) деструктивными процессами не получено. Практически каждый 5-й пациент в обеих группах умер в течение года, без статистически значимой разницы.

Дополнительно мы проанализировали возможность взаимосвязи между распространенностью туберкулезного процесса и наличием или отсутствием деструкции в легочной ткани. Анализировались следующие признаки: количество вовлеченных в процесс сегментов легких (от 3 и более сегментов), наличие или отсутствие увеличения внутригрудных лимфоузлов (ВГЛУ), наличие или отсутствие жидкости в плевральной полости (табл. 2).

Как видно из табл. 2, наличие деструкции у пациентов с ВИЧ/ТБ не

Таблица 1

**Общая характеристика пациентов (ВИЧ/ТБ), сравнение групп с наличием и отсутствием деструкции в легких**

Анализируемые признаки	Наличие деструкции (n = 852)		p
	CV (-) (n = 587; 68,9 %)	CV (+) (n = 265; 31,1 %)	
Наличие жалоб при выявлении (n = 361; 42,4 %)	246; 41,9 %	115; 43,4 %	0,630
Этиологически верифицированный туберкулез (n = 303; 35,6 %)	160; 27,3 %	143; 54 %	< 0,01
Получение АРВТ (n = 57; 6,7 %)	47; 8 %	10; 3,8 %	< 0,01
Ранее проводилась химиопрофилактика туберкулеза (n = 15; 1,8 %)	13; 2,2 %	2; 0,8 %	< 0,05
Смерть от туберкулеза в течение года после выявления (n = 194; 22,8 %)	131; 22,3 %	63; 23,8 %	0,577

Таблица 2

**Взаимосвязь распространенности процесса у пациентов (ВИЧ/ТБ) с наличием и отсутствием деструкции в легких**

Анализируемые признаки	Наличие деструкции (n = 852)		p
	CV (-) n = 587; 68,9 %	CV (+) n = 265; 31,1 %	
Вовлечение в процесс более 3 сегментов легочной ткани (n = 576; 67,6 %)	378; 64,4 %	198; 74,7 %	< 0,01
Увеличение ВГЛУ (n = 511; 60 %)	378; 64,4 %	133; 50,1 %	< 0,01
Наличие выпота в плевральной полости (n = 134; 15,7 %)	101; 17,2 %	33; 12,5 %	0,096

имело прямой взаимосвязи с распространенностью процесса, и в нашем исследовании была даже получена обратная взаимосвязь. Распространенные

процессы в легочной ткани, внутригрудная лимфаденопатия и плевриты чаще регистрировались в группах без деструкции легочной ткани.

Учитывая, что КТ позволяет выявить более мелкие деструкции, нами проведено изучение взаимосвязи между методом выявления деструктивного процесса и его этиологическим подтверждением (табл. 3).

В нашем исследовании отмечается, что доля этиологически верифицированных случаев при выявлении деструктивных изменений только при КТ достоверно ниже по сравнению с процессами, когда деструкция визуализировалась на рентгенограмме органов дыхания или флюорографии. Это может быть объяснено взаимосвязью между объемом деструкции и частотой бактериовыделения. Ограничением нашего исследования в данном вопросе было то, что не всем пациентам выполнялся полный комплекс этиологических методов верификации и, возможно, такая взаимосвязь обусловле-

на разной чувствительностью различных этиологических методов.

Поскольку в различных исследованиях имеются разные данные о частоте деструктивного ТБ, а также о бактериовыделении в зависимости от уровня иммуносупрессии, все пациенты, у которых имелись данные об иммунном статусе на момент выявления ( $n = 536$ ), разделены по уровням иммуносупрессии (табл. 4).

При сравнении групп пациентов ВИЧ/ТБ с оценкой показателей иммунитета при CD4 100 кл/мкл и менее определяется статистически значимое снижение частоты деструктивных форм ТБ органов дыхания, а также снижение доли этиологически верифицированных случаев среди деструктивных форм ВИЧ/ТБ, что соответствует данным литературы [3, 6, 7, 11].

Таблица 3

**Взаимосвязь между этиологической верификацией процесса и методом выявления деструктивной формы туберкулеза**

Анализируемые признаки	Подтверждение диагноза ( $n = 265$ )		P
	Посев и/или ПЦР ( $n = 143; 53,4 \%$ )	Не подтвержден этиологически ( $n = 122; 46,6 \%$ )	
Деструктивные изменения, видимые при ФЛГ или рентгенографии ( $n = 206; 77,7 \%$ )	120; 58,3 %	86; 41,7 %	< 0,01
Деструктивные изменения, определяемые только на КТ ( $n = 59; 22,3 \%$ )	23; 39 %	36; 61 %	< 0,01
$p < 0,01$ (при сравнении методов лучевой диагностики)	$p < 0,01$	$p < 0,01$	

Таблица 4

**Взаимосвязь между уровнем иммуносупрессии, частотой выявления деструктивных форм туберкулеза и долей этиологически верифицированных случаев**

Анализируемые признаки	Наличие/отсутствие деструкции (n = 536)		Этиологически верифицировано (n = 78)		p
	CV (-) (n = 387)	CV (+) (n = 149)	CV (-) (n = 98)	CV (+) (n = 80)	
CD4 менее 50 кл/мкл (n = 146; 27,2 %)	107; 20 %	39; 16,5 %	34; 31,8 %	16; 41 %	0,215
CD4 51–100 кл/мкл (n = 92; 17,2 %)	70; 14,3 %	22; 8,9 %	17; 24,3%	9; 40,9 %	0,075
CD4 101–200 кл/мкл (n = 115; 21,5 %)	80; 12,8 %	35; 16 %	18; 22,5 %	24; 68,6 %	< 0,01
CD4 201–400 кл/мкл (n = 121; 22,6 %)	90; 17,7 %	31; 12,7 %	22; 24,4 %	17; 54,8 %	< 0,01
CD4 более 401 кл/мкл (n = 62; 11,5 %)	40; 8,3 %	22; 8,9 %	7; 17,5%	14; 63,6 %	< 0,01

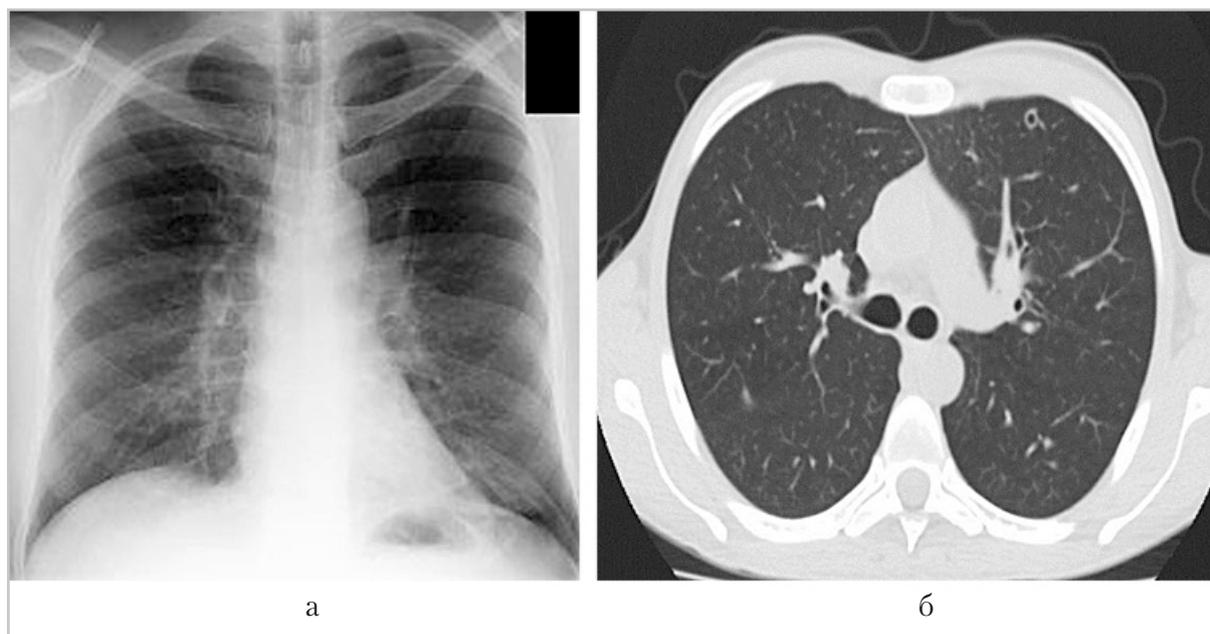


Рис. Цифровая флюорограмма в передней прямой проекции и скан компьютерной томографии в «легочном окне» пациентки Т., 32 года (CD4 18 кл/мкл)

Приводим клиническое наблюдение, иллюстрирующее тонкостенные полости

у пациентки с ВИЧ-инфекцией: пациентка Т., 32 года. Направлена в Центр СПИД

в связи с жалобами на повышение температуры до 37,4 °С, слабость, похудание. ВИЧ-инфекция выявлена 3 года назад, АРВТ не получает. Контакт с больными ТБ отрицает. CD4 = 18 кл/мкл. При рентгенографическом обследовании, выполненном по месту жительства, патологических изменений не определяется. Для исключения легочного инфекционного процесса в связи с жалобами, характерными для ТБ и низким уровнем CD4, направлена на КТ органов грудной полости. При КТ (рис.) выявляется на фоне диффузной интерстициальной реакции тонкостенная полость диаметром 9 мм в S3 правого легкого. При бактериоскопии мокроты по Цилю – Нильсену КУМ не обнаружены. При ПЦР мокроты выделена ДНК микобактерии туберкулезного комплекса. Посев мокроты на микобактерии туберкулеза: выделена культура микобактерий туберкулеза, чувствительная ко всем противотуберкулезным препаратам. На фоне интенсивной противотуберкулезной терапии отмечаются улучшение самочувствия пациентки, нормализация температуры, отсутствие жалоб и полная регрессия изменений в легких.

### Заключение

В проведенном исследовании прослеживалась четкая взаимосвязь между такими факторами, как ранее проводимая химиопрофилактика и прием АРВТ, и вероятность развития туберкулеза без деструкции. При этом не найдено прямой взаимосвязи деструктивных форм туберкулеза с распространенностью процесса. Также нами получена достоверная взаимосвязь между выявлением деструкцией в легочной ткани и фиксацией бактериовыделения. На фоне выраженного снижения иммунного статуса (CD4 100 кл/

мкл и менее) определяется статистически значимое снижение частоты деструктивных форм туберкулеза органов дыхания, а также снижение доли этиологически верифицированных случаев. Следует отметить, что взаимосвязи между ранней смертностью от туберкулеза (в течение первого года) и деструктивными процессами в нашем исследовании не получено.

### Список литературы

1. *Васильева И. А., Белиловский Е. М., Борисов С. Е., Стерликов С. А., Синицын М. В.* Туберкулез, сочетанный с ВИЧ-инфекцией, в странах мира и в Российской Федерации // Туберкулез и болезни легких. 2017. Т. 95. № 9. С. 8–18. DOI: 10.21292/20751230-2017-95-9-8-18.
2. ВОЗ. Основные факты. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-heets/detail/hiv-aids>.
3. *Зимина В. Н., Батыров Ф. А., Кравченко А. В., Климов Г. В., Васильева И. А.* Клинико-рентгенологические особенности течения впервые выявленного туберкулеза у больных с ВИЧ-инфекцией в зависимости от исходного количества CD4 ± лимфоцитов // Туберкулез и болезни легких. 2011. № 12. С. 35–41.
4. *Сергеев В. И., Сармометов Е. В., Зимина В. Н., Микова О. Е., Варецкая Т. А.* Оценка потенциальной роли больных ВИЧ-инфекцией, сочетанной с туберкулезом, как источника туберкулезной инфекции // Пермский мед. журнал. 2017. Т. 34. № 4. С. 38–44.
5. Туберкулез у взрослых: Клинические рекомендации. Одобрено Научно-практическим советом Минздрава РФ, 2020. 121 с.
6. *Bakhshayesh-Karam M., Tabarsi P., Mirsaiedi S. M., Amiri M.V., Zahirifard S., Mansoori S. D., Masjedi M. R., Velayati A. A.* Radiographic manifestations of

- Tuberculosis in HIV-positive patients: Correlation with CD4+ T-cell count. // Int. J. Mycobacteriol. 2016. Dec. 5. Suppl 1: S244-S245. doi: 10.1016/j.ijmyco.2016.11.027. Epub. 2016. Dec. 5.
7. *Gavrilov P., Lazareva A., Zhuravlev V., Malashenkov E., Yablonskii P.* CT semiotics of respiratory tuberculosis in HIV-infected patients, depending on the degree of immunosuppression // Eur. Respiratory J. 2014. V. 44. № S 58. P. 2616.
  8. *Gopalan N., Chandrasekaran P., Swaminathan S., Tripathy S.* Current trends and intricacies in the management of HIV-associated pulmonary // Tuberculosis AIDS Res. Ther. 2016. Sep 26;13:34. doi: 10.1186/s12981-016-0118-7. eCollection. 2016.
  9. *Griesel R., Cohen K., Mendelson M., Maartens G.* Abdominal ultrasound for the diagnosis of tuberculosis among human immunodeficiency virus-positive inpatients with world health organization danger signs // Open Forum Infect. Dis. 2019. V. 6. № 4.
  10. *Kistan J., Laher F., Otworld K., Panchia R., Mawaka N., Lebina L., Diacon A., Kana B., Martinson N.* Pulmonary TB: varying radiological presentations in individuals with HIV in Soweto // Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 2017. Mar 1. 111 (3):132–136. doi: 10.1093/trstmh/trx028.
  11. *Machuca I., Vidal E., de la Torre-Cisneros J., Rivero-Román A.* Tuberculosis in immunosuppressed patients // Enferm Infecc Microbiol. Clin. 2018. Jun – Jul; 36 (6): 366-374. doi: 10.1016/j.eimc.2017.10.009. Epub. 2017. Dec. 6.
  12. *Olatunji A. A., Olatunji P. O., Salako A. A.* Radiographic chest findings and immunological status in HIV-positive patients with tuberculosis coinfection in a sub-urban Nigerian tertiary hospital. Indian // J. Tuberc. 2016. Apr; 63 (2): 74-8. doi: 10.1016/j.ijtb.2015.07.003. Epub. 2016. Jul. 15.
  13. *Padyana M., Bhat R. V., Dinesha M., Nawaz A.* HIV-Tuberculosis: A study of chest x-ray patterns in relation to CD4 count. N. Am. J. Med. Sci. 2012. May. 4(5): 221-5. doi: 10.4103/1947-2714.95-904.
  14. *Scriba T. J., Coussens A. K., Fletcher H. A.* Human Immunology of Tuberculosis. Microbiol Spectr. 2017 Jan;5(1). doi: 10.1128/microbiolspec.TB2-0016-2016.
  15. *Teweldemedhin M., Asres N., Gebreyesus H., Weldegebreal Asgedom S.* Tuberculosis-Human immunodeficiency virus (HIV) co-infection in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis BMC Infect Dis. 2018. Dec 18;18(1):676. doi: 10.1186/s12879-018-3604-9.
  16. *Zhao Y., Zagdyn Z., Pavlova M., Archakova L., Sokolovich E., Yablonskiy P.* Tb and HIV in the Russian Federation: risk factors of MDR-TB in HIV-infected patients (review) // Мед/альянс. 2020. Т. 8. № 1. С. 6–13.

## References

1. *Vasil'eva I. A., Belilovskiy E. M., Borisov S. E., Sterlikov S. A., Sinitsyn M. V.* Tuberculosis combined with HIV infection in countries around the world and in the Russian Federation. Tuberkulez i bolezni legkikh. 2017. V. 95. No. 9. P. 8–18 (in Russian).
2. WHO. Key facts. URL: <http://www.who.int/hiv/strategy2016-2021/ghss-hiv/ru> (in Russian).
3. *Zimina V. N., Batyrov F. A., Kravchenko A. V., Klimov G. V., Vasil'eva I. A.* Clinical and radiological features of the course of newly detected tuberculosis in patients with HIV-infection, depending on the initial number of CD4 + lymphocytes. Tuberkulez i bolezni legkikh. 2011. No. 12. P. 35–41 (in Russian).

4. *Sergevnin V. I., Sarmometov E. V., Zimina V. N., Mikova O. E., Varetskaya T. A.* Assessment of the potential role of patients with HIV-infection combined with tuberculosis as a source of tuberculosis infection. *Permskiy meditsinskiy zhurnal*. 2017. V. 34. No. 4. P. 38–44. (in Russian)
5. Adult tuberculosis: Clinical Guidelines. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2020. 121 p. (in Russian).
6. *Bakhshayesh-Karam M., Tabarsi P., Mirsaiedi S. M., Amiri M. V., Zahirifard S., Mansoori S. D., Masjedi M. R., Velayati A. A.* Radiographic manifestations of Tuberculosis in HIV positive patients: Correlation with CD4+ T-cell count. *Int. J. Mycobacteriol.* 2016. Dec 5 Suppl 1:S244-S245. doi: 10.1016/j.ijmyco.2016.11.027. Epub. 2016. Dec. 5.
7. *Gavrilov P., Lazareva A., Zhuravlev V., Malashenkov E., Yablonskii P.* CT semiotics of respiratory tuberculosis in HIV-infected patients, depending on the degree of immunosuppression. *European Respiratory J.* 2014. V. 44. No. S58. P. 2616.
8. *Gopalan N., Chandrasekaran P., Swaminathan S., Tripathy S.* Current trends and intricacies in the management of HIV-associated pulmonary Tuberculosis *AIDS Res. Ther.* 2016. Sep. 26;13:34. doi: 10.1186/s12981-016-0118-7. eCollection 2016.
9. *Griesel R., Cohen K., Mendelson M., Maartens G.* Abdominal ultrasound for the diagnosis of tuberculosis among human immunodeficiency virus-positive inpatients with world health organization danger signs. *Open Forum Infect. Dis.* 2019. V. 6. No. 4.
10. *Kistan J., Laher F., Otjombe K., Panchia R., Mawaka N., Lebina L., Diacon A., Kana B., Martinson N.* Pulmonary TB: varying radiological presentations in individuals with HIV in Soweto. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 2017 Mar 1;111(3):132-136. doi: 10.1093/trstmh/trx028.
11. *Machuca I., Vidal E., de la Torre-Cisneros J., Rivero-Román A.* Tuberculosis in immunosuppressed patients. *Enferm Infecc Microbiol. Clin.* 2018 Jun – Jul; 36(6):366-374. doi: 10.1016/j.eimc.2017.10.009. Epub. 2017. Dec. 6.
12. *Olatunji A. A., Olatunji P. O., Salako A. A.* Radiographic chest findings and immunological status in HIV-positive patients with tuberculosis coinfection in a sub-urban Nigerian tertiary hospital. *Indian J. Tuberc.* 2016. Apr;63(2):74-8. doi: 10.1016/j.ijtb.2015.07.003. Epub. 2016. Jul 15.
13. *Padyana M., Bhat R. V., Dinesha M., Nawaz A.* HIV-tuberculosis: a study of chest x-ray patterns in relation to CD4 count. *N. Am. J. Med. Sci.* 2012 May;4(5):221-5. doi: 10.4103/1947-2714.95904.
14. *Scriba T. J., Coussens A. K., Fletcher H. A.* Human immunology of tuberculosis. *Microbiol. Spectr.* 2017 Jan; 5(1). doi: 10.1128/microbiolspec.TB2-0016-2016.
15. *Teweldemedhin M., Asres N., Gebreyesus H., Weldegebreal Asgedom S.* Tuberculosis-Human immunodeficiency virus (HIV) co-infection in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis *BMC Infect Dis.* 2018 Dec 18;18(1):676. doi: 10.1186/s12879-018-3604-9.
16. *Zhao Y., Zagdyn Z., Pavlova M., Archakova L., Sokolovich E., Yablonskiy P.* Tb and HIV in the Russian Federation: risk factors of MDR-TB in HIV-infected patients (review). *Med. Alliance.* 2020. T. 8. No. 1. P. 6–13.

## Сведения об авторах

**Мастерова Ирина Юрьевна**, аспирант ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России, специальность клиническая медицина (лучевая диагностика, лучевая терапия, фтизиатрия), врач-фтизиатр туберкулезного легочного отделения №1, филиал «Туберкулезная больница №1» ФКУЗ «Медико-санитарная часть №78» Федеральной службы исполнения наказаний России.  
Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр., д.2 – 4,  
Телефон: +7 (812) 775-75-55. Электронная почта: imast3\_02@mail.ru,  
ORCID.org/0000-0003-0674-6869

**Masterova Irina Yuryevna**, Ph. D. Med., Student of Research Institute of Phthiopulmonology, Specialty Clinical Medicine (radiation diagnostics, radiation therapy, phthysiology), phthiatrician of the Pulmonary Tuberculosis Ward No. 1 of branch «Tuberculosis Hospital No. 1», Federal Healthcare Institution No. 78, Federal Penitentiary Service of Russia.  
Address: 2 – 4 Ligovsky pr., St. Petersburg, 191036, Russia.  
Phone number: +7 (812) 775-75-55. E-mail: imast3\_02@mail.ru,  
ORCID.org/0000-0003-0674-6869

**Дегтярева Светлана Юрьевна**, ассистент кафедры инфекционных болезней с курсами эпидемиологии и фтизиатрии, Российский Университет Дружбы Народов.  
Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.  
Телефон: +7 (495) 365-25-33. Электронная почта: degtyareva\_svet@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-8836-4447

**Degtyareva Svetlana Yuryevna**, assistant of the Department of Infectious Diseases with courses in Epidemiology and Phthysiology, Peoples' Friendship University of Russia.  
Address: 6 Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia.  
Phone number: +7 (495) 365-25-33. E-mail: degtyareva\_svet@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-8836-4447

**Наркевич Артем Николаевич**, доктор медицинских наук, доцент, декан медико-психолого-фармацевтического факультета, заведующий кафедрой медицинской кибернетики и информатики, заведующий лабораторией медицинской кибернетики и управления в здравоохранении ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России.  
Адрес: 660022, Красноярский край, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1.  
Телефон: +7 (391) 220-03-89. Электронная почта: narkevichart@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-1489-5058

**Narkevich Artyom Nikolaevich**, M. D. Med., Docent, Dean of the Faculty of Medicine, Psychology and Pharmacy, Head of the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Head of the Laboratory of Medical Cybernetics and Management in Healthcare, Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V. F. Voino-Yasenyetsky.  
Address: 1 Partizan Zheleznyak str., Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Territory, 660022, Russia.  
Phone number: +7 (391) 2200389. E-mail: narkevichart@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-1489-5058

**Шлыкova Людмила Аркадьевна**, начальник медицинской части, врач-фтизиатр филиала «Туберкулезная больница №1» ФКУЗ «Медико-санитарная часть №78» Федеральной службы исполнения наказаний России.  
Адрес: 188508, Ленинградская область, Ломоносовский район, Виллозское городское поселение, ул. Заречная, д. 22.  
Телефон: +7 (812) 746-05-34. Электронная почта: luar56@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-8211-4268

**Shlykova Lyudmila Arkadevna**, Head of the Medical Unit, Phthiatrician at the Tuberculosis Hospital No. 1, branch of the Federal Health Care Institution No. 78, Federal Penitentiary Service of Russia.  
Address: 22 Zarechnaya str., Viloz City, Lomonosov district, Leningrad Region, 188508, Russia.  
Phone number: +7 (812) 746-05-34. E-mail: luar56@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-8211-4268

**Зайцева Елена Валерьевна**, кандидат медицинских наук, врач-фтизиатр туберкулезного легочно-хирургического (торакального) отделения №3 Федерального государственного бюджетного учреждения «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации,  
Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2 – 4.  
Тел.: +7 (812) 775-75-55. Электронная почта: e.v.zaiceva@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-8736-7304

**Zaitseva Elena Valerievna**, Ph. D. Med., Phthiatrician of the Pulmonary Surgical (thoracic) department No. 3, St. Petersburg State Research Institute of Phthiopulmonology.  
Address: 2 – 4 Ligovsky pr., St. Petersburg, 191036, Russia.  
Phone number: +7 (812) 775-75-55. E-mail: e.v.zaiceva@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-8736-7304

**Гаврилов Павел Владимирович**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник, руководитель направления «Лучевая диагностика» Федерального государственного бюджетного учреждения «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
Адрес: 191036, г. Санкт-Петербург, Лиговский пр., д. 2 – 4.  
Телефон: +7 (812) 775-75-55. Электронная почта: spbniifrentgen@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-3251-4084.

**Gavrilov Pavel Vladimirovich**, Ph. D. Med., Leading Researcher, Head of the Department of Radiology, St. Petersburg State Research Institute of Phthiopulmonology.  
Address: 2 – 4 Ligovsky pr., St. Petersburg, 191036, Russia.

Phone number: +7 (812) 775-75-55. E-mail: spbniifrentgen@mail.ru  
ORCID.org/ 0000-0003-3251-4084.

**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 авторов статей

В этом году журнал «Радиология — практика» стал электронным изданием. С июля 2021 г. все материалы для публикации принимаются только на сайте **radp.ru** с помощью кнопки «Отправить статью».

Вопросы, связанные с отправкой, можно решить с ответственным секретарем журнала — доктором медицинских наук, профессором Егоровой Еленой Алексеевной, e-mail: eegorova66@gmail.com.

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-34-48>

## Сопоставление совмещенной позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии с $^{11}\text{C}$ -метионином и индекса пролиферации Ki-67 в оценке агрессивности церебральных глиом

Т. Ю. Скворцова<sup>\*,1,3</sup>, Ж. И. Савинцева<sup>1</sup>, Д. В. Захс<sup>1</sup>, А. Ф. Гурчин<sup>1</sup>,  
А. И. Холявин<sup>1</sup>, Ю. М. Забродская<sup>2</sup>, Т. Н. Трофимова<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ФГБУН «Институт мозга человека им. Н. П. Бехтеревой» РАН (ИМЧ РАН), Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А. Л. Поленова, филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ)

### Correlation of $^{11}\text{C}$ -Methionine Combined Positron Emission and Computed Tomography and Ki-67 Proliferation Index in Pretreatment Assessment of Cerebral Gliomas

T. Yu. Skvortsova<sup>\*,1,3</sup>, Zh. I. Savintceva<sup>1</sup>, D. V. Zakhs<sup>1</sup>, A. F. Gurchin<sup>1</sup>,  
A. I. Kholiyavin<sup>1</sup>, Yu. M. Zabrodskaya<sup>2</sup>, T. N. Trofimova<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> N. P. Bechtereva Institute of the human brain of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg

<sup>2</sup> A. L. Polenov Neurosurgical Research Institute, branch of Federal State Budgetary Institution «V. A. Almazov National Medical Research Centre», Ministry of Healthcare of Russia, St. Petersburg

<sup>3</sup> Saint Petersburg State University

### Реферат

Целью работы было изучение зависимости между скоростью транспорта и метаболизма аминокислот в церебральных глиомах, измеренной при предоперационной совмещенной позитронно-

*\* Скворцова Татьяна Юрьевна*, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейровизуализации ИМЧ РАН, доцент образовательного и научно-клинического центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» СПбГУ. Адрес: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, д. 9. Тел.: +7 (921) 582-45-47. Электронная почта: tanya@ihb.spb.ru ORCID.org/0000-0003-0598-7576

*Skvortsova Tatiana Yurievna*, Ph. D. Med., Senior Researcher of Neuroimaging Laboratory, IHB RAS, Associate Professor of the Clinical Research and Education Center «Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine», St. Petersburg State University. Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russia. Phone number: +7 (921) 582-45-47. E-mail: tanya@ihb.spb.ru ORCID.org/0000-0003-0598-7576

эмиссионной и компьютерной томографии с  $^{11}\text{C}$ -метионином (ПЭТ-Мет), и пролиферативной активностью опухоли по результатам иммуногистохимического исследования экспрессии антигена Ki-67.

Ретроспективному анализу подвергнуты результаты ПЭТ-Мет 236 взрослых больных с глиальными опухолями головного мозга до начала лечения. У всех пациентов диагноз был верифицирован при патогистологическом и иммуногистохимическом исследованиях операционного материала. Оценка интенсивности захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина базировалась на вычислении индекса накопления (ИНмет), который рассчитывали путем деления накопленной активности радиофармпрепарата в опухоли (область интереса диаметром 10 мм) на величину активности в контралатеральной коре головного мозга. Для анализа взаимосвязи между ИНмет и экспрессией маркера Ki-67 использован корреляционный анализ.

Анализ результатов показал, что ИНмет возрастает с увеличением агрессивности глиальной опухоли. Значимые различия ИНмет выявлены между глиомами II и III степени злокачественности, равно так и между опухолями III и IV степени анаплазии ( $p < 0,001$ ). ИНмет был выше в олигодендроглиальных опухолях по сравнению с диффузными астроцитомами ( $p < 0,001$ ), но различия не были связаны с пролиферативной активностью этих опухолей. Корреляционный анализ выявил значимую корреляцию между ИНмет и экспрессией Ki-67 ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,05$ , Spearman rank test). При отдельном анализе гистологических подгрупп значимая корреляция между ИНмет и индексом Ki-67 была найдена для астроцитом ( $r = 0,52$ ,  $p < 0,05$ ), олигодендроглиом ( $r = 0,40$ ,  $p < 0,05$ ) и смешанных глиом ( $r = 0,47$ ,  $p < 0,05$ ). При анализе подгрупп глиом в зависимости от степени их анаплазии корреляция установлена только для подгруппы злокачественных глиом ( $r = 0,45$ ,  $p < 0,05$ ). Внутрисубъектное сопоставление обоих биомаркеров установило расхождение между ИНмет и индексом Ki-67 в 22 % глиом (высокий ИН и низкая экспрессия Ki-67 и наоборот), что может быть обусловлено особенностями биологии глиом либо техническими причинами.

ИНмет в глиальных опухолях головного мозга коррелирует с их пролиферативной активностью, что обосновывает использование ПЭТ-Мет для предоперационного суждения о степени злокачественности опухоли. При расхождении данных двух рассматриваемых методов следует опираться на тот показатель, который предполагает более высокую агрессивность опухоли.

**Ключевые слова:** перфузионная компьютерная томография, острый панкреатит, панкреонекроз.

## Abstract

The purpose of the study was to explore the correlation between  $^{11}\text{C}$ -methionine (Met) uptake measured by combined positron emission and computed tomography (PET/CT) in newly diagnosed cerebral gliomas and tumor proliferative activity as measured by Ki-67 labeling index (Ki-67 LI).

The results of PET/CT with  $^{11}\text{C}$ -methionine (PET-Met) of 236 adult patients with pretreated glial brain tumors were included in retrospective analysis. The final diagnosis of glioma according to WHO classification of CNS tumors (2007) was based on both histology and immunohistochemistry using Ki-67 antibodies. On PET-Met tumor-to normal brain uptake ratio (TBR) was calculated by dividing maximum Met uptake in the tumor (hot spot 10 mm in diameter) to activity concentration in the contralateral cortex. The Spearman rank correlation test was used to analyze the relationships between TBR and Ki-67 LI.

PET-Met analysis showed that TBR increases with an increase in the aggressiveness of the glial tumor. The differences of TBR values between gliomas grade II vs III and grade III vs IV were significant ( $p < 0,001$ ). Among grades II-III gliomas Met uptake was significantly higher in oligodendroglial and mixed gliomas than in astrocytomas ( $p < 0,001$ ), but the differences did not depend on Ki-67 LI. Correlation analysis demonstrated significant correlation between Ki-67 LI and TBR values ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,05$ , Spearman rank test). With analyzing glioma subgroups TBR values correlated with Ki-67 LI in diffuse astrocytomas ( $r = 0,52$ ,  $p < 0,05$ ), oligodendrogliomas ( $r = 0,40$ ,  $p < 0,05$ ), oligoastrocytomas ( $r = 0,47$ ,  $p < 0,05$ ) and in high-grade gliomas ( $r = 0,45$ ,  $p < 0,05$ ) but not in low-grade gliomas. Comparison between TBR value and Ki-67 LI in each glioma showed a lack of coincidence in 22 % of cases (high Met uptake but low Ki-67 LI and vice versa). The main reasons for such discrepancies were tumor molecular biology or incorrect biopsy target.

Met uptake in diffuse gliomas correlates with proliferative activity which justifies the use of PET-Met for glioma grading. In case of mismatch between two biomarkers one should rely on the indicator that implies a higher aggressiveness of the glioma.

**Key words:** Positron-Emission Tomography,  $^{11}\text{C}$ -Methionine, Glioma, Brain, Proliferative Index, Ki-67 Labeling Index.

## Актуальность

Глиальные опухоли представляют вторую по частоте встречаемости группу среди всех первичных опухолей головного мозга, но составляют подавляющее большинство среди их злокачественных форм [7].

Их диагностику можно условно разделить на 2 этапа.

I этап — применение неинвазивных методик, среди которых первое место занимает магнитно-резонансная томография (МРТ) с использованием контрастного вещества. МРТ, имеющая высокое пространственное разрешение и превосходную тканевую чувствительность, является методом выбора для обнаружения и дифференциального диагноза опухолей головного мозга, но может быть ограничена в определении гистоструктуры и биологической агрессивности церебральных глиом, оценке их распространенности и гистологической неоднородности. Более углубленное понимание опухоли требует дополнительной информации о патофизиологии опухолевого заболевания. Наряду с МРТ в последние десятилетия важную роль в первичной диагностике церебральных глиом играет позитронно-эмиссионная томография в комбинации с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) с радиотрейсерами класса аминокислот [6]. Большинство глиом характеризуются активацией транспорта и метаболизма аминокислот, что отличает их от нормального вещества

мозга и позволяет визуализировать опухолевый процесс. Наиболее известным радиофармпрепаратом (РФП) из группы аминокислот является  $^{11}\text{C}$ -метионин.

II этап диагностики включает в себя непосредственное исследование образцов опухолевой ткани после хирургического лечения или стереотаксической биопсии с определением гистоструктуры опухоли, степени ее злокачественности с формулировкой окончательного диагноза согласно классификации ВОЗ. В дополнение к стандартной патоморфологической оценке гистоструктуры церебральной опухоли активно применяются дополнительные маркеры, позволяющие уточнить биологическую активность опухолевого поражения и определить его прогноз. Одним из важных компонентов фенотипа опухоли является ее пролиферативная активность. Антигены, экспрессия которых связана с клеточным циклом, ассоциированы с клеточным ядром — структурой, активно участвующей в процессе деления клеток. Наиболее известным из ядерных антигенов является белок Ki-67. Антиген Ki-67 был первоначально определен с помощью моноклонального антитела Ki-67, которое было получено путем иммунизации мышей ядрами клеточной линии лимфомы Ходжкина L428 [2]. Последующее изучение показало, что белок Ki-67 присутствует в ядрах клеток, находящихся во всех активных фазах клеточного цикла, но отсутствует

в клетках в состоянии покоя (G0-период), следовательно, экспрессия белка Ki-67 прямо отражает определенное физиологическое состояние клетки.

Факт экспрессии антигена Ki-67 во всех пролиферирующих клетках сделал этот белок полезным маркером для определения фракции роста данной клеточной популяции. Фракция Ki-67-позитивных клеток, иными словами, индекс мечения этого пролиферативного маркера (индекс Ki-67) часто коррелирует с клиническим течением онкологического заболевания, включая опухоли ЦНС [1].

Считается, что совместное определение патоморфологической картины опухоли и экспрессии Ki-67 дает объективное представление о степени злокачественности глиальной опухоли и прогнозе заболевания. Изучение взаимосвязи между неинвазивным исследованием скорости транспорта аминокислот в церебральных глиомах и их пролиферативной активностью поможет уточнить роль ПЭТ/КТ в формировании предоперационного суждения о биологической агрессивности глиомы.

**Цель:** изучение корреляционной зависимости между скоростью транспорта и метаболизма аминокислот в церебральных глиомах, измеренной при предоперационной ПЭТ/КТ с  $^{11}\text{C}$ -метионином (ПЭТ-Мет), и пролиферативной активностью опухоли по результатам иммуногистохимического исследования (ИГХ) экспрессии антигена Ki-67 в образцах опухоли после хирургического вмешательства.

## Материалы и методы

Ретроспективному анализу подвергнуты результаты ПЭТ-Мет 236 больных (111 мужчин и 125 женщин) в возрасте

от 18 до 75 лет (медиана 40 лет) с глиальными опухолями головного мозга до начала лечения. У всех пациентов диагноз был верифицирован при патогистологическом исследовании операционного материала. Согласно классификации ВОЗ опухолей ЦНС (2007), новообразования подразделялись на астроцитарные глиомы ( $n = 182$ ), среди них диффузная астроцитома Grade II ( $n = 101$ ), анапластическая астроцитома Grade III ( $n = 54$ ) и глиобластома Grade IV ( $n = 22$ ), а также пилоцитарная астроцитома ( $n = 2$ ) и плеоморфная ксантоастроцитома ( $n = 3$ ). У 54 больных диагностированы олигодендроглиальные и смешанные глиомы Grade II ( $n = 23/13$ ) или Grade III ( $n = 12/6$ ). К доброкачественным (Grade I–II) были отнесены 142 глиомы, и 94 опухоли демонстрировали злокачественный фенотип (Grade III–IV).

ПЭТ-исследования выполнены на совмещенном ПЭТ/КТ-сканере компании Philips (Нидерланды), включающем позитронно-эмиссионный томограф GEMINI TF, комбинированный с рентгеновским компьютерным томографом, имеющим 16-срезовую конфигурацию. Сканирование продолжительностью 10 мин начиналось через 10 мин после внутривенного введения 220–370 МБк  $^{11}\text{C}$ -метионина. Радиофармпрепарат L-[метил- $^{11}\text{C}$ ]метионин синтезировали в радиохимической лаборатории нашего института путем метилирования L-гомоцистеинтиолактона с выделением конечного продукта методом твердофазной экстракции. Анализ результатов осуществляли на диагностической рабочей станции томографа и с помощью программного пакета PhilipsIntelliSpace Portal 8,0. Оценка интенсивности захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина базировалась на вычислении индекса накопления (ИН-

мет), который рассчитывали путем деления накопленной активности РФП в опухоли на величину активности в референтном участке, который располагали в контралатеральной коре головного мозга.

Все больные после комплексного обследования подверглись стереотаксической биопсии опухоли или хирургической резекции. Биоптаты фиксировали 10 %-ным нейтральным формалином, обезвоживали стандартным способом и заливали в парафин, гистологические срезы окрашивали гематоксилином и эозином. Исследование пролиферативной активности проводилось иммуногистохимическим (ИГХ) методом с использованием моноклональных антител к антигену Ki-67, системы визуализации EnVision (Dako). Положительная ИГХ-реакция проявлялась в виде коричневого ядерного окрашивания, оценка результата реакции проводилась путем подсчета количества окрашенных ядер (%) на 100 клеток в 10 полях зрения в каждом случае, с последующим формулированием патогистологического заключения.

Статистический анализ включал описательную статистику для всех переменных: вычисление групповых средних значений, стандартного отклонения, медианы, 95 %-ных доверительных интервалов среднего и крайних величин разброса данных.

Критерий Шапиро — Уилка показал отличия распределений биомаркеров от нормального, поэтому для анализа данных были выбраны непараметрические критерии. Для оценки значимости различий количественных показателей между подгруппами был использован критерий Манна — Уитни (Mann — Whitney U test). Для поиска корреля-

ции между двумя количественными переменными использован коэффициент корреляции Спирмена (Spearman rank test). Уровень  $p < 0,05$  рассматривался как значимый.

Кроме статистического анализа мы сопоставили результаты ПЭТ/КТ и ИГХ у каждого пациента на предмет соответствия между ПЭТ-синдромом предполагаемой гистоструктуры (степени злокачественности) глиомы и ее пролиферативной активностью с учетом патоморфологического диагноза. Результат рассматривали как совпадающий в случае соответствия ИНмет верифицированной гистоструктуре глиомы и индексу Ki-67. При индексе пролиферации менее 7 % совпадающее значение ИНмет для астроцитарных опухолей не должно было превышать 1,9.

С учетом более высокого захвата  $^{14}\text{C}$ -метионина в олигодендроглиомах для них пороговое значение ИНмет было увеличено до 2,6. При индексе Ki-67 выше 7 %, типичном для высокой степени анаплазии, для совпадений были приняты значения ИНмет  $\geq 1,9$ . При индексе Ki-67, равном 7 % (в единичных случаях до 10 %), ориентиром было соответствие величины ИНмет гистологической степени анаплазии глиомы.

При отсутствии соответствия между ИНмет и индексом Ki-67 результаты относили к расхождению между биомаркерами. Расхождения могли быть двух типов: высокий ИНмет в глиоме, характерный для злокачественного процесса, и низкая пролиферативная активность или низкий ИНмет и высокий индекс Ki-67.

## Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы были уточнены основные характеристики накопления

<sup>11</sup>C-метионина в глиальных опухолях разной структуры, которые суммированы в таблице.

При рассмотрении глиом, согласно степени их злокачественности, установлено, что в глиомах Grade II ИНмет составил  $1,69 \pm 0,64$  (среднее и стандартное отклонение), в глиомах Grade III —  $2,43 \pm 1,07$  и достигал  $3,52 \pm 1,06$  в глиобластомах. Анализ пролиферативной активности в доброкачественных и злокачественных глиомах подтвердил высокую экспрессию антигена Ki-67 в злокачественных глиомах (среднее значение и его стандартное отклонение составили  $14 \pm 9 \%$ , медиана  $10 \%$ ) по сравнению с доброкачественными опухолями (среднее значение и стандартное отклонение составили  $5 \pm 2 \%$ , медиана  $5 \%$ ). Различия ИНмет между глиомами Grade II-III были значимы ( $p < 0,00001$ ), равно так и между опухолями Grade III-IV ( $p < 0,0001$ ). ИНмет был значимо выше в олигодендроглиальных глиомах по сравнению с диффузными астроцитомами ( $p < 0,001$ ), смешанные глиомы занимали промежуточное положение (рис. 1, а, б). Различия между гистологическими подгруппами глиом

сохранялись и при анализе опухолей только низкой степени злокачественности ( $p = 0,0002$ ). В глиомах III степени злокачественности более высокий захват РФП также наблюдался в анапластических олигодендроглиомах ( $p = 0,004$ ). Значимых различий индекса Ki-67 между астроцитарными и олигодендроглиальными опухолями не установлено как по всей выборке ( $p = 0,3$ ), так и при отдельном анализе доброкачественных и злокачественных глиом ( $p > 0,1$ ).

При анализе корреляции между ИНмет и экспрессией Ki-67 установлено, что интенсивность транспорта и метаболизма аминокислот в глиальных опухолях возрастает параллельно с увеличением их пролиферативной активности, что документируется значимой корреляцией между индексом пролиферации и ИНмет ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,05$ ). При отдельном анализе гистологических подгрупп значимая корреляция между ИНмет и индексом Ki-67 была найдена для всех видов глиом (рис. 2, а – в). Интенсивность захвата <sup>11</sup>C-метионина коррелировала с пролиферативной активностью в астроцитарных глиомах ( $r = 0,52$ ,  $p < 0,05$ ), в олигоастроцитомах

### Индекс накопления <sup>11</sup>C-метионина в гистологических подгруппах глиом

Вид глиомы	Grade	Статистический показатель			
		Среднее и ст. откл. ( $M \pm \sigma$ )	95 %-ный ДИ среднего	Медиана ( $M_c$ )	Разброс
Астроцитарные опухоли	I-II (n = 106)	$1,59 \pm 0,56$	1,48–1,70	1,52	0,7–3,36
	III-IV (n = 76)	$2,60 \pm 1,17$	2,33–2,87	2,36	1,0–6,30
Олигодендроглиальные опухоли	II (n = 23)	$2,22 \pm 0,81$	1,85–2,59	2,20	1,0–4,70
	III (n = 12)	$3,00 \pm 1,09$	2,33–3,66	2,82	1,71–5,10
Смешанные глиомы	II (n = 13)	$1,67 \pm 0,63$	1,30–2,02	1,46	1,0–2,90
	III (n = 6)	$2,80 \pm 0,92$	1,66–3,77	2,37	1,80–4,50

Примечание: ДИ – доверительный интервал, стандартное отклонение.

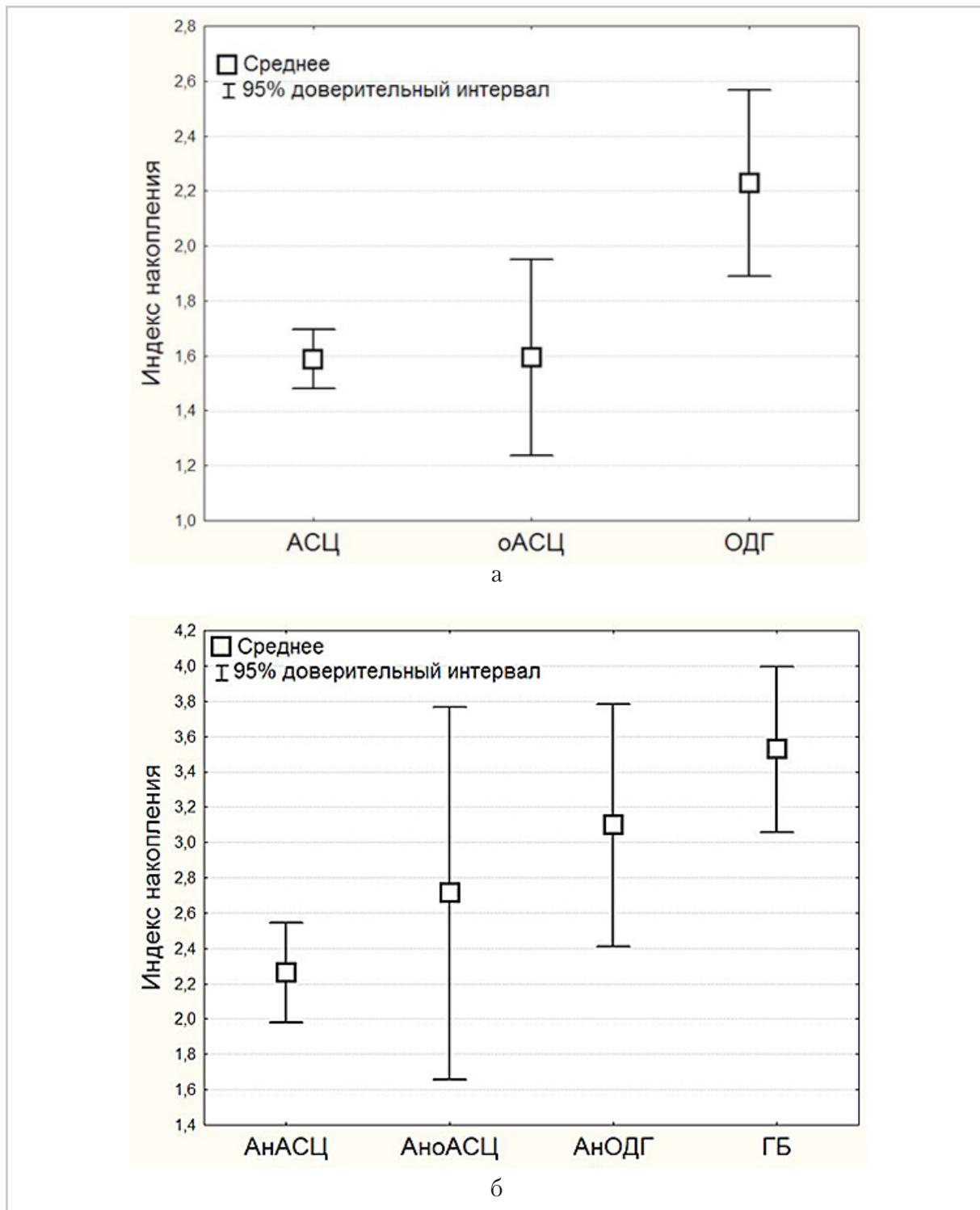


Рис. 1. Индекс накопления <sup>11</sup>С-метионина (среднее и 95 %-ный доверительный интервал среднего) в доброкачественных (а) и злокачественных глиомах (б), где АСЦ – астроцитарные опухоли; ОДГ – олигодендроглиальные опухоли; оАСЦ – смешанные глиомы (олигоастроцитомы); АнаСЦ – анапластические астроцитомы; АноАСЦ – анапластические олигоастроцитомы; АноДГ – анапластические олигодендроглиомы; ГБ – глиобластомы

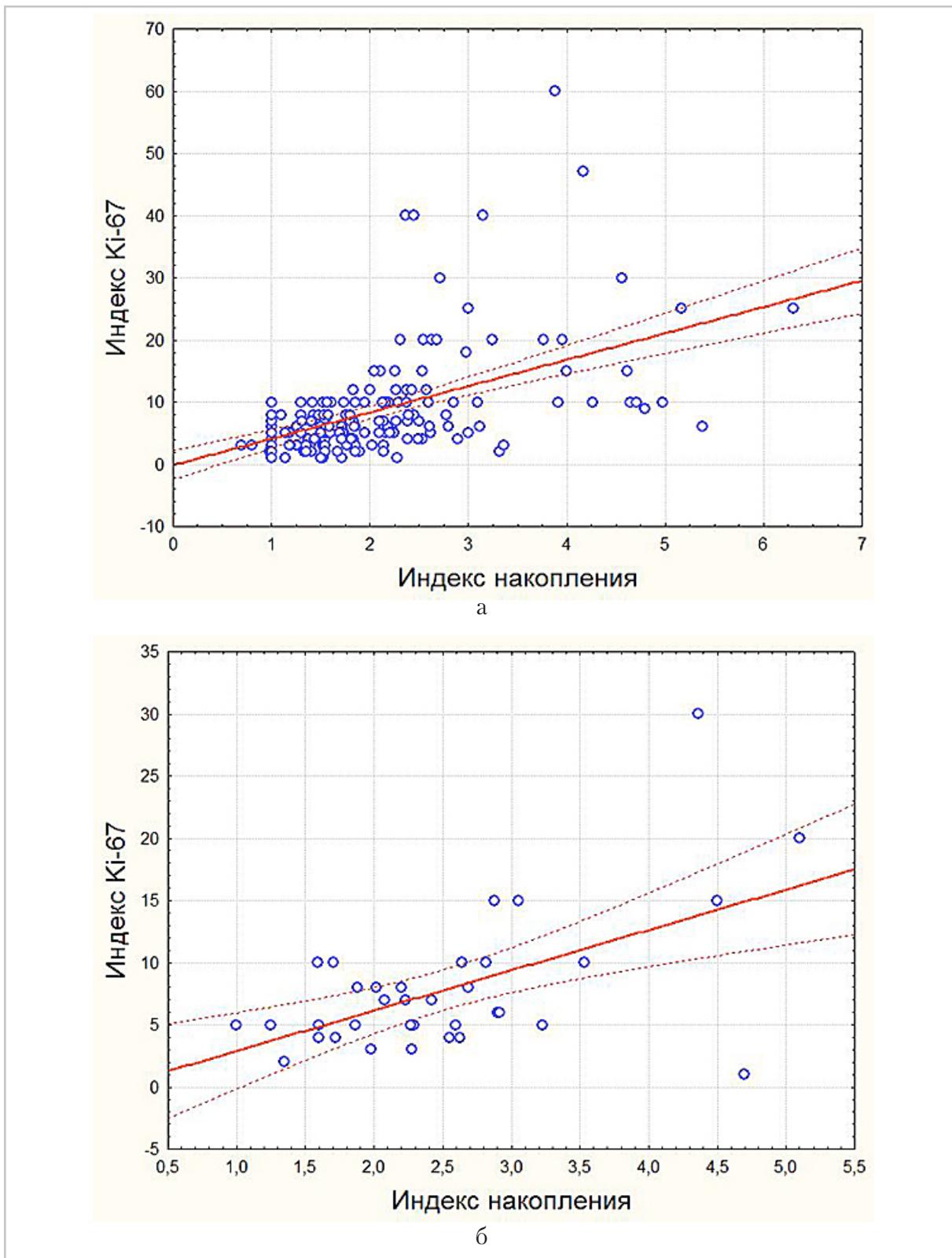


Рис. 2. Графики зависимости между индексом накопления  $^{11}\text{C}$ -метионина и индексом Ki-67 в астроцитарных (а) и олигодендроглиальных (б) опухолях (продолжение)

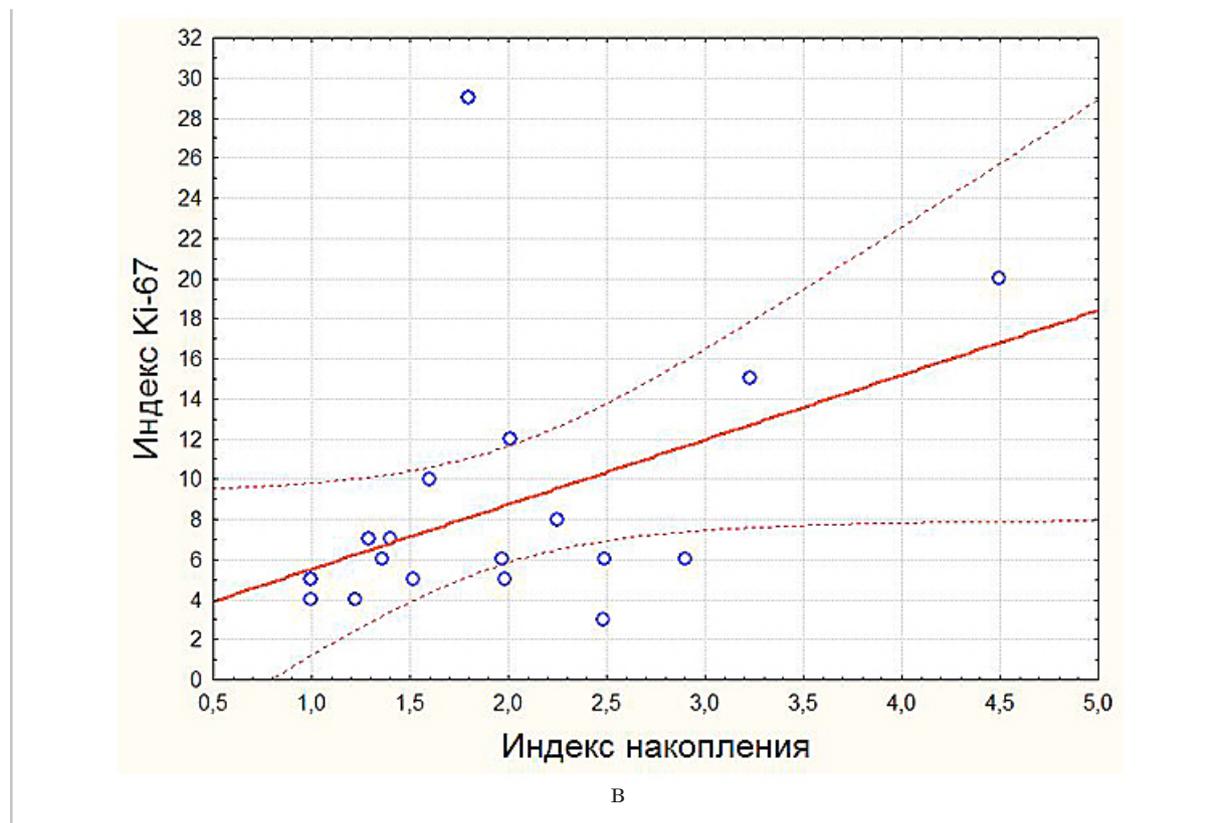


Рис. 2. Графики зависимости между индексом накопления  $^{11}\text{C}$ -метионина и индексом Ki-67 в смешанных опухолях (*в*) (окончание)

( $r = 0,47$ ,  $p < 0,05$ ), чуть ниже этот показатель был для олигодендроглиальных опухолей ( $r = 0,40$ ,  $p < 0,05$ ). При анализе подгрупп глиом в зависимости от степени их анаплазии слабая значимая корреляция между ИНмет и индексом Ki-67 установлена только для подгруппы злокачественных глиом ( $r = 0,45$ ,  $p < 0,0001$ ). Внутри подгруппы доброкачественных глиом зависимость между биомаркерами не обнаружена ( $r = 0,10$ ,  $p = 0,23$ ), что было справедливым также при внутригрупповом анализе астроцитом, олигодендроглиом или олигоастроцитом низкой степени злокачественности.

Внутрисубъектное сопоставление ИНмет в глиоме и экспрессии ядерного антигена Ki-67 в образцах опухоли показало, что у большинства больных

(78 %) суждение об агрессивности глиомы по каждому из ее маркеров совпало (рис. 3, 4).

Однако в 22 % ( $n = 52$ ) наблюдений имелось существенное расхождение между двумя биомаркерами. В 29 наблюдениях высокий ИН  $^{11}\text{C}$ -метионина был характерен для злокачественной глиомы, однако ИГХ установила низкую пролиферативную активность опухоли (рис. 5). В 23 наблюдениях, наоборот, низкое значение ИНмет не соответствовало высокой экспрессии Ki-67 и отнесению глиомы к III степени злокачественности (рис. 6).

В нашей выборке не найдено расхождений между изучаемыми показателями при рассмотрении глиобластом, но их общее количество было небольшое ( $n = 22$ ).

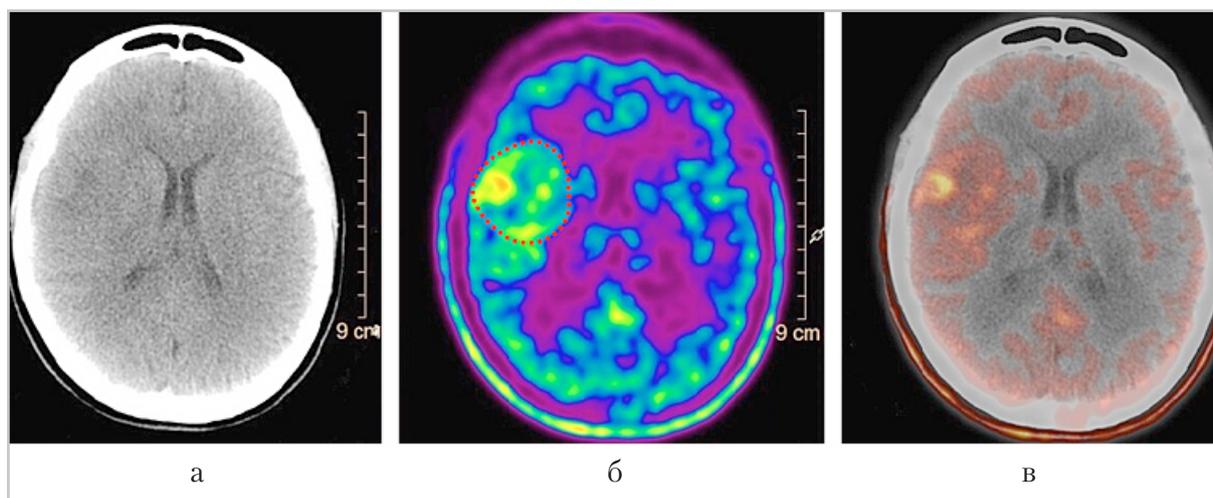


Рис. 3. КТ-, ПЭТ- и совмещенные ПЭТ/КТ-изображения (*а – в*) головного мозга в аксиальной проекции пациента 34 лет с диффузной астроцитомой Grade II, индекс Ki-67 5–7 %. В правой лобной доле и островке намечается очаг неоднородной гиперфиксации  $^{11}\text{C}$ -метионина, ИН = 1,55 (*б, контур*), совпадающий с очагом измененной плотности вещества мозга (*а, в*) и соответствующий представлению о доброкачественной глиоме

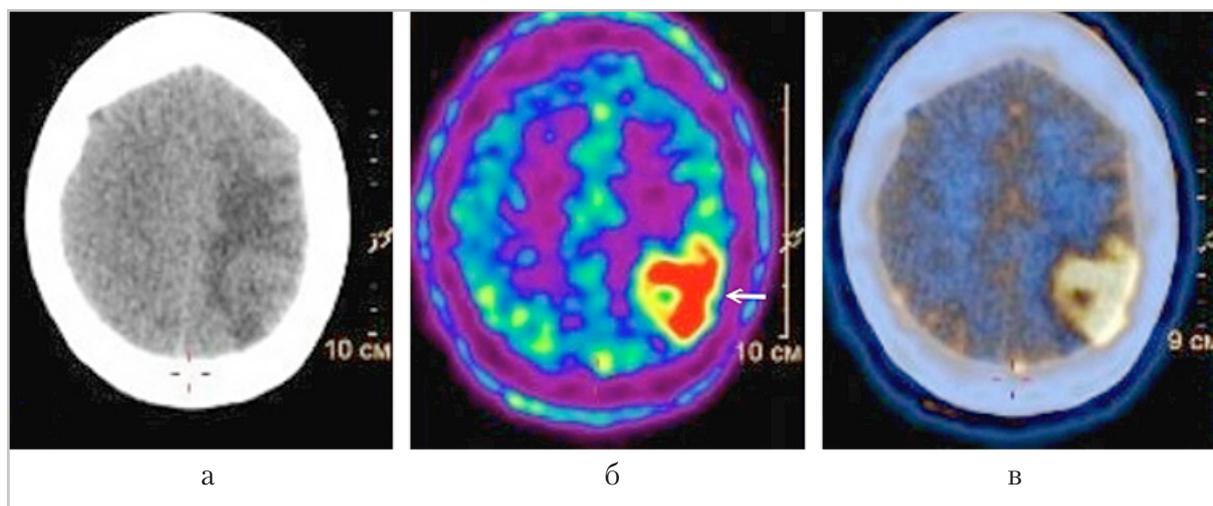


Рис. 4. КТ-, ПЭТ- и совмещенные ПЭТ/КТ-изображения (*а – в*) головного мозга в аксиальной проекции пациента 46 лет с глиобластомой Grade IV, индекс Ki-67 20–25 %. В левой теменной доле визуализируется очаг гиперфиксации  $^{11}\text{C}$ -метионина, ИН = 3,0 (*б, стрелка*), совпадающий с очаговым изоденсным образованием, окруженным зоной отека на компьютерной томограмме (*а, в*) и соответствующий представлению о злокачественной глиоме

### Обсуждение

Патогистологическое исследование остается «золотым стандартом» установления гистоструктуры глиомы и степе-

ни ее анаплазии. Активное внедрение в рутинную диагностику ИГХ-методов с определением маркеров пролиферации помогает сформировать окончатель-

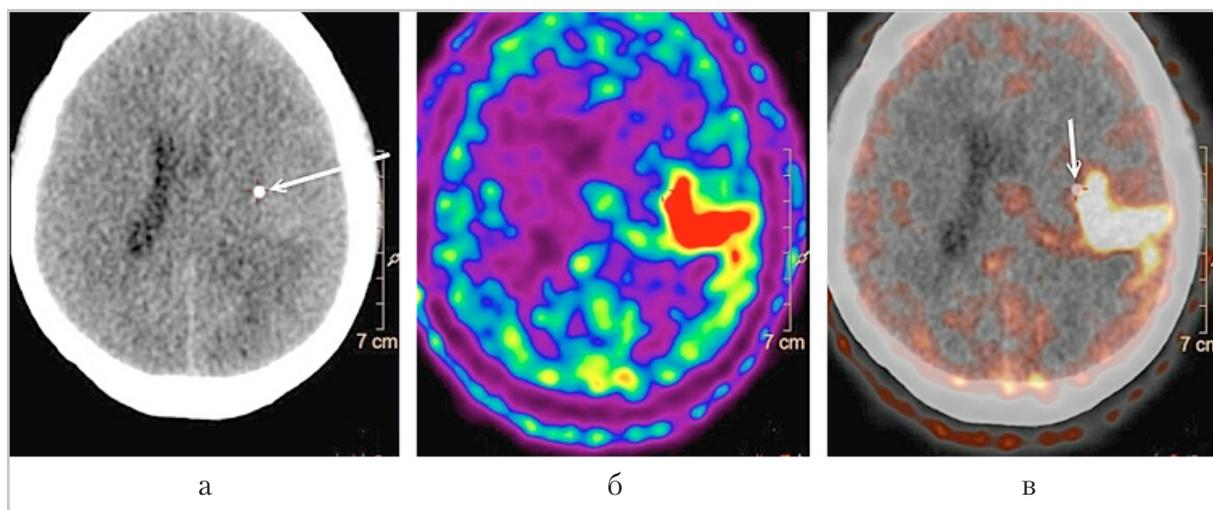


Рис. 5. КТ-, ПЭТ- и совмещенные ПЭТ/КТ-изображения (*а – в*) головного мозга в аксиальной проекции пациента 37 лет с астроцитомой Grade II, индекс Ki-67 1-3%. На компьютерной томограмме визуализируется метка, маркирующая место взятия биопсии (*а, стрелка*). При совмещении компьютерной и ПЭ-томограмм (*в, стрелка*) видно краевое положение метки относительно очага высокого накопления  $^{11}\text{C}$ -метионина (ИН = 2,8, до биопсии 1,92) (*б*), соответствующего злокачественной глиоме. Безрецидивный период составил 4 мес

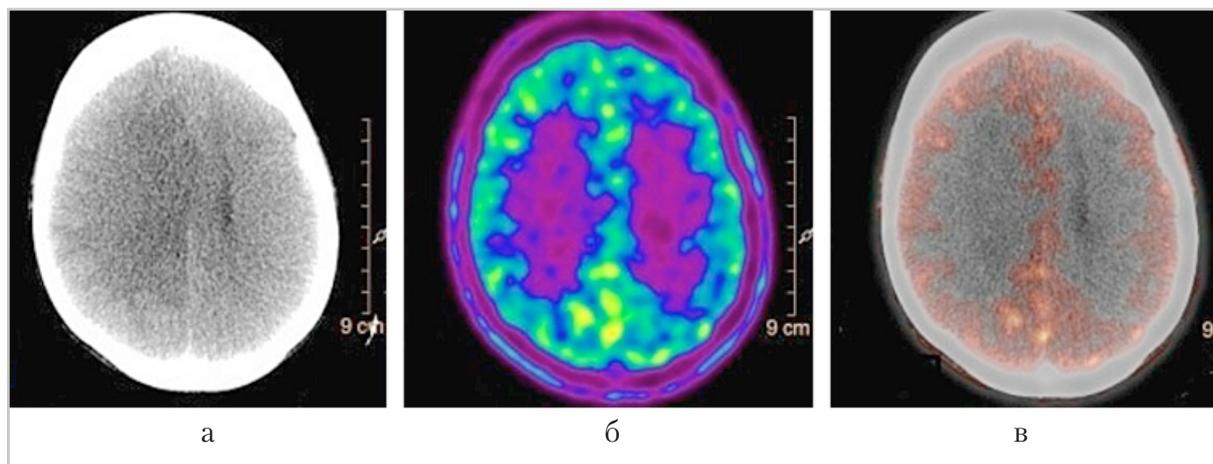


Рис. 6. КТ- (*а*), ПЭТ- (*б*) и совмещенные ПЭТ/КТ-изображения (*а – в*) головного мозга в аксиальной проекции пациента 37 лет с анапластической астроцитомой Grade III, индекс Ki-67 10 %. На компьютерной томограмме определяется зона пониженной плотности в правой лобной доле, вызывающая сдавление правого бокового желудочка (*а*). Захват  $^{11}\text{C}$ -метионина в структурах мозга не изменен (ИН = 1,0), опухоль не визуализируется (*б, в*). Пациент жив 44 мес без рецидива

ный диагноз, оценить прогноз болезни и обосновать план лечения. Однако глиомы относятся к опухолям со значи-

тельной неоднородностью структуры и даже степени анаплазии внутри одного поражения. Частое использование сте-

реотаксической биопсии для верификации диагноза и определенные ограничения при резекции опухоли ведут к возможным погрешностям в выборе участка опухоли для анализа, малому количеству операционного материала для исследования, что может привести к ошибочным заключениям о гистоструктуре глиомы и ее агрессивности. По этой причине представление о согласованности неинвазивных маркеров глиомы и ИГХ-показателей имеет важное практическое значение. Проведенный анализ подтвердил хорошо известную зависимость между интенсивностью захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина в диффузных глиомах и степенью их злокачественности, а также более высокую фиксацию РФП в олигодендроглиомах по сравнению с астроцитарными глиомами. При анализе зависимости между скоростью транспорта аминокислот в глиомах, измеренной при ПЭТ-Мет, и их пролиферативной активностью установлена значимая корреляция между индексом Ki-67 и ИНмет. Полученный результат согласуется с зарубежными публикациями, в которых установлена значимая корреляционная зависимость между изучаемыми биомаркерами примерно той же силы ( $r = 0,43-0,49$ ) [9, 10]. Наличие значимой корреляции между экспрессией Ki-67 и интенсивностью захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина в глиоме обосновывает использование ПЭТ/КТ с этим РФП в качестве неинвазивного маркера темпа роста опухоли. При отдельном анализе глиом Grade I-II зависимости между индексом пролиферации и интенсивностью захвата аминокислоты не установлено. Иными словами, и при негативном уровне захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина в доброкачественной глиоме, и при его повышенном накоплении индекс Ki-67, как правило, был на

уровне менее 5 %. Тем не менее ранее в исследовании T. Kato et al. (2008) была найдена значимая корреляция между ИНмет и индексом пролиферации для однородной выборки из 21 доброкачественной астроцитомы, что, по мнению авторов, может отражать склонность доброкачественных астроцитов с повышенным захватом  $^{11}\text{C}$ -метионина к более агрессивному поведению, но это гипотеза не была подкреплена анализом течения заболевания [4]. Полученные в настоящем исследовании результаты показали, что оба биомаркера изменяются в глиальных опухолях в одном направлении и интенсивность транспорта аминокислот в глиомах возрастает параллельно с увеличением индекса пролиферации. Это наблюдение было справедливым как для астроцитарных, так и для олигодендроглиальных опухолей. Кроме того, на основании анализа захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина и пролиферативной активности в группах астроцитарных и олигодендроглиальных опухолей установлено, что более высокий захват  $^{11}\text{C}$ -метионина в олигодендроглиомах по сравнению с астроцитомами не зависит от пролиферативной активности опухолей.

Надо подчеркнуть, что, в отличие от другого радиотрейсера — 3-деокси-3-[ $^{18}\text{F}$ ]фтортимидина (ФЛТ), являющегося аналогом нуклеозида тимидина и накопление которого сильно коррелирует с индексом пролиферации, ускоренное деление клеток не является механизмом повышенного захвата  $^{11}\text{C}$ -метионина в опухоли. Для РФП класса аминокислот основным механизмом их гиперфиксации является ускоренный транспорт в клетки опухоли, при этом основными факторами, которые обеспечивают реализацию

этого механизма, считаются плотность микрососудов и плотность клеток опухоли [5, 8]. В глиомах эти важные биологические факторы взаимосвязаны, их выраженность возрастает параллельно с увеличением темпов опухолевого роста, что позволяет рассматривать ИНмет в качестве суррогатного маркера агрессивности глиомы. Дополнительным аргументом в пользу этого вывода является значимая корреляция ( $r = 0,56$ ), обнаруженная между захватом  $^{11}\text{C}$ -метионина и ФЛТ — ПЭТ-маркера скорости пролиферации в глиальных опухолях [3].

Внутрисубъектное сопоставление результатов ПЭТ/КТ и ИГХ показало согласованность между обоими биомаркерами у 78 % больных. Однако у 22 % опухолей представление об агрессивности по результату ПЭТ-Мет различалось с верифицированным гистологическим диагнозом. Высокий захват  $^{11}\text{C}$ -метионина в глиоме не вполне соответствовал ее низкой пролиферативной активности или, наоборот, низкий ИН не коррелировал с повышенным индексом Ki-67. В основе расхождений могут лежать как особенности биологии глиальной опухоли, включая их выраженную гистологическую неоднородность, так и технические причины выполнения биопсии опухоли и анализа опухолевых образцов. Хорошо известны биологические отличия олигодендроглиом, которые часто характеризуются более высоким ИНмет по сравнению с астроцитарными глиомами. Именно с учетом этих особенностей пороговое значение ИНмет для анализа совпадений в олигодендроглиомах было установлено выше, чем для астроцитарных глиом. Анализ подтвердил, что более высокий захват  $^{11}\text{C}$ -метионина в олигодендроглиомах

по сравнению с астроцитомами не связан с пролиферативной активностью опухолей. Отклонения от типичного паттерна накопления  $^{11}\text{C}$ -метионина также могут быть связаны с некоторыми гистологическими подтипами глиом, такими, как пилоцитарная астроцитома, плеоморфная ксантоастроцитома. В ряде случаев очевидных причин для рассогласования двух биомаркеров не наблюдалось, что может быть отражением сложной и неоднородной молекулярной биологии неопластического процесса и разной биологической основы сравниваемых показателей. К техническим причинам можно отнести взятие материала из краевой зоны опухоли, субоптимальный выбор мишени для биопсии в структуре опухоли, малое количество материала для анализа при стереотаксической биопсии, что может привести к недооценке пролиферативной активности глиомы.

### **Заключение**

Оба изученных биомаркера изменяются в глиальных опухолях в одном направлении, и интенсивность транспорта аминокислот в глиомах возрастает параллельно с увеличением индекса пролиферации, что справедливо как для астроцитарных, так и для олигодендроглиальных опухолей. Значимая корреляция между ИНмет и экспрессией Ki-67 обосновывает использование метаболического индекса в качестве суррогатного маркера скорости роста опухоли и ее биологической агрессивности. Расхождения между ПЭТ и ИГХ, установленные в 22 % глиом, могут быть вызваны как объективными различиями природы показателей, так и техническими причинами и требуют индивидуального анализа.

## Список литературы/ References

1. *Chen W.J., He D.S., Tang R.H., Ren F.H.* Ki-67 is a valuable prognostic factor in gliomas: evidence from a systematic review and meta-analysis. *Asian Pacific J. of Cancer Prevention*. 2015. V. 16. No. 2. P. 411–420.
2. *Gerdes J., Schwab U., Lemke H., Stein H.* Production of a mouse monoclonal antibody reactive with a human nuclear antigen associated with cell proliferation. *Int. J. Cancer*. 1983. V. 31. No. 1. P. 13–20.
3. *Hatakeyama T., Kawai N., Nishiyama Y. et al.* <sup>11</sup>C-methionine (MET) and <sup>18</sup>F-fluorothymidine (FLT) PET in patients with newly diagnosed glioma. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2008. V. 35. No. 11. P. 2009–2017.
4. *Kato T., Shinoda J., Oka N. et al.* Analysis of <sup>11</sup>C-methionine uptake in low-grade gliomas and correlation with proliferative activity. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2008. V. 29. No. 10. P. 1867–1871.
5. *Langen K.J., Stoffels G., Filss K. et al.* Imaging of amino acid transport in brain tumours: Positron emission tomography with O-(2-[<sup>18</sup>F]fluoroethyl)-L-tyrosine (FET). *Methods*. 2017. V. 130. P. 124–134.
6. *Law I., Albert N. I., Arbizu J. et al.* Joint EANM/EANO/RANO practice guidelines/SNMMI procedure standards for imaging of gliomas using PET with radio-labelled amino acids and <sup>18</sup>F-FDG: version 1.0. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2019. V. 46. No 3. P. 540–557.
7. *Ostrom Q.T., Patil N., Cioffi G. et al.* CBTRUS statistical report: primary brain and central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2013–2017. *Neuro-Oncol.* 2020. V. 22 (Suppl. 5). P. 1–96. DOI: 10.1093/neuonc/noaa200
8. *Roodakker K.R., Alhuseinalkhudhur A., Al-Jaff M. et al.* Region-by-region analysis of PET, MRI, and histology in en bloc-resected oligodendrogliomas reveals intra-tumoral heterogeneity. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2019. V. 46. No 3. P. 569–579.
9. *Sato N., Suzuki M., Kuwata N. et al.* Evaluation of the malignancy of glioma using <sup>11</sup>C-methionine positron emission tomography and proliferating cell nuclear antigen staining. *Neurosurg. Rev.* 1999. V. 22. No. 4. P. 210–214.
10. *Tanaka K., Yamamoto Y., Maeda Y. et al.* Correlation of 4-[methyl-<sup>11</sup>C]thiothymidine uptake with Ki-67 immunohistochemistry and tumor grade in patients with newly diagnosed gliomas in comparison with <sup>11</sup>C-methionine uptake. *Ann. Nucl. Med.* 2016. V. 30. No. 2. P. 89–96.

## Сведения об авторах

**Скворцова Татьяна Юрьевна**, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейровизуализации ИМЧ РАН, доцент образовательного и научно-клинического центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» СПбГУ. Адрес: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9. Тел.: +7 (921) 582-45-47. Электронная почта: tanya@ihb.spb.ru ORCID.org/0000-0003-0598-7576

**Skvortsova Tatiana Yurievna**, Ph. D. Med., Senior Researcher of the Neuroimaging Laboratory, IHB RAS, Associate Professor, Clinical Research and Education Center «Radiation Diagnostics and Nuclear Medicine», St. Petersburg State University. Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russia. Phone number: +7 (921) 582-45-47. E-mail: tanya@ihb.spb.ru ORCID.org/0000-0003-0598-7576

**Савинцева Жанна Игоревна**, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории нейровизуализации ИМЧ РАН. Адрес: 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9. Тел.: +7 (812) 670-76-75. E-mail: jeanna.mri@ihb.spb.ru; ORCID.org/0000-0001-9306-2101

**Savintceva Zhanna Igorevna**, Ph. D. Med., Researcher of the Neuroimaging Laboratory, IHB RAS.  
Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russian Federation.  
Phone number: +7 (812) 670-76-75. E-mail: jeanna.mri@ihb.spb.ru

**Захс Дмитрий Владимирович**, заведующий кабинетом ПЭТ/КТ отделения лучевой диагностики клиники ИМЧ РАН.  
197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9.  
Тел.: +7 (812) 670-76-75. E-mail: zakhs@ihb.spb.ru  
ORCID.org/0000-0002-5420-1145

**Zakhs Dmitriy Vladimirovich**, Head of the Nuclear Medicine Department, IHB RAS.  
Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russia.  
Phone number: +7(812) 670-76-75, E-mail: zakhs@ihb.spb.ru

**Гурчин Александр Феликсович**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории нейровизуализации ИМЧ РАН.  
197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9.  
Тел.: +7 (812) 670-76-75. E-mail: gurchin@ihb.spb.ru  
ORCID.org/0000-0002-3843-7967

**Gurchin Aleksandr Feliksovich**, Ph. D. Med., Senior Researcher of the Neuroimaging Laboratory, IHB RAS.  
Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russia.  
Phone number: +7 (812) 670-76-75. E-mail: gurchin@ihb.spb.ru

**Холявин Андрей Иванович**, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией стереотаксических методов ИМЧ РАН.  
197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 9.  
Тел.: 8 (812) 670-76-75. E-mail: kholyavin@ihb.spb.ru  
ORCID.org/0000-0003-1934-5458

**Kholyavin Andrey Ivanovich**, M. D. Med., Chief of the Laboratory of Stereotactic Methods, IHB RAS.  
Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russia.  
Phone number: +7 (812) 670-76-75. E-mail: kholyavin@ihb.spb.ru

**Забродская Юлия Михайловна**, доктор медицинских наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией патоморфологии нервной системы РНХИ им. проф. А. Л. Поленова, филиал НМИЦ им. В. А. Алмазова.  
191014, Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12.  
Тел.: +7 (812) 273-91-33. E-mail: zabrjulia@yandex.ru

**Zabrodskaya Yuliya Mihaylovna**, M. D. Med., Chief of the Research Laboratory of CNS Pathomorphology, Polenov Neurosurgical Research Institute, branch of «V. A. Almazov National Medical Research Centre», Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 12, ul. Mayakovskogo, St. Petersburg, 191014, Russia.  
Phone number: +7 (812) 273-91-33. E-mail: zabrjulia@yandex.ru

**Трофимова Татьяна Николаевна**, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории нейровизуализации ИМЧ РАН, директор образовательного и научно-клинического центра «Лучевая диагностика и ядерная медицина» СПбГУ.  
197376, Санкт-Петербург, Академика Павлова, д. 9.  
Тел.: +7 (812) 670-76-75. E-mail: Trofimova-TN@avaclinic.ru  
ORCID.org/0000-4871-2341

**Trofimova Tatiana Nikolaevna**, M. D. Med. Professor, Chief Researcher of the Neuroimaging Laboratory, IHB RAS; Director of the Clinical Research and Education Center «Radiation diagnostics and nuclear medicine» St. Petersburg State University.  
Address: 9, ul. Academica Pavlova, St. Petersburg, 197376, Russia.  
Phone number: +7 (812) 670-76-75. E-mail: trofimova-tn@avaclinic.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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-49-56>

# Специфичность мультисрезовой компьютерной томографии в диагностике асептического некроза головки бедренной кости

Д. П. Ремпель\*,<sup>1</sup>, А. В. Брюханов<sup>2</sup>, Д. А. Джухаев<sup>3</sup>, С.Д. Романюк<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Центр диагностики», г. Барнаул

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет»  
Минздрава России, г. Барнаул

<sup>3</sup> ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования»  
Минздрава России, г. Барнаул

## Specificity of Multispiral Computed Tomography in the Diagnosis of Avascular Necrosis of the Femoral Head

D. P. Rempel\*,<sup>1</sup>, A. V. Bryukhanov<sup>2</sup>, D. A. Dzhukhaev<sup>3</sup>, S. D. Romanyuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Diagnostic center», Barnaul

<sup>2</sup> Altai State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia, Barnaul

<sup>3</sup> Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Ministry of Healthcare of Russia, Barnaul

### Реферат

В течение 6 лет было обследовано 350 пациентов с клинически и рентгенологически диагностированным асептическим некрозом головки бедренной кости на разных стадиях. Комплексное лучевое обследование включало в себя рентгенографию и мультисрезовую компьютерную томографию (МСКТ) тазобедренных суставов с целью диагностики ранней стадии асептического некроза. По итогам обследования у 121 пациента были диагностированы ранние стадии асептического некроза головки бедренной кости, 99 пациентам проведена реваскуляризирующая остеоперфорация, 22 пациентам проведена пластика очага некроза остеозамещающим биорезорбируемым материалом.

**Ключевые слова:** асептический некроз головки бедренной кости, рентгенография, мультисрезовая компьютерная томография, реваскуляризирующая остеоперфорация, остеозамещающий биорезорбируемый материал.

---

\* Ремпель Дарья Петровна, врач-рентгенолог, ООО «Центр диагностики» г. Барнаул.  
Адрес: 656050, г. Барнаул, ул. Малахова, д. 53.  
Тел.: +7 (906) 196-13-24. Электронная почта: Rempel1985@gmail.com  
ORCID.org /0000-0002-8215-8164

Rempel' Dar'ya Petrovna, Radiologist, ООО «Diagnostic Center», Barnaul.  
Address: 53, ul. Malakhova, Barnaul, 656050, Russia.  
Phone number: +7 (906) 196- 13- 24. E-mail: Rempel1985@gmail.com  
ORCID.org /0000-0002-8215-8164

## Abstract

In the span of 6 years 350 patients that were clinically and radiologically diagnosed with avascular necrosis of the femoral head, at different stages, were examined. Patients were examined using comprehensive radiation examination including radiography and multispiral computed tomography (MSCT) of the hip joints, with the aim to diagnosis avascular necrosis of the femoral head at an earlier stage. According to the results of the examination, 121 patients were diagnosed with an earlier stage of avascular necrosis of the femoral head, on 99 patients was performed core decompression via drilling, 22 patients underwent a joint preservation procedure with the removal of the necrosis tissue following with a bone-graft using bone-substituting bioresorbable material.

**Key words:** Avascular Necrosis of the Femoral Head, Radiography, Multispiral Computed Tomography, Core Decompression Via Drilling, Bone-substituting Bioresorbable Material.

## Актуальность

Одним из резервов снижения инвалидности и улучшения качества жизни пациентов, страдающих патологией тазобедренных суставов, является разработка и внедрение в практику информативных методов ранней диагностики и надежных методов оперативного лечения [7, 8, 10]. Наиболее актуальной проблемой восстановительной хирургии опорно-двигательного аппарата является восстановление безболезненной подвижности суставов и опорной функции конечности. Асептический некроз головки бедренной кости представляет серьезную проблему клинической ортопедии вследствие широкой распространенности, большого процента нарушений функции нижней конечности и стойкой утраты трудоспособности [2, 3, 6]. В последние годы отмечается тенденция к увеличению частоты асептического некроза головки бедренной кости, что связано как с истинным возрастанием случаев этой патологии, так и с улучшением ее диагностики. Для получения стойкого положительного эффекта от хирургического лечения необходима ранняя диагностика заболевания тазобедренного сустава, которая на начальных стадиях развития патологического

процесса в суставе затруднена в связи с отсутствием четкой клинической симптоматики [4, 5]. Наряду с частым применением эндопротезирования тазобедренных суставов получила свое место и малоинвазивная методика лечения асептического некроза головки бедренной кости на ранних стадиях специальным остеозамещающим материалом.

**Цель:** оценить специфичность мультисрезовой компьютерной томографии в диагностике асептического некроза головки бедренной кости для определения тактики оперативного лечения.

## Материалы и методы

С 2013 по 2018 г. было обследовано 350 пациентов с клинически и рентгенологически диагностированным асептическим некрозом головки бедренной кости на разных стадиях. Возраст пациентов — от 30 до 77 лет. Длительность заболевания составляла от нескольких недель до нескольких месяцев. Мужчин было 72 %, женщин — 28 %. Всем пациентам проводилось комплексное лучевое обследование, включающее в себя рентгенографию и МСКТ тазобедренных суставов с целью диагностики ранней стадии асептического некроза. По ито-

гам комплексного лучевого обследования была выполнена 121 малоинвазивная операция. В 99 случаях пациентам с 1-й стадией асептического некроза была выполнена реваскуляризирующая остеоперфорация. В 22 случаях пациентам со 2-й стадией асептического некроза головки бедренной кости была выполнена пластика очага некроза остеозамещающим биорезорбируемым материалом или аллокостью. Пациенты были прооперированы в течение месяца со дня проведения МСКТ тазобедренных суставов.

Цифровая рентгенография проводилась на аппарате Iconos R-200 (Siemens, Германия). МСКТ проводилась на компьютерном томографе General Electric Light Speed VCT-64 (США).

### Результаты и их обсуждение

Из общего числа обследованных у 99 пациентов была диагностирована 1-я стадия асептического некроза головки бедренной кости, у 22 пациентов — 2-я стадия. Данные пациенты поступили в ФГБУ «ФЦТОЭ» Минздрава России (Барнаул) для оперативного лечения тазобедренного сустава. Клинические проявления: болевой синдром различной интенсивности в тазобедренном суставе во всех случаях наблюдений. Продолжительность болевого синдрома составляла от 6 до 12 мес. В период обострения пациенты принимали нестероидные противовоспалительные препараты, купирующие боль.

В результате комплексного лучевого обследования было выделено 2 группы пациентов.

Первая группа составила 99 пациентов с 1-й стадией асептического некроза головки бедренной кости. На полученных рентгенограммах деформации голо-

вок бедренных костей не определялось, контуры костей ровные и четкие, в субхондральном отделе одной из головок бедренных костей визуализировались участок разрежения либо кистовидные просветления (рис. 1).

На полученных компьютерных томограммах тазобедренных суставов этих же пациентов в субхондральном отделе одной из головок бедренных костей визуализировался участок некроза с наличием четкой демаркационной линии. В контралатеральном тазобедренном суставе патологических изменений выявлено не было (рис. 2).

Всем пациентам было проведено малоинвазивное оперативное лечение асептического некроза головки бедренной кости с использованием специального остеозамещающего материала. Оперативное лечение проводилось под спинномозговой анестезией. Средняя продолжительность операции составила 40 мин. Положение больного — на ортопедическом столе на здоровом боку. Разрез кожи выполнялся в проекции большого вертела справа длиной 3 см. Под рентгенологическим контролем через подвертельную область проводилось сверло



Рис. 1. Рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции: в верхненаружном субхондральном отделе головки правой бедренной кости визуализируется участок разрежения костной структуры (стрелка); левый сустав без патологических изменений



Рис. 2. Компьютерная томограмма тазобедренных суставов в аксиальной проекции: в переднем субхондральном отделе головки правой бедренной кости визуализируется участок некроза, отграниченный демаркационной линией (стрелка); левый тазобедренный сустав без патологических изменений

в головку бедренной кости без доступа в тазобедренный сустав. Канюлированным сверлом диаметром 1,1 см (9 мм) формировался тоннель в головку кости. К костной кисте (очагу некроза) заводился Х-риммер, и производилась обработка головки бедренной кости, затем кюретаж и промывание полученной полости. Полость заполнялась костно-пластическим материалом, материал уплотнялся.

В первые сутки после операции всем пациентам были проведены дуплексное сканирование вен нижних конечностей и рентгенография тазобедренных суставов. В удовлетворительном состоянии с рекомендациями пациенты выписаны на амбулаторное долечивание.

После оперативного лечения на контрольных рентгенограммах в межвертельных областях и головках бедренных костей определялись линейные высокоинтенсивные участки затемнения — остеозамещающий материал, деструктивных изменений не выявлено (рис. 3).

При анализе трехлетней выживаемости реваскуляризирующей остеоперфорации, проведенном на 29 операциях, выявлены следующие результаты:

- положительный результат (отсутствие дальнейшего прогрессирования



Рис. 3. Рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции после оперативного лечения: в межвертельной области и головке правой бедренной кости определяется линейный высокоинтенсивный участок затемнения с четкими и ровными контурами — остеозамещающий материал (стрелка); левый тазобедренный сустав без патологических изменений

асептического некроза головки бедренной кости) выявлен у 21 (72,4 %) пациента; средний балл по ВАШ: 1,4 (min — 0, max — 4); средний балл по шкале Харриса: 89,25 (min — 74, max — 99).

- отрицательный результат (дальнейшее прогрессирование асептического некроза, имплантация эндопротеза) выявлен в 8 (27,6 %) случаях.

Вторая группа включала 22 пациента со 2-й стадией асептического некроза головки бедренной кости. По результатам клинического и лучевого обследования было принято решение провести операцию — пластика очага некроза остеозамещающим биорезорбируемым материалом (рис. 4).

После оперативного лечения на контрольных рентгенограммах в межвертельной области и головке правой бедренной кости визуализируется высокоинтенсивный линейный участок затемнения — остеозамещающий материал, деструктивных изменений не выявлено (рис. 5).

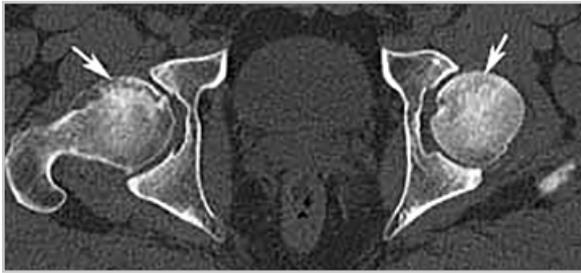


Рис. 4. Компьютерная томограмма тазобедренных суставов в аксиальной проекции; в передненаружном субхондральном отделе головки правой бедренной кости определяется четко отграниченный некротический участок с кистовидными просветлениями по периферии (*стрелка*); в переднем субхондральном отделе головки левой бедренной кости определяется участок разрежения костной структуры (*стрелка*)



Рис. 5. Рентгенограмма тазобедренных суставов в прямой проекции после оперативного лечения: в межвертельной области и головке правой бедренной кости определяется линейный высокоинтенсивный участок затемнения с четкими и ровными контурами — остеозамещающий материал, деструктивных изменений не выявлено (*стрелка*); в межвертельной области и головке левой бедренной кости определяется линейный высокоинтенсивный участок затемнения с четкими и ровными контурами — остеозамещающий материал, деструктивных изменений не выявлено (*стрелка*)

Анализ трехлетней выживаемости пластики очага некроза остеозамещающим биорезорбируемым материалом, проведенный на 15 операциях, показал следующие результаты:

- положительный результат был выявлен у 7 (46,7 %) пациентов. Средний балл по ВАШ: 4,4 (min – 2, max – 7); средний балл по шкале Харриса: 74,8 (min – 68, max – 91).
- отрицательный результат (дальнейшее прогрессирование асептического некроза, имплантация эндопротеза) выявлен у 8 (53,3 %) пациентов.

## Выводы

1. Диагностика ранней стадии асептического некроза головки бедренной кости позволяет применять малоинвазивные методики лечения.
2. При наличии диагностированного асептического некроза головки бедренной кости симметричный сустав требует динамического рентгенологического контроля с целью выявления ранней стадии.
3. Наряду с магнитно-резонансной томографией, мультисрезовая компьютерная томография может являться методом выбора для диагностики ранней стадии асептического некроза головки бедренной кости.
4. Положительный эффект оперативного лечения зависит от стадии асептического некроза головки бедренной кости.
5. Реваскуляризирующая остеоперфорация и пластика очага некроза остеозамещающим биорезорбируемым материалом головки бедренной кости на ранних стадиях позволили купировать болевой синдром и отсрочить эндопротезирование тазобедренного сустава у большинства пациентов не неопределенный срок.

## Список литературы

1. Косяков, О. М., Бурьянов О. В., Бондарь В. К. Наш клинический опыт обос-

- нованного применения эндопротеза тазобедренного сустава с трабекулярно-бионической ножкой physiohip у больных коксартрозом III–IV ст. // Травма. 2018. Т. 19. № 6. С.116–121.
2. *Матвеев Р. П., Брагина С. В.* Аvascularный некроз головки бедренной кости (обзор литературы) // Экология человека. 2018. № 3. С. 58–64.
  3. *Мурзич, А. Э., Белецкий А. В., Марчук В. П.* Диагностика остеонекроза головки бедра с применением лучевых методов исследования: возможности и недостатки // Мед. журнал. 2018. № 3 (65). С. 110–118.
  4. *Пронских А. А., Павлов В. В.* Сравнительный обзор методов хирургического лечения ранних стадий асептического некроза головки бедренной кости // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5.
  5. *Шорин И. С.* Оперативное лечение больных с ранними стадиями асептического некроза головки бедренной кости: Автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.01.15 / Шорин И. С. Самара, 2018. 133 с.
  6. *Шушарин А. Г., Половинка М. П., Прохоренко В. М.* Асептический некроз головки бедренной кости: варианты консервативного лечения и результаты // Фундаментальные исследования. 2014. № 10. С. 428–435.
  7. *Ancelin D., Reina N., Cavaignac E. et al.* Total hip arthroplasty survival in femoral head avascular necrosis versus primary hip osteoarthritis: Case-control study with a mean 10 year follow-up after anatomical cementless metal-on-metal 28 mm replacement // Orthopaedics and Traumatology – Surgery and Research. 2016; 102 (8): 1029–1034.
  8. *Ando W., Yamamoto K., Koyama T. et al.* Radiologic and clinical features of misdiagnosed idiopathic osteonecrosis of the femoral head // Orthopedics. 2017; 40 (1): 117–123.
  9. *Arbeloa-Gutierrez L., Dean C. S., Dean J.* Core decompression augmented with autologous bone marrow aspiration concentrate for early avascular necrosis of the femoral head // Arthroscopy Techniques. 2016; 5 (3): 615–620.
  10. *Calori G. M., Mazza E., Colombo A. et al.* Core decompression and biotechnologies in the treatment of avascular necrosis of the femoral head // EFORT Open Reviews. 2017; 2 (2): 41–50.
  11. *Chen C., Yu L., Tang X. et al.* Dynamic hip system blade versus cannulated compression screw for the treatment of femoral neck fractures: A retrospective study // Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica. 2017; 51 (5): 381–387.
  12. *Elmarghany M., Abd El-Ghaffar T. M., Seddik M. et al.* Surgical hip dislocation in treatment of slipped capital femoral epiphysis // SICOT – J. 2017; 3: 10.

## References

1. *Kosyakov O. M., Buryanov O. V., Bondar V. K.* Our clinical experience of the substantiated use of the hip joint endoprosthesis with a trabecular-bionic physiohip stem in patients with grade III–IV coxarthrosis. Trauma. 2018. No. 6 (19). P. 116–121 (in Russian).
2. *Matveev R. P., Bragina S. V.* Avascular necrosis of the femoral head (literature review). Human Ecol. 2018. No. 2. P. 58–64 (in Russian).
3. *Murzich A. E., Beletsky A. V., Marchuk V. P.* Diagnosis of osteonecrosis of the femoral head using radiation research methods: opportunities and disadvantages. Med. J. 2018. No. 3 (65). P. 110–118 (in Russian).

4. *Pronskikh A. A.* Surgical treatment of the avascular necrosis of femoral head. A comparative review. Modern Problems of science and Education. 2017. V. 5. P. 1–11 (in Russian).
5. *Shorin I. S.* Surgical treatment of patients with early stages of avascular necrosis of femoral head: Author. dis. ... doct. med. Sciences: 14.01.15. Samara, 2018. P. 133 (in Russian).
6. *Shusharin A. G., Polovinka M. P., Prohorenko V. M.* Avascular necrosis of the femoral head: conservative treatment options and outcomes. Fundamentalnye issledovaniya. 2014. No. 10. P. 428–435 (in Russian).
7. *Ancelin D., Reina N., Cavaignac E. et al.* Total hip arthroplasty survival in femoral head avascular necrosis versus primary hip osteoarthritis: Case-control study with a mean 10 year follow-up after anatomical cementless metal-on-metal 28 mm replacement. Orthopaedics and Traumatology – Surgery and Research. 2016; 102 (8): 1029–1034.
8. *Ando W., Yamamoto K., Koyama T. et al.* Radiologic and clinical features of misdiagnosed idiopathic osteonecrosis of the femoral head. Orthopedics. 2017. V. 40. No. 1. P. 117–123.
9. *Arbeloa-Gutierrez L., Dean C.S., Dean J.* Core decompression augmented with autologous bone marrow aspiration concentrate for early avascular necrosis of the femoral head. Arthroscopy Techniques. 2016. V. 5. No. 3. P. 615–620.
10. *Calori, G.M., Mazza E., Colombo A. et al.* Core decompression and biotechnologies in the treatment of avascular necrosis of the femoral head. EFORT Open Rev. 2017. V. 2. No. 2. P. 41–50.
11. *Chen C., Yu L., Tang X. et al.* Dynamic hip system blade versus cannulated compression screw for the treatment of femoral neck fractures: A retrospective study. Acta Orthopaedica et Traumatol. Turcica. 2017. V. 51. No. 5. P. 381–387.
12. *Elmarghany M., Abd El-Ghaffar T.M., Seddik M. et al.* Surgical hip dislocation in treatment of slipped capital femoral epiphysis. SICOT – J. 2017. No. 3. P. 10.

#### Сведения об авторах

**Ремпель Дарья Петровна**, врач-рентгенолог, ООО «Центр диагностики» г. Барнаул.  
Адрес: 656050, г. Барнаул, ул. Малахова, д. 53.  
Тел.: +7 (906) 196-13-24. Электронная почта: Rempel1985@gmail.com  
ORCID.org /0000-0002-8215-8164

**Rempel' Dar'ya Petrovna**, Radiologist, ООО «Diagnostic center», Barnaul.  
Address: 53, ul. Malakhova, Barnaul, 656050, Russia.  
Phone number: +7 (906) 196-13-24. E-mail: Rempel1985@gmail.com  
ORCID.org /0000-0002-8215-8164

**Брюханов Александр Валерьевич**, доктор медицинских наук, профессор, кафедры онкологии, лучевой терапии и лучевой диагностики с курсом ДПО, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России.  
Адрес: 656028, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 40.  
Тел.: +7 (913) 231-74-29. Электронная почта: abryukhanov@dcak.ru  
ORCID.org /0000-0002-3526-3631

**Bryukhanov Aleksandr Valer'evich**, M. D. Med., Professor of the Department of Oncology, Radiology Therapy and Radiology Diagnostic of Altai State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia.  
Address: 40, prospekt Lenina, Barnaul, 656038, Russia.  
Phone number: +7 (913) 231-74-29. E-mail: abryukhanov@dcak.ru  
ORCID.org /0000-0002-3526-3631

**Джухаев Денис Анатольевич**, врач-травматолог-ортопед травматолого-ортопедического отделения № 2 ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования» Минздрава России, г. Барнаул.

Адрес: 656045, г. Барнаул, ул. Ляпидевского, д. 1/3.  
Тел.: +7 (905) 981-51-60. Электронная почта: dzhukhaev@mail.ru  
ORCID.org /0000-0003-2920-2346

**Dzhukhaev Denis Anatolievich**, Traumatologist-Orthopedist of the Orthopedics and Trauma Department No. 2, Federal Center of Traumatology, Orthopedics and Endoprosthesis, Ministry of Healthcare of Russia, Barnaul.  
Address: 1/3, ul. Lyapidevsky, Barnaul, 656045, Russia.  
Phone number: +7 (905) 981-51-60. E-mail: dzhukhaev@mail.ru  
ORCID.org /0000-0003-2920-2346

**Романюк Сара Дмитриевна**, студентка 5 курса факультета клинической медицины, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный медицинский университет» Минздрава России.  
Адрес: 656028, г. Барнаул, проспект Ленина, 40.  
Тел.: +7 (963) 536 22-21/. Электронная почта: sara.romanyuk@hotmail.com  
ORCID.org /0000-0001-9989-6027

**Romanyuk Sara Dmitrievna**, 5th year Medical Student of the General Medicine FSaculty, Altai State Medical University, Barnaul.  
Address: 40, prospekt Lenina, Barnaul, 656038, Russia.  
Phone number: +7 (963) 536 22-21. E-mail: sara.romanyuk@hotmail.com  
ORCID.org /0000-0001-9989-6027

**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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-57-66>

## Стресс-эхокардиография с аденозинтрифосфатом и чреспищеводной электростимуляцией предсердий в диагностике поздних стенозов коронарных шунтов

А. В. Таланова<sup>1</sup>, Д. А. Лежнев<sup>2</sup>, Н. Н. Михеев<sup>\*, 2</sup>

<sup>1</sup> ФКУЗ «Главный клинический госпиталь МВД России», отделение функциональной диагностики

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

### Stress Echocardiography with Adenosinethreephosphate and Atrial Pacing in Diagnosis of Late Coronary Shunts Stenosis

A. V. Talanova<sup>1</sup>, D. A. Lezhnev<sup>2</sup>, N. N. Mikheev<sup>\*, 2</sup>

<sup>1</sup> Main Clinical Hospital, Ministry of Interior of Russia, Department of Functional Diagnostics

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

#### Реферат

Целью исследования было определение диагностической эффективности стресс-эхокардиографии (стресс-эхоКГ) при комбинации аденозинтрифосфата (АТФ) в высокой дозе и чреспищеводной электростимуляцией предсердий (ЧПЭСП) в диагностике поздних рестенозов коронарных шунтов. В исследование включены 48 мужчин в возрасте от 45 до 64 лет ( $48,4 \pm 1,6$  года). 36 больным ранее (от 3 до 7 лет назад) было выполнено маммарокоронарное шунтирование коронарных артерий, 12 пациентам — аутовенозное шунтирование коронарных артерий. Всем пациентам были выполнены стресс-эхоКГ с АТФ и ЧПЭСП, коронарная ангиография. При стресс-эхоКГ у 44 пациентов высказано предположение о поражении шунтированных коронарных артерий, у 8 больных — о поражении ранее интактных коронарных артерий, что было подтверждено ангиографически. По данным КАГ стенозирование просвета коронарного шунта  $> 70\%$  выявлено у 24 больных, от 50 до 70 % — у 22 больных. Точность, чувствительность и специфичность диагностики как стенозов коронарных шунтов, так и поражения ранее интактных отделов коронарных артерий по данным стресс-эхоКГ составили 100 %.

\* **Михеев Николай Николаевич**, доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, заслуженный врач РФ. Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, д. 9а. Тел.: +7 (926) 231-94-58. Электронная почта: miheevdoc@mail.ru

**Mikheev Nikolay Nikolaevich**, M. D. Med., Assistant Professor of the Radiology Department, 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 (926) 231-94-58. E-mail: miheevdoc@mail.ru

**Ключевые слова:** стресс-эхокардиография, коронарный шунт, стеноз, аденозинтрифосфат, ЧПЭСП, коронароангиография.

## Abstract

The aim of the study was to evaluate diagnostic accuracy of stress echocardiography (stress echoCG) with combination of high doze ATP and atrial pacing in diagnosis of late coronary shunts stenosis.

48 men aged from 45 to 64 ( $48,4 \pm 1,6$  years), 36 patients undergone mammarocoronary shunting, 12 patients undergone auto venous shunting. Stress echoCG with combination of high doze ATP and atrial pacing suggested shunts lesions in 44 patients, in 8 cases previously intact coronary arteries, approved with coronary angiography. Coronary angiographies reviled no coronary lesions in 24 patients > 70 % shunts restenosis, in 22 coronary stenosis from 50 up to 70 %. Accuracy, sensitivity and specificity of stress-EchoCG with combination of stress-agents in coronary shunts restenosis, as well as stenosis of previously intact coronary arteries were 100 %.

**Key words:** Stress Echocardiography, Coronary Shunt, ATP, Atrial Pacing, Coronary Angiography.

## Актуальность

Смертность населения от ИБС как в России, так и в США занимает первое место в общей летальности от сердечно-сосудистых заболеваний, несмотря на применение высокотехнологичных методов лечения и диагностики [2]. Ранняя диагностика ИБС — наиболее перспективный путь снижения смертности от ИБС [11]. Стенозирование коронарных шунтов происходит, как правило, от 32 до 60 мес. Различные методы диагностики атеросклероза коронарных артерий на сегодняшний день либо являются дорогостоящими, либо обладают недостаточной диагностической ценностью [15]. Так, позитронно-эмиссионная томография/компьютерная томография (ПЭТ/КТ), КТ-коронарошунтография, однофотонная эмиссионная КТ являются дорогостоящими методами неинвазивной диагностики ИБС и создают дополнительную лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал [11]. Нагрузочные ЭКГ-тесты обладают недостаточной диагностической ценностью [6–8, 10]. Инвазивные методы обследования: коронарография, внутрисосудистый ультразвук — вы-

сокоинформативны, однако далеко не безопасны. Так, летальность при проведении коронарографии составляет около 0,4 % [10]. Стресс-эхокардиография (стресс-эхоКГ) является наиболее оптимальным методом диагностики стеноза коронарных шунтов по распространенности, соотношению цена/качество, радиологической безопасности для пациента и медперсонала, загрязнению окружающей среды [15]. Более того, развитие новых технологий позволяет проводить стресс-эхоКГ у постели больного с использованием смартфона [13]. Информативность различных протоколов стресс-эхоКГ неоднозначна [11]. У многих пациентов и ИБС имеются нарушения ритма по типу наджелудочковой и желудочковой эктопии, в связи с чем тест с добутамином и физической нагрузкой им не показан. Этому контингенту больных показано проведение стресс-эхоКГ с фармакологическими пробами (дипиридамол, аденозин и ЧПЭСП) [11]. В ранних научных исследованиях прошлого века продемонстрирована низкая диагностическая эффективность АТФ

в качестве моноагента при проведении стресс-эхоКГ, существенно уступающая дипиридамолу. Более того, отсутствовал единый протокол применения АТФ у разных авторов [11].

Введение санкций Евросоюза и США против России привело к прекращению поставок дипиридамола и аденозина в Россию.

Нами предпринята попытка соединения протокола введения АТФ и ЧПЭСП, учитывая Указ Президента РФ об импортозамещении и ФЗ № 44 [4, 5].

Соединение этих 2 протоколов исследования доказало увеличение диагностической эффективности, комбинированной стресс-эхоКГ. Протокол введения АТФ и ЧПЭСП одобрен Этическим комитетом ФКУЗ «ГКГ МВД России» 08.09.2020 г.

**Цель:** определение диагностической эффективности стресс-эхоКГ при комбинации АТФ в высокой дозе и ЧПЭСП в диагностике стенозов коронарных шунтов.

## Материалы и методы

В исследование были включены 48 мужчин в возрасте от 45 до 64 лет (в среднем  $48,4 \pm 1,6$  года). 36 больным ранее (от 4 до 8 лет назад) выполнено маммарокоронарное шунтирование коронарных артерий, 12 пациентам — аутовенозное шунтирование коронарных артерий. У 2 (4 %) больных имелись клинические проявления ИБС по типу стенокардии.

Стресс-эхоКГ проводилась на аппарате Epic 7 (Philips, Германия) мультисекторным датчиком S 5–1 МГц в В-режиме визуализации с получением изображений на уровне сосочковых мышц по длинной оси (PLax) и короткой оси (axPM), апикальной 4-камерной (4Ch) и 2-камерной (2Ch) пози-

ции в программе фармакологического стресс-эхоКГ. Производилось формирование клипов вышеперечисленных изображений с синхронизацией по зубцу R ЭКГ на каждом этапе стресс-теста и их обработка при помощи программного обеспечения DoctorSoft 2.0. Изучение локальной сократимости основывалось на условном разделении левого желудочка на 16–17 сегментов с формированием модели в виде мишени и расчетом индекса нарушения локальной сократимости (ИНЛС) в баллах [8, 10].

В качестве стресс-агентов использовались АТФ и ЧПЭСП. За 12 ч до исследования отменялись продукты, содержащие теofilлин и кофеин (чай, кофе, кола), за 2 сут отменялись  $\beta$ -блокаторы и блокаторы  $\text{Ca}^{2+}$ . Мы модифицировали протокол введения аденозина, предложенный E. Picano [11] для введения АТФ, учитывая разницу в их молярной массе (рис. 1, 2).

Молярная масса аденозина меньше молярной массы АТФ в 1,8 раза, следовательно, и скорость введения АТФ должна быть в 1,8 раза выше для получения того же объема аденозина и сопоставимого эффекта вазодилатации.

АТФ вводилась внутривенно через Perfusor со скоростью введения 180 мкг/кг/мин в течение 3 мин с последующим

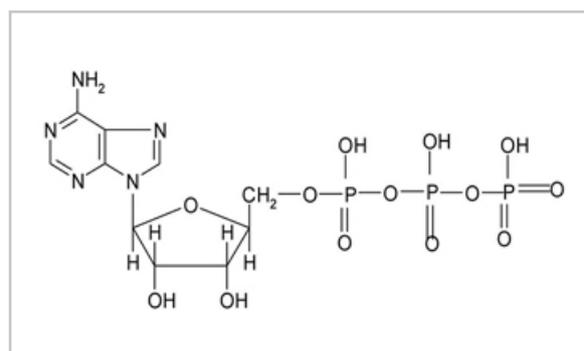


Рис. 1. Молекула АТФ. Молярная масса 507 г/моль

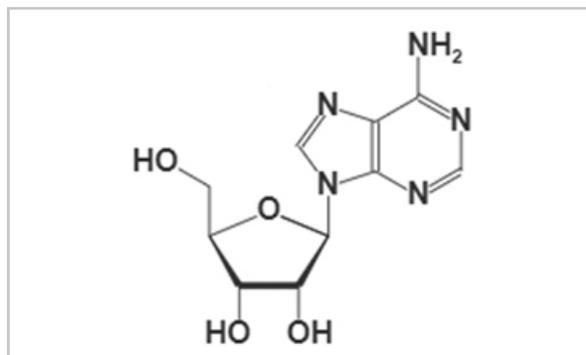


Рис. 2. Молекула аденозина. Молярная масса 267 г/моль

увеличением скорости введения до 252 и 360 мкг/кг/мин. При отсутствии достоверных критериев ишемии по данным двумерной эхоКГ проводился ЧПЭСП-тест. ЧПЭСП проводилась при отрицательном результате стресс-эхоКГ с АТФ при скорости введения 360 мкг/кг/мин с уровня стимуляции, на 20 % превосходящий собственный ритм до 160 стимулов в мин [11]. При отсутствии эхоКГ-критериев положительной пробы, горизонтальной депрессии сегмента ST  $\geq 2$  мм в одном из 12 стандартных отведений тест оценивался как отрицательный. Осуществлялся непрерывный визуальный мониторинг ЭКГ на экране стресс-системы CardioSoft (GE, США), по окончании каждой ступени регистрировалась ЭКГ в 12 стандартных отведениях. Артериальное давление измерялось по окончании каждой ступени нагрузки. Проба доводилась до диагностических критериев (появление нарушений локальной сократимости, горизонтальной или коснисходящей депрессии сегмента ST  $\geq 2$  мм в одном из 12 стандартных отведений). Выполнение двумерной стресс-эхоКГ проводилось на каждом этапе комбинированной пробы.

Комбинированный тест прекращался при отказе пациента от дальнейшего

его проведения, появлении атриовентрикулярной проводимости, снижения систолического артериального давления до 90 мм рт. ст. проводимости, препятствующих его дальнейшему проведению вне зависимости от его диагностической значимости.

Селективная коронарошунтография (КШГ) проводилась на ангиокардиографической установке Infinix (Toshiba, Япония). Во всех случаях КШГ выполнялась трансфеморальным доступом с отдельной катетеризацией левой и правой коронарных артерий, подключичных артерий в стандартных ангиографических проекциях. Сохранение ангиокардиографических исследований первоначально осуществлялось в интегрированной компьютерной системе.

Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета программ SPSS 13.0 for Windows. Различия считали достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ . Данные представлены в виде  $M \pm m$ . Точность, чувствительность и специфичность рассчитаны по формулам

$$Se = PS/PS + NS, Sp = NH/NH + PH,$$

$$Ac = PS + NH/PS + NH + PH + NS,$$

где Se — чувствительность; Sp — специфичность; Ac — точность; PS — истинно положительные результаты; PH — ложноположительные результаты; NH — истинно отрицательные результаты; NS — ложноотрицательные результаты [1].

## Результаты и их обсуждение

Стресс-эхоКГ была положительной у 46 больных со стенозированием шунтированных коронарных артерий (чувствительность 100 %).

Данные стресс-эхоКГ полностью соответствовали результатам КАГ у 46 пациентов (точность метода составила 100 %). Чувствительность нагрузочной ЭКГ-пробы в протоколе АТФ/ЧПЭСП составила 29,1 %, специфичность — 100 %, диагностическая точность — 32,3 %, что ниже аналогичных показателей стресс-эхоКГ.

Результаты поражения коронарных артерий и шунтов у больных по данным КАГ представлены в таблице.

Из 46 пациентов, у которых удалось выполнить стресс-эхоКГ в протоколе АТФ и ЧПЭСП, при КШГ у 2 (4,1 %) пациентов не было обнаружено существенных поражений коронарных артерий, у 46 (97,5 %) больных выявлено стенозирование шунтированных коронарных артерий  $\geq 50$  % диаметра.

На рис. 3, 4 представлены аортокоронарный шунт и его стеноз до 70 % через 42 мес после операции.

При проведении стресс-эхоКГ с АТФ в высокой дозе и ЧПЭСП отме-

чались нарушения локальной сократимости в бассейне ПКА. Общий индекс нарушений локальной сократимости составил 1,25, индекс нарушений локальной сократимости в бассейне ПКА — 2 (рис. 5).

На рис. 6, 7 представлены маммарокоронарный шунт и его критический стеноз до 90 % через 72 мес после операции.

При проведении стресс-эхоКГ с АТФ в высокой дозе и ЧПЭСП отмечались нарушения локальной сократимости в бассейне ПМЖВ. Общий индекс нарушений локальной сократимости составил 1,25, индекс нарушений локальной сократимости в бассейне ПКА составил 1,44 (рис. 8).

Полученные данные свидетельствуют, что стресс-эхоКГ с АТФ в высокой дозе и ЧПЭСП обладает высокой чувствительностью и специфичностью.

Диагностическая ценность стресс-эхоКГ в целом существенно превышает

### Поражение коронарных артерий и шунтов у больных ИБС

Количество пациентов (n = 46)	Процент стеноза		
	Маммарокоронарный шунт (n = 24)	Аутовенозный шунт (n = 22)	Ранее непораженная коронарная артерия (n = 7)
7	75	—	—
7	70	—	—
1	90	—	—
5	—	80	—
1	—	—	—
1	—	50	50
6	40	—	60
6	—	60	—
3	—	70	—
3	60	—	—
6	—	50	—

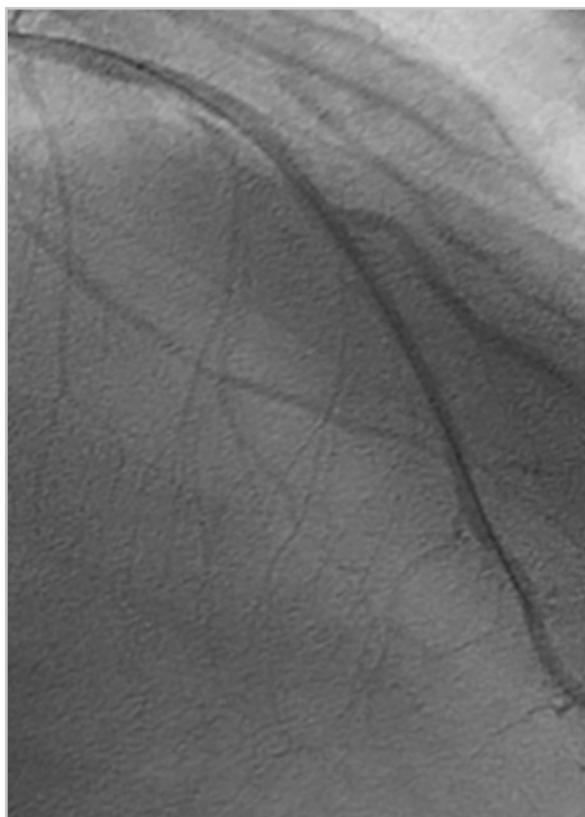


Рис. 3. Шунтограмма аутовенозного шунта к ПКА после его установки



Рис. 4. Шунтограмма аутовенозного шунта с множественными стенозами до 70 % через 42 мес после операции

ет таковую нагрузочных ЭКГ-проб, что подтверждается проведенными исследованиями.

В ходе проведения исследования у 36 пациентов выявлено отсутствие депрессии сегмента ST 2 мм и более, из которых у 34 пациентов по данным КШГ выявлено наличие стеноза шунтированных коронарных артерий. У 14 пациентов выявлена депрессия сегмента ST 2 мм и более 2 мм, данные стресс-ЭКГ проб совпали с данными КШГ. Точность, чувствительность и специфичность стресс-ЭКГ проб составили соответственно 32,3; 29,1; 100 %.

Сегментарная оценка проходящих нарушений локальной сократимости при проведении на пике нагрузки при стресс-эхоКГ позволяет с высокой точ-

ностью определить локализацию стенозирующего атеросклероза ранее непораженных и шунтированных коронарных артерий.

Мы не согласны с Н. Ю. Неласовым, Р. В. Сидоровым, М. Н. Моргуновым и др., применившими другой протокол введения АТФ, в связи с чем диагностическая эффективность метода значительно ниже даже при применении 4 D стресс-эхоКГ с продольным Strain [3].

Осложнений при проведении ускоренного протокола введения дипиридамола в высокой дозе и ЧПЭСП (развития наджелудочковых и желудочковых тахикардий, фибрилляции предсердий и желудочков, развития инфаркта миокарда) ни у одного больного отмечено не было.

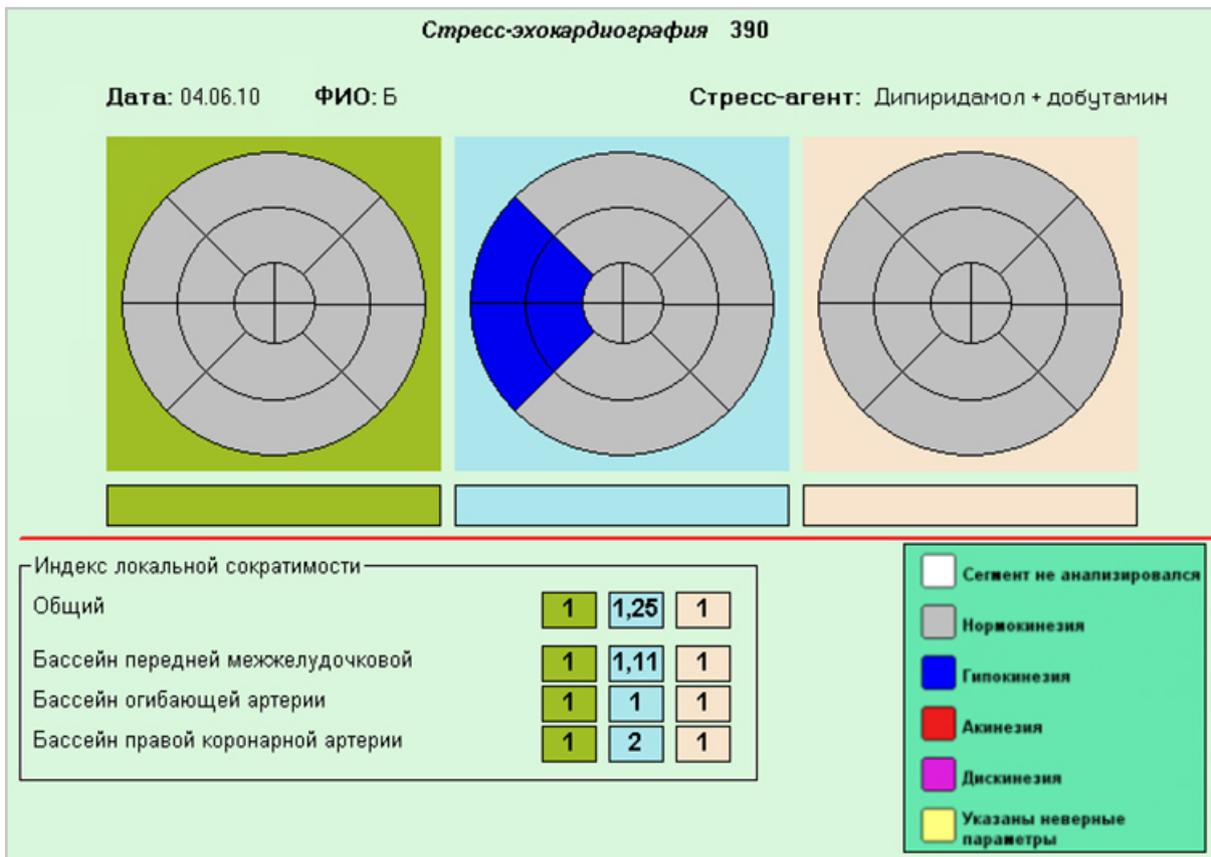


Рис. 5. Диаграмма индекса нарушений локальной сократимости при проведении стресс-эхоКГ с АТФ в высокой дозе и ЧПЭСП

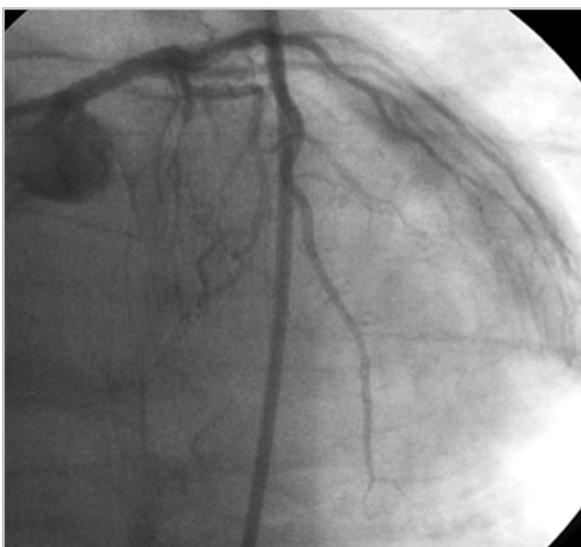


Рис. 6. Шунтограмма маммарокоронарного шунта к ПНА после его установки

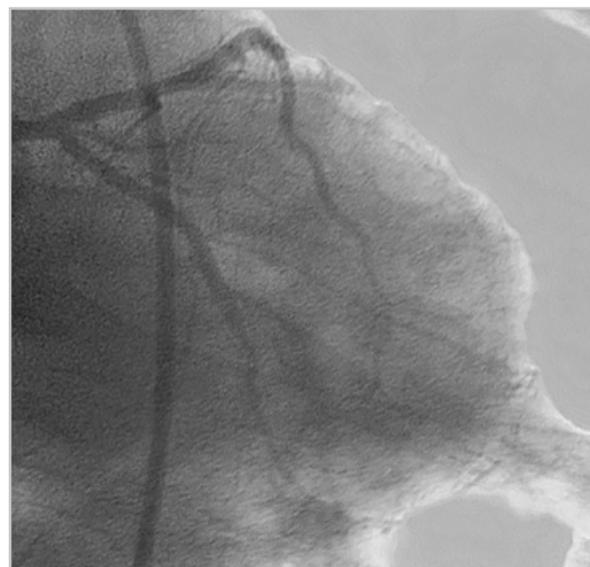


Рис. 7. Шунтограмма маммарокоронарного шунта к ПНА с 90 %-ным стенозом через 72 мес после его установки

## Выводы

1. Стресс-эхоКГ является более чувствительным и специфичным методом диагностики стенозирующего атеросклероза коронарных артерий, чем нагрузочные ЭКГ-пробы.
2. Стресс-эхоКГ с АТФ и ЧПЭСП позволяет определить локализацию стенозирующего атеросклероза ранее интактных коронарных артерий и шунтированных артерий с точностью, чувствительностью и специфичностью 100 %.
3. Стресс-эхоКГ с протоколом введения высокой дозы АТФ и ЧПЭСП является безопасным методом диагностики стенозирующего атеросклероза коронарных артерий.

## Список литературы

1. Беккер М. С. Математическая статистика и ее роль в медицине и здравоохранении. Кисловодск: Коллегия, 2018. 217 с.
2. Бойцов С. А., Зайратьянц О. В., Андреев Е. М., Самородская И. В. Сравнение показателей смертности от ишемической болезни сердца среди мужчин и женщин старше 50 лет в России и США // Рос. кардиол. журнал. 2017. № 6. Т. 146. С. 100–107.
3. Неласов Н. Ю., Сидоров Р. В., Моргунов М. Н. и др. Нагрузочная проба аденозинтрифосфатом в стресс-эхокардиографии: обоснование оптимального алгоритма исследования // Кардиология. 2019. Т. 59. № 11. С. 39–47.
4. Указ Президента РФ об импортозамещении — 04.08.2015 № 785 с. 26.
5. Федеральный закон от 05.04.2013 № 44-ФЗ (ред. от 03.08.2018) «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения госу-

- дарственных и муниципальных нужд». 2018. С. 193. URL: <https://pravo.gov.ru>.
6. Bates R. E., Omer M., Abdelmoneim S. S., Arruda-Olson A. M. et al. Impact of stress testing for coronary artery disease screening in asymptomatic patients with diabetes mellitus: a community based study in Olmsted County, Minnesota // Mayo Clin. Proc. 2016. V. 91. P. 1535–1544.
  7. Carpeggiani C., Landi P., Michelassi C., Sicari R., Picano E. The declining frequency of inducible myocardial ischemia during stress echocardiography over 27 consecutive years (1983–2009) // Int. J. Cardiol. 2016. V. 224. P. 57–61.
  8. Ciampi Q., Picano E., Paterni M., Daros C. B. et al. Quality control of regional wall motion analysis in stress echo 2020 // Int. J. Cardiol. 2017. V. 249. P.479–485.
  9. Cortigiani L., Huqi A., Ciampi Q., Bombardini T., Bovenzi F., Picano E. Integration of wall motion, coronary flow velocity and left ventricular contractile reserve in a single test: prognostic value of vasodilator stress echocardiography in diabetic patients // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2018. V. 31. P. 692–701.
  10. Pellikka P.A., Arruda-Olson A. M., Farooq A. et al. Guidelines for performance, interpretation, and application of stress echocardiography in the ischemic heart disease: from the American Society of echocardiography // J. Am. Soc. Echocardiogr. 2019. V. 33. № 1. P. 1–41.
  11. Picano E. Stress Echocardiography. N. Y.: Springle ed. 7. 2020. p. 461.
  12. Picano E., Scali M. C. Stress echo, carotid arteries and more: its versatility for our imaging times // JACC Cardiovasc Imaging. 2018. V. 11. P. 181–183.
  13. Scali M. C., Bellagamba C. A., Ciampi Q., Simova I. et al. Stress echocardiography with smartphone: real-time remote rea-

- ding for regional wall motion // Int. J. Cardiovasc. Imag. 2017. V. 33. P. 1731–1736.
14. *Smulders M. W., Jaarsma C., Nelemans P. J. et al.* Comparison of the prognostic value of negative non-invasive cardiac investigations in patients with suspected or known coronary artery disease. A meta-analysis // Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag. 2017. V. 18. P. 980–987.
  15. *Yao S., Bangalore S., Ahuja A.* Stress echocardiography: risk stratification, prognosis, patient outcomes and cost-effectiveness // Minerva Cardioangiol. 2017. № 2. P. 65–71.
- ### References
1. *Bekker M. S.* Mathematical statistics and its role in medicine and health care. Kislovodsk: Kollegija, 2012. 217 p. (in Russian).
  2. *Bojcov S. A., Zajrat'jani O. V., Andreev E. M., Samorodskaja I. V.* Comparison of coronary heart disease mortality rates among men and women over 50 years of age in Russia and the United States Ros-siyskiy kardiologicheskij zhurnal 2017. No. 6. V. 146. P. 100–107 (in Russian).
  3. *Nelasov N. U., Sidorov R. V., Morgunov M. N. et al.* Load probe with ATP in stress echocardiography: optimization of the algorithm. Cardiologia. 2019. V. 59. No. 11. C. 39–47 (in Russian).
  4. Decree of the President of the Russian Federation on Import Substitution — 04.08.2015. No. 785 p. 26 (in Russian).
  5. Federal Law No 44-FL «On Contracting for Procurement of Goods, Works, Services for Government and Municipal Needs (as worded as of Aug. 03.2018). 2018. C. 193. URL: <https://pravo.gov.ru> (in Russian).
  6. *Bates R. E., Omer M., Abdelmoneim S. S., Arruda-Olson A. M. et al.* Impact of stress testing for coronary artery disease screening in asymptomatic patients with diabetes mellitus: a community based study in Olmsted County, Minnesota. Mayo Clin. Proc. 2016. V. 91. P. 1535–1544.
  7. *Carpeggiani C., Landi P., Michelassi C., Sicari R., Picano E.* The declining frequency of inducible myocardial ischemia during stress echocardiography over 27 consecutive years (1983–2009) Int. J. Cardiol. 2016. V. 224. P. 57–61.
  8. *Ciampi Q., Picano E., Paterni M., Daros C. B. et al.* On behalf of stress echo 2020 Quality control of regional wall motion analysis in stress echo 2020. Int. J. Cardiol. 2017. V. 249. P. 479–485.
  9. *Cortigiani L., Huqi A., Ciampi Q. et al.* Integration of wall motion, coronary flow velocity and left ventricular contractile reserve in a single test: prognostic value of vasodilator stress echocardiography in diabetic patients. J. Am. Soc. Echocardiogr. 2018. V. 31. P. 692–701.
  10. *Pelikka P. A., Arruda-Olson A. M., Farrog A. et al.* Guidelines for performance, interpretation, and application of stress echocardiography in the ischemic heart disease: from the American Society of Echocardiography. J. Am. Soc. Echocardiogr. 2019. V. 33. No 1. P. 1–41.
  11. *Picano E.* Stress Echocardiography N.Y.: Springle, 2020. P. 461.
  12. *Picano E., Scali M. C.* Stress echo, carotid arteries and more: its versatility for our imaging times. JACC Cardiovasc. Imag. 2018. V. 11. P. 181–183.
  13. *Scali M.C., Bellagamba C.A., Ciampi Q., Simova I. et al.* Stress echocardiography with smartphone: real-time remote reading for regional wall motion Int. J. Cardiovasc. Imag. 2017. V. 33. P. 1731–1736.
  14. *Smulders M. W., Jaarsma C., Nelemans P. J. et al.* Comparison of the prognostic

value of negative non-invasive cardiac investigations in patients with suspected or known coronary artery disease — a meta-analysis. Eur. Heart J. Cardiovasc. Imag. 2017. V. 18. P. 980–987.

15. Yao S., Bangalore S., Ahuja A. Stress echocardiography: risk stratification, prognosis, patient outcomes and cost-effectiveness. Minerva Cardioangiol. 2017. No. 2. P. 65–71.

### Сведения об авторах

**Таланова Анна Владимировна**, заместитель начальника отделения функциональной диагностики ФКУЗ «Главный клинический госпиталь МВД России».

Адрес: 123060, ул. Народного Ополчения, д. 35.

Тел.: +7 (925) 050-01-14. Электронная почта: talanova.anna.vlad@gmail.com

ORCID.org/0000-0001-7607-9091

**Talanova Anna Vladimirovna**, Assistant, Head of Department of Functional Diagnostics, Main Clinical Hospital of Interior of Russia.

Address: 35, ul. Narodnogo Opolcheniya, Moscow, 123060, Russia.

Phone number: +7 (925) 050-01-14. E-mail: talanova.anna.vlad@gmail.com

ORCID.org/0000-0001-7607-9091

**Лежнев Дмитрий Анатольевич**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России.

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

Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: lezhnev@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-7163-2553

**Lezhnev Dmitriy Anatol'evich**, M. D. Med., Professor, Head of the 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: lezhnev@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-7163-2553

**Михеев Николай Николаевич**, доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, заслуженный врач РФ.

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

Тел.: +7 (926) 231-94-58. Электронная почта: miheevdoc@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-9033-325X

**Mikheev Nikolay Nikolayevich**, M. D. Med., Assistant Professor of the 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 (926) 231-94-58. E-mail: miheevdoc@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-9033-325X

### 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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-67-75>

## Возможности методов лучевой диагностики в предоперационном планировании устранения приобретенных челюстно-лицевых дефектов

А. А. Трефилов\*,<sup>1</sup>, Е. В. Крюков<sup>2</sup>, В. Н. Троян<sup>1</sup>, С. В. Терещук<sup>1</sup>,  
В. А. Сухарев<sup>1</sup>, И. А. Асеева<sup>1</sup>, Е. В. Гаїдукова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко»  
Минобороны России, Москва

<sup>2</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» Минобороны  
России, Санкт-Петербург

### Capabilities of Imaging Methods in Preoperative Planning for the Elimination of Acquired Maxillofacial Defects

A. A. Trefilov\*,<sup>1</sup>, E. V. Kryukov<sup>2</sup>, V. N. Troyan<sup>1</sup>, S. V. Tereshhuk<sup>1</sup>,  
V. A. Suharev<sup>1</sup>, I. A. Aseeva<sup>1</sup>, E. V. Gaydukova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia

<sup>2</sup> S. M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia

### Реферат

В настоящей работе проведен сравнительный анализ возможностей и эффективности визуализации перфорантных сосудов нижних конечностей с применением методов ультразвуковой доплерографии (УЗДГ) и компьютерно-томографической ангиографии (КТА). В результате показано, что УЗДГ обладает рядом преимуществ по сравнению с КТА, позволяя получать более четкое изображение перфорантных сосудов, определять точное место их анатомической локализации.

**Ключевые слова:** компьютерно-томографическая ангиография, ультразвуковая доплерография, посттравматический дефект челюстно-лицевой области, перфорантные сосуды нижних конечностей.

### Abstract

In this work a comparative analysis of the possibilities and efficiency of lower extremities perforator vessels visualization using the methods of Doppler ultrasound (DUS) and computed tomographic angiography

\* **Трефилов Александр Александрович**, заведующий рентгеновским кабинетом ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны России.

Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.

Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: trefys@mail.ru

ORCID.org /0000-0002-9885-5829

**Trefilov Aleksandr Aleksandrovich**, Head of the X-ray Room, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.

Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.

Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: trefys@mail.ru

ORCID.org /0000-0002-9885-5829

(CTA) is carried out. As a result, it is shown that DUS has a number of advantages over CTA, allowing to obtain a clearer image of perforator vessels, to determine the exact location of their anatomical localization.

**Key words:** Computed Tomographic Angiography, Doppler Ultrasound, Post-Traumatic Defect of the Maxillofacial Region, Perforator Vessels of the Lower Extremities.

## Актуальность

Под дефектом понимают отсутствие или потерю вещества тканью, а также той или иной ее функции, возникающие в результате самых разнообразных причин, в том числе из-за инфекций, опухолей и различных травм (например, бытовых, производственных, термических и др.) [1]. Устранение данных дефектов является актуальной и важной задачей, поскольку для нормальной жизни человека важны как правильное функционирование всех органов, так и эстетическая составляющая. При лечении дефектов лицевых костей используют различные импланты, графты и протезы, при повреждениях мягких тканей – лоскуты и трансплантаты. Одним из современных подходов к проведению реконструктивных операций посттравматических дефектов челюстно-лицевой области является использование перфорантных трансплантатов – участков ткани с перфорантным сосудом (перфорантом). Основное требование к пересаживаемой (трансплантируемой) ткани – это ее биосовместимость и способность выполнять функции восстанавливаемого органа. Перфорантные трансплантаты могут быть получены из различных донорских зон, в частности, из нижних конечностей. Применение таких трансплантатов позволяет уменьшить количество этапов реконструктивно-восстановительных операций, а также травматизацию зоны формирования трансплантата, сохраняя интактными магистральные со-

суды в донорской зоне. Однако до сих пор остается актуальной проблемой точное предоперационное определение топографо-анатомических особенностей перфорантов, от которых зависит жизнеспособность трансплантата. В связи с тем что диаметр перфорантных сосудов, на которых чаще всего формируются трансплантаты, составляет от 1 до 1,5 мм, их идентификация вызывает определенные сложности на этапе планирования и во время проведения операции [2]. В настоящее время для визуализации перфорантных сосудов в клинике используют 2 основных подхода – ультразвуковую доплерографию (УЗДГ) [7] и компьютерно-томографическую ангиографию (КТА) [3].

Метод УЗДГ позволяет выявить расположение перфорантного сосуда, его диаметр, а также направление кровотока в нем. Кроме того, с помощью УЗДГ можно получить гемодинамическую информацию о перфорантном сосуде. Важно также отметить, что УЗДГ удовлетворяет основным требованиям при планировании перфорантных трансплантатов – она является неинвазивной и достаточно простой техникой для визуализации перфорантных сосудов [7]. Однако исследование с помощью УЗДГ занимает достаточно много времени (порядка 30 мин), оно мало воспроизводимо из-за проведения в режиме реального времени, предоставляет информацию о перфорантном сосуде

лишь в ограниченной области и не дает полную картину относительно прилегающих анатомических ориентиров на одном изображении [9].

КТА позволяет получать подробные трехмерные изображения перфорантных сосудов, определять их расположение, диаметр и направленность относительно других анатомических структур. КТА обладает высокой воспроизводимостью и скоростью анализа. Однако у данного метода присутствуют такие недостатки, как воздействие ионизирующего излучения и использование потенциально нефротоксичного контрастного вещества [6].

Таким образом, на данный момент для предоперационного планирования перфорантных трансплантатов многие хирурги отдадут предпочтение методу КТА, поскольку он обладает большей эффективностью по сравнению с УЗДГ, что нашло подтверждение в ряде работ [3, 5, 6, 8]. Тем не менее существуют немногочисленные исследования, свидетельствующие о том, что в случае обнаружения перфорантных сосудов в нижних конечностях КТА не позволяет добиться требуемой детализации изображения, что приводит к ошибкам при планировании перфорантного трансплантата [4]. В связи с этим целью настоящей работы был сравнительный анализ эффективности визуализации перфорантных сосудов нижних конечностей пациентов с помощью методов лучевой диагностики (УЗДГ и КТА) для планирования реконструктивных операций посттравматических дефектов челюстно-лицевой области.

## Материалы и методы

Исследование было проведено на 85 пациентах с дефектами мягких тканей че-

люстно-лицевой области в возрасте от 19 до 54 лет (средний возраст 37 лет). Всем пациентам в предоперационный период были проведены исследования сосудов нижних конечностей для выявления перфорантов переднебокового лоскута бедра (anterolateral thigh (ALT) flap) с помощью компьютерно-томографической ангиографии (КТА) и ультразвуковой доплерографии (УЗДГ). Впоследствии всем пациентам провели реконструктивные операции, во время которых были выделены и визуально оценены выявленные перфоранты.

УЗИ проводили с помощью аппарата Philips EPIQ 5 (Philips, Нидерланды) с использованием линейного датчика частотой 12 МГц. Проекция точки выхода перфорантного сосуда была отмечена на коже маркером с толщиной грифеля, не превышающей 3 мм. Впоследствии точность определения точки выхода перфорантного сосуда была верифицирована во время операции. Все ультразвуковые доплеровские исследования проводили в одном учреждении, одним врачом ультразвуковой диагностики.

КТА проводили на аппаратах GE LightSpeed 64 и GE Optima CT660 (General Electric, США). Толщина среза — 1,25 мм, с последующей реконструкцией до 0,625 мм. При выполнении исследования с внутривенным болюсным введением контрастного препарата (одного из: Йомерон 400, Омнипак 350, Ультравист 370) использовали стандартный протокол со сканированием в артериальную и венозную фазы. Максимальная скорость введения контрастного вещества была не более 3,5 мл/с. Обследование пациентов выполняли в положении на спине (ногами вперед), аналогичном таковому во время последующей операции. Все

полученные аксиальные срезы после выполнения КТА были преобразованы в 3D-модель с помощью стандартного набора инструментов постобработки изображений формата DICOM.

Установленные данным методом места расположения перфорантных сосудов были отмечены на коже пациента с помощью маркера. Все КТА исследования проводили в одном учреждении одним врачом.

Для сравнительного анализа точности определения анатомической локализации перфорантов с помощью описываемых методов лучевой диагностики был выбран такой параметр, как расстояние между точкой выхода перфоранта, выявленной с использованием УЗДГ и КТА, и интраоперационным расположением

данного перфоранта. За пороговое значение предела точности было взято расстояние 5 мм, так как такая погрешность не оказывает существенного влияния при планировании перфорантного трансплантата [4]. Значения, превышающие пороговое, но находящиеся в пределах 10 мм, были оценены отдельно как допустимые при планировании трансплантата.

Все операции по выделению перфорантов переднебокового лоскута бедра проводила одна бригада хирургов. При выделении всех кожно-фасциальных лоскутов были оценены количество, расположение, калибр и ход перфорантов. Вышеуказанные параметры были сопоставлены с предоперационными результатами, полученными с помощью УЗДГ и КТА. Было измерено и записано

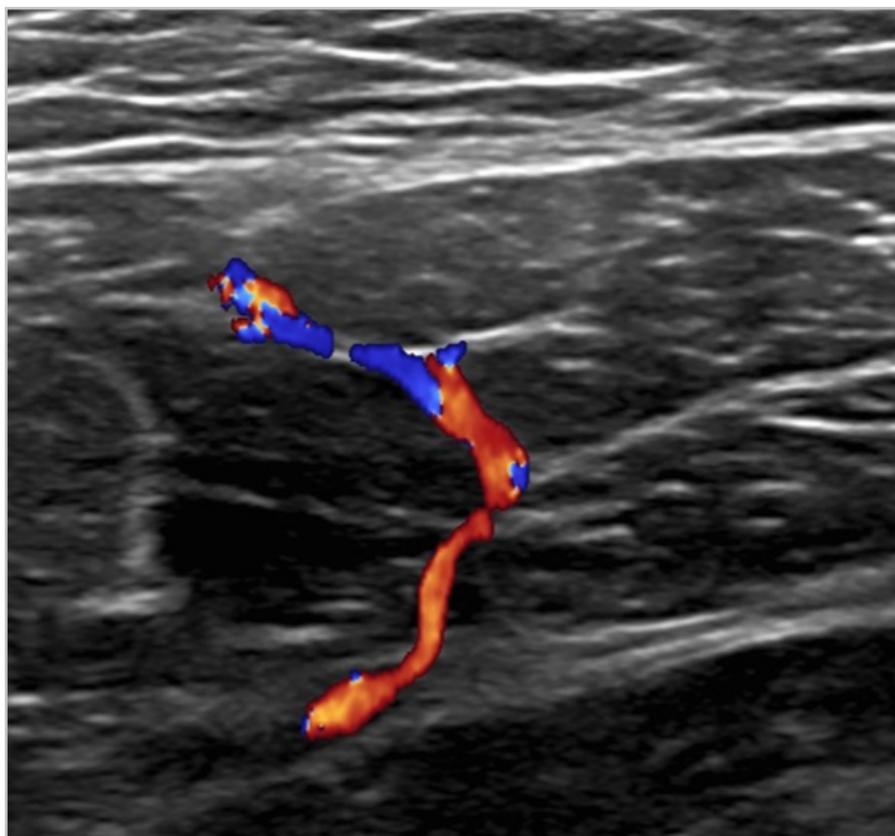


Рис. 1. Эхограмма пациента К.: в режиме цветового доплеровского картирования прослеживается перфорантный сосуд переднелатеральной поверхности правого бедра

расстояние в миллиметрах между точками, поставленными по данным обоих методов лучевой диагностики, и истинным анатомическим расположением перфорантов, обнаруженным во время операции.

Обработку полученных данных проводили с использованием 2-критерия (критерия согласия Пирсона) в программе GraphPad Prism 5. Значения  $p < 0,05$  считали статистически значимыми.

### Результаты и их обсуждение

В ходе работы у 85 пациентов было определено соотношение между количеством подходящих перфорантов (диаметр просвета сосуда от 1 до 1,5 мм), выявленных с помощью УЗДГ (рис. 1) и КТА (рис. 2), и сосудами, найденными во время проведения операций (рис. 3).

В результате подходящие перфорантные сосуды для формирования переднебокового лоскута бедра по данным УЗДГ были идентифицированы у всех пациентов (100 %), а по данным КТА — у 73 (86 %) пациентов.

После проведения сравнительного анализа точности определения анатомической локализации перфорантов с помощью УЗДГ и КТА исследуемые случаи были разделены на группы:

- 1) с погрешностью 0–5 мм;
- 2) 5–10 мм;
- 3) > 10 мм;
- 4) группа, в которой собраны случаи, когда перфорантный сосуд не удалось визуализировать с помощью методов лучевой диагностики.

Полученные данные представлены в табл. Статистическая обработка этих

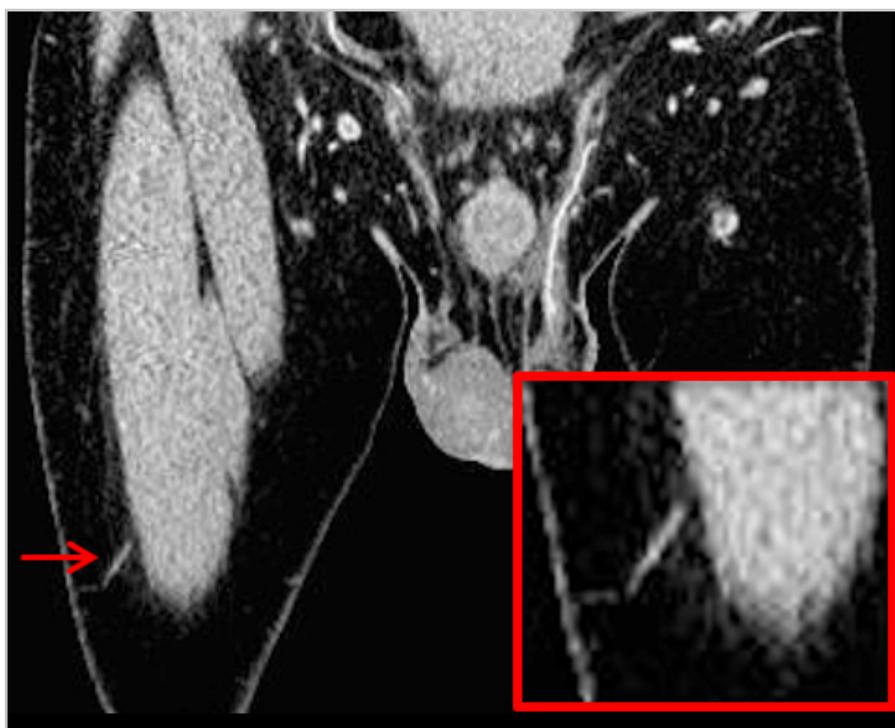


Рис. 2. Компьютерная томограмма пациента Н.: фронтальный срез на уровне перфорантного сосуда переднелатеральной поверхности правого бедра на фоне внутривенного контрастного усиления, мягкотканый режим. Стрелка указывает на перфорантный сосуд, вставка демонстрирует его увеличенное изображение

данных показала, что точность определения перфорантного сосуда в нижних конечностях методом УЗДГ достоверно выше, чем таковая при КТА ( $p < 0,05$ ; 2-критерий).

Таким образом, на основе полученных данных было показано, что в случае выявления перфорантных сосудов нижних конечностей УЗДГ является более эффективным и точным методом лучевой диагностики, чем КТА.

### Обсуждение

В нашей работе был проведен сравнительный анализ и установлено, что при планировании перфорантного трансплантата из нижних конечностей большей точностью обладает УЗДГ, в отличие от КТА. Несмотря на то что большинство сравнительных исследований эффективности визуализации перфорантных сосудов с помощью описываемых методов показывают превосходство КТА [10], в работе Feng et al. были получены аналогичные данные, что для выявления перфорантных сосудов в нижних конечностях УЗДГ представляет собой более точный метод [4]. Авторы объясняют это анатомической особенностью нижних конечностей, а именно их относительно тонкой подкожно-жировой клетчаткой. Так, при КТА четкость и детализация получаемого изображения зависят от различия между плотностью контрастированного перфорантного сосуда и жировой ткани.

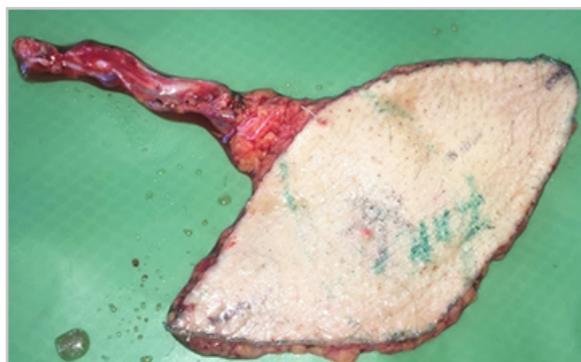


Рис. 3. Фотография перфорантного трансплантата пациента К.: трансплантат передне-латеральной поверхности правого бедра, выделенный хирургическим путем

Следовательно, в тех участках, где слой жировой ткани более толстый, например в брюшной полости, КТА обеспечивает четкое изображение перфорантного сосуда и позволяет точно определить расположение его внутримышечного или подкожного участков. Однако в областях с менее выраженной жировой тканью КТА не дает детального изображения, в отличие от УЗДГ [4]. Кроме того, у пациентов с выраженными аллергическими реакциями на йодсодержащие контрастные препараты, страдающих почечной недостаточностью или имеющих металлические имплантаты в донорской области, УЗДГ остается единственным методом исследования перфорантных сосудов, обладающим необходимой точностью.

Следовательно, можно сделать вывод, что в случае забора трансплантата

### Сравнение точности определения анатомической локализации перфорантов с помощью УЗДГ и КТА

Метод лучевой диагностики	Число случаев в группе			
	0–5 мм	5–10 мм	> 10 мм	Не найдено
УЗДГ	75	10	0	0
КТА	43	24	6	12

из нижних конечностей следует использовать УЗДГ, а не КТА.

## Выводы

Основываясь на данных нашего исследования, использование УЗДГ для предоперационного планирования перфорантных трансплантатов нижних конечностей является приоритетным методом из-за его высокой точности в определении местоположения перфорантных сосудов по сравнению с КТА.

## Список литературы

1. Клинические рекомендации по диагностике и лечению пациентов с челюстно-лицевыми деформациями врожденного и приобретенного генеза. Секции СтАР «Ассоциация челюстно-лицевых хирургов и хирургов-стоматологов». М., 2014.
2. *Чередниченко Н. О., Бадюл П. О., Слесаренко С. В., Куликова Ф. И.* Особенности визуализации перфорантных сосудов на этапе предоперационного планирования перфорантных лоскутов методом компьютерной томографии с ангиографией // Лучевая диагностика, лучевая терапия. 2017. № 1.
3. *Badiul P. O., Sliesarenko S. V.* Multidetector-row computed tomographic angiography in the planning of the local perforator flaps // *Plast. Reconstr. Surg. Glob. Open.* 2015. V. 22. P. e516.
4. *Feng S., Min P., Grassetti L., Lazzeri D., Sadigh P., Nicoli F., Torresetti M., Gao W., di Benedetto G., Zhang W., Zhang Y. X.* A prospective head-to-head comparison of color Doppler ultrasound and computed tomographic angiography in the preoperative planning of lower extremity perforator flaps // *Plast. Reconstr. Surg.* 2016. V. 137. P. 335–347.
5. *He Y., Jin S. F., Zhang C. P., Zhang Z. Y.* Medial sural artery perforator flap aided

by preoperative computed tomography angiography mapping for tongue reconstruction // *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2014. V. 43. P. 1064–1068.

6. *He Y., Tian Z., Ma C., Zhang C.* Superficial circumflex iliac artery perforator flap: identification of the perforator by computed tomography angiography and reconstruction of a complex lower lip defect // *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2015. V. 44. P. 419–423.
7. *Ibrahim R. M., Gunnarsson G. L., Akram J., Sørensen J. A., Thomsen J. B.* Color Doppler ultrasonography targeted reconstruction using pedicled perforator flaps — a systematic review and meta-analysis // *Eur. J. Plast. Surg.* 2018. V. 41. P. 495–504.
8. *Lee J. W., Kim H. K., Kim S. R., Han Y. S., Park J. H.* Preoperative identification of a perforator using computed tomography angiography and metal clip marking in perforator flap reconstruction // *Arch. Plast. Surg.* 2015. V. 42. P. 78–83.
9. *Ono S., Hayashi H., Ohi H., Ogawa R.* Imaging studies for preoperative planning of perforator flaps: an overview // *Clin. Plast. Surg.* 2017. V. 44. P. 21–30.
10. *Soliman H. H., Abozeid M. F., Moustafa M. A.* Efficacy of perforator CTA of deep inferior epigastric artery perforator flap in preoperative planning of breast reconstruction: comparative study with CDUS // *Egypt J. of Radiol. and Nucl. Med.* 2020. V. 51. P. 1–8.

## References

1. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of patients with maxillofacial deformities of congenital and acquired genesis. StAR sections «Association of Oral and Maxillofacial Surgeons and Dental Surgeons». Moscow, 2014 (in Russian).

2. *Cherednichenko N. O., Badjul P. O., Slesarenko S. V., Kulikova F. I.* Features of perforating vessels visualization at the stage of preoperative planning of perforating flaps by computed tomography with angiography. *Radiation Diagnostics, Radiation Therapy.* 2017. No. 1 (in Russian).
3. *Badiul P. O., Slesarenko S. V.* Multidetector-row computed tomographic angiography in the planning of the local perforator flaps. *Plast. Reconstr. Surg. Glob. Open.* 2015. V. 22. P. e516.
4. *Feng S., Min P., Grassetti L., Lazzeri D., Sadigh P., Nicoli F., Torresetti M., Gao W., di Benedetto G., Zhang W., Zhang Y. X.* A prospective head-to-head comparison of color Doppler ultrasound and computed tomographic angiography in the preoperative planning of lower extremity perforator flaps. *Plast. Reconstr. Surg.* 2016. V. 137. P. 335–347.
5. *He Y., Jin S. F., Zhang C. P., Zhang Z. Y.* Medial sural artery perforator flap aided by preoperative computed tomography angiography mapping for tongue reconstruction. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2014. V. 43. P. 1064–1068.
6. *He Y., Tian Z., Ma C., Zhang C.* Superficial circumflex iliac artery perforator flap: identification of the perforator by computed tomography angiography and reconstruction of a complex lower lip defect. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2015. V. 44. P. 419–423.
7. *Ibrahim R. M., Gunnarsson G. L., Akram J., Sørensen J. A., Thomsen J. B.* Color Doppler ultrasonography targeted reconstruction using pedicled perforator flaps – a systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Plast. Surg.* 2018. V. 41. P. 495–504.
8. *Lee J. W., Kim H. K., Kim S. R., Han Y. S., Park J. H.* Preoperative identification of a perforator using computed tomography angiography and metal clip marking in perforator flap reconstruction. *Arch. Plast. Surg.* 2015. V. 42. P. 78–83.
9. *Ono S., Hayashi H., Ohi H., Ogawa R.* Imaging studies for preoperative planning of perforator flaps: an overview. *Clin. Plast. Surg.* 2017. V. 44. P. 21–30.
10. *Soliman H. H., Abozeid M. F., Moustafa M. A.* Efficacy of perforator CTA of deep inferior epigastric artery perforator flap in preoperative planning of breast reconstruction: comparative study with CDUS. *Egypt. J. of Radiol. and Nucl. Med.* 2020. V. 51. P. 1–8.

### Сведения об авторах

**Трефилов Александр Александрович**, заведующий рентгеновским кабинетом ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны России.  
 Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.  
 Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: trefys@mail.ru  
 ORCID.org /0000-0002-9885-5829

**Trefilov Aleksandr Aleksandrovich**, Head of the X-ray Room, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.  
 Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.  
 Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: trefys@mail.ru  
 ORCID.org /0000-0002-9885-5829

**Крюков Евгений Владимирович**, доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН. Начальник ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.  
 Адрес: 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6.  
 Тел. +7 (812) 292-32-63. Электронная почта: evgeniy.md@mail.ru  
 ORCID.org /0000-0002-8396-1936

**Kryukov Evgeny Vladimirovich**, M. D. Med., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the S. M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia.  
Address: 194044, St. Petersburg, Academician Lebedev street, д. 6.  
Phone number: +7 (812) 292-32-63. Email: evgeniy.md@mail.ru  
ORCID.org /0000-0002-8396-1936

**Троян Владимир Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, начальник центра лучевой диагностики ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны России.  
Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.  
Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: vtroyan10@yahoo.com  
ORCID.org /0000-0002-8008-9660

**Troyan Vladimir Nikolayevich**, M. D. Med., Professor, Head of the Center for Radiation Diagnosis, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.  
Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.  
Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: vtroyan10@yahoo.com  
ORCID.org /0000-0002-8008-9660

**Терещук Сергей Васильевич**, кандидат медицинских наук, начальник центра челюстно-лицевой хирургии и стоматологии ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации.  
Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.  
Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: tereschuksv@gmail.com  
ORCID.org /0000-0001-6384-8058

**Tereshhuk Sergej Vasil'evich**, Ph. D. Med., Head of the Center for Maxillofacial Surgery and Dentistry, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.  
Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.  
Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: tereschuksv@gmail.com  
ORCID.org /0000-0001-6384-8058

**Сухарев Владимир Александрович**, начальник отделения реконструктивной, микрососудистой и пластической хирургии ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны России.  
Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.  
Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: skidoc@mail.ru  
ORCID.org /0000-0001-9556-6784

**Suharev Vladimir Aleksandrovich**, Head of the Department of Reconstructive, Microvascular, and Plastic Surgery, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.  
Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.  
Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: skidoc@mail.ru  
ORCID.org /0000-0001-9556-6784

**Асеева Ирина Анатольевна**, кандидат медицинских наук, заведующая отделением, врач ультразвуковой диагностики ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны России.  
Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.  
Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: irinaas.7@yandex.ru  
ORCID.org /0000-0003-2193-7604

**Aseeva Irina Anatol'evna**, Ph. D. Med., Head of C Department, Doctor of Ultrasound Diagnostics, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.  
Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.  
Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: irinaas.7@yandex.ru  
ORCID.org /0000-0003-2193-7604

**Гайдукова Елена Владимировна**, заведующая кабинетом КТ и ангиографии ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны России.  
Адрес: 105094, г. Москва, Госпитальная пл., д. 3.  
Тел.: +7 (499) 263-55-55. Электронная почта: e\_gaydukova@inbox.ru  
ORCID.org /0000-0001-9208-7446

**Gajdukova Elena Vladimirovna**, Head of the CT and Angiography Room, Burdenko Main Military Clinical Hospital, Ministry of Defense of Russia.  
Address: 3, Gospitalnaya pl., Moscow, 105094.  
Phone number: +7 (499) 263-55-55. E-mail: e\_gaydukova@inbox.ru  
ORCID.org /0000-0001-9208-7446

#### 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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-76-87>

## Изменения гемодинамических показателей в почечном трансплантате у детей

М. И. Пыков<sup>1</sup>, Д. Б. Эктов<sup>\*, 2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного профессионального образования» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики детского возраста, Москва

<sup>2</sup> Российская детская клиническая больница ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России, отделение по пересадке почки, Москва

### Changes in Hemodynamic Parameters in Various Morphological Changes in the Kidney Transplant in Children

М. I. Pykov<sup>1</sup>, D. B. Ektov<sup>\*, 2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education», Ministry of Healthcare of Russia, Department of Pediatric Radiation Diagnostics, Moscow

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Healthcare of Russia, Kidney Transplant Department, Moscow

#### Реферат

Целью исследования была оценка доплерографических показателей кровотока по сосудам трансплантированной почки с сохраненной азотовыделительной функцией при различных морфологических изменениях. Проведен анализ историй болезни 130 детей, которым были выполнены 130 аллогенных трансплантаций почек от посмертного донора. Проанализированы результаты 231 чрескожной пункционной биопсии и УЗИ трансплантатов. Данные морфологических исследований разделены на 5 групп:

- 1-я группа — не выявлено морфологических изменений, влияющих на функцию трансплантата;
- 2-я группа — морфологические признаки кальциневириновой токсичности;

*\* Эктов Денис Борисович, детский хирург, хирургическое отделение по пересадке почки, Российская детская клиническая больница ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва.*

*Адрес: 119571, г. Москва, Ленинский проспект, д. 117.  
Тел.: +7 (926) 230-30-40. Электронная почта: denis.ektov@rambler.ru  
ORCID.org/0000-0001-5676-1587*

**Ektov Denis Borisovich**, Pediatric Surgeon, Surgical Department for Kidney Transplantation, Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Healthcare of the Russia, Moscow.

*Address: 117, Leninsky prospect, Moscow, 119571, Russia.  
Phone number: +7 (926) 230-30-40. E-mail: denis.ektov@rambler.ru  
ORCID.org/0000-0001-5676-1587*

- 3-я группа — пограничное повреждение ткани трансплантата;  
 4-я группа — острое и хроническое отторжение;  
 5-я группа — неспецифический тубулоинтерстициальный склероз.

Индексы резистентности (IR) и пульсационные индексы (PI), измеренные на уровне общей почечной артерии (ОПА) и междольковых артериях (МДА), имели тенденцию к снижению у почек с иммунологическим влиянием и оставались стабильными в остальных морфологических группах. Достоверно определено, что чем выше степень гиалиноза артерий, тем ниже IR и PI, измеренные на уровне ОПА и МДА ( $p < 0,05$ ). Выявленная тенденция снижения значений IR и PI на уровне ОПА МДА может рассматриваться как одна из начальных ультразвуковых признаков, позволяющих говорить об уменьшении эластичности сосудистой стенки. Нормальные показатели почечной гемодинамики не исключают наличие патологических процессов, приводящих к дисфункции трансплантата.

**Ключевые слова:** почечный трансплантат, доплерография, чрескожная биопсия, морфология почки.

## Abstract

Ultrasound scanning is one of the main methods of instrumental examination of patients after allogeneic transplantation of kidney. The main reasons of dysfunction of the kidney transplant in long post-transplantation term are acute or chronic rejection, as well as acute and chronic nephrotoxicity of calcineurin inhibitors. The study includes an analysis of the medical history of 130 children with end-stage chronic renal failure who underwent 130 allogeneic kidney transplants from a posthumous donor. There were analyzed the results of 231 percutaneous puncture biopsies and ultrasound studies of renal transplants. The analyzed data of morphological studies are divided into 4 groups:

- 1st group — there are no morphological changes affecting graft function;  
 2nd group — morphological signs of calcineurin toxicity;  
 3rd group — borderline damage of the graft;  
 4th group — acute and chronic graft rejection;  
 5th group — non-specific tubulointerstitial sclerosis and tubular atrophy.

Indices of resistance and pulsation measured at the level of the renal artery and interlobular arteries tended to decrease in the kidneys with immunological influence and remained stable in other morphological groups. This means that, the higher the degree of hyalinosis of the arteries, the lower the indices of resistance and pulsation indices measured at the level of the common renal artery and interlobular arteries. The revealed tendency of a decrease in the values of the resistance index and the pulsation index at the level of the common renal artery of the interlobular arteries can be considered as one of the initial ultrasound signs that allow to speak of a decrease in the elasticity of the vascular wall. Normal indices of renal hemodynamics do not exclude the presence of pathological processes leading to graft dysfunction.

**Key words:** Renal Transplant, Doppler Ultrasound, Percutaneous Biopsy, Kidney Morphology.

## Актуальность

В XXI в. трансплантация почки по-прежнему является терапией выбора у детей с терминальной стадией хронической почечной недостаточности (ТХПН). Современные протоколы терапии, разработанные для предупреждения и лече-

ния острого отторжения, своевременная диагностика и лечение хирургических осложнений в раннем и отдаленном послеоперационных периодах позволили значительно увеличить выживаемость почечных трансплантатов (ПТ) [1, 2].

Нарушение функции почечного аллотрансплантата остается основной угрозой для долгосрочного выживания трансплантата и реципиента.

Дисфункция ПТ является гетерогенной по своей структуре, и ее развитие определяется рядом факторов, связанных с активацией иммунного ответа (острое, хроническое отторжение), нефротоксическим влиянием препаратов кальцинейрина (циклоsporин А, такролимус), патологических процессов, не связанных с иммунологическим или медикаментозным влиянием: инфекции, рефлюкс-нефропатия, гипертонический артериосклероз, нефрокальциноз, злокачественные новообразования и рецидив основного заболевания.

Основными причинами, приводящими к дисфункции ПТ в отдаленном периоде, являются острое или хроническое отторжение, а также острая и хроническая нефротоксичность ингибиторов кальцинейрина (CNI) [3–5].

Современные методы диагностики позволяют выявить многочисленные факторы, приводящие к дисфункции почечного трансплантата как в раннем, так и в позднем периоде после трансплантации.

Широкое распространение для оценки анатомо-морфологического состояния почечного трансплантата получило ультразвуковое исследование (УЗИ). Для мониторинга функционального состояния ПТ используется доплерография, которая дает уникальную информацию о сосудистой архитектонике и особенностях кровообращения почки. С помощью прямого измерения скорости кровотока и величины сопротивления в сосудах почек можно оценить почечную перфузию, установить степень адекватности кровотока в паренхиме [6].

Основными причинами повышения значений индекса резистентности (IR) и пульсационного индекса (PI) являются интерстициальный отек, изменение сосудистого тонуса, эндovasкулит. Эти патологические процессы развиваются в основном при отторжении трансплантата. Повышение значений IR в раннем послеоперационном периоде может свидетельствовать об острой постишемической почечной недостаточности или отторжении трансплантата, в отдаленном периоде о развитии хронической дисфункции трансплантата, возвратной нефропатии и нефросклерозе. PI наиболее чувствителен в отношении изменения уровня периферического сопротивления и в большей степени отражает состояние микроциркуляторного русла, т. е. тонуса стенки артериол и капилляров [7, 8].

В настоящее время основным методом оценки структурных изменений трансплантированной почки является гистологическое исследование биопсийного материала, полученного с помощью пункционной биопсии [9]. Хотя биопсия остается «золотым стандартом» диагностики дисфункции почечного аллотрансплантата, она несет в себе риски и осложнения любого инвазивного исследования, включая кровотечение, формирование артериовенозных фистул или псевдоаневризм [10].

Учитывая неудобства и потенциальные риски, присущие биопсии, неинвазивные методы имеют большое значение для принятия клинических решений, особенно во время амбулаторного наблюдения за реципиентами [11, 12]. Ранняя диагностика повреждения аллотрансплантата позволяет правильно провести лечение и предотвратить дальнейшее повреждение пересаженной почки.

**Цель:** оценка доплерографических показателей кровотока трансплантированной почки с сохраненной азотовыделительной функцией, а также их изменение в отдаленном посттрансплантационном периоде при различных морфологических изменениях в трансплантате.

### Материалы и методы

Исследование включает анализ истории болезни 130 детей с терминальной стадией хронической почечной недостаточности (ТХПН), которым в 2009–2019 гг. были выполнены 130 аллогенных трансплантаций почек от посмертного донора. Возраст пациентов составляет от 5 до 17 лет, из которых мальчиков 80 (62 %), девочек 50 (38 %).

Первое место среди причин, приведших к развитию ТХПН, занимает врожденная патология мочевыводящих путей (29 %), далее следует гипоплазия и дисплазия почек (18 %), кистозные заболевания (16 %), гемолитико-уремический синдром (10 %), наследственный нефрит (6 %), системные заболевания соединительной ткани (5 %), хронический гломерулонефрит (9 %), другие причины (7 %).

Трансплантация донорской почки выполнялась забрюшинно в подвздошную область реципиента. Артериальный анастомоз формировался между почечной артерией трансплантата и наружной или внутренней подвздошной артерией реципиента. Венозный анастомоз осуществлялся между почечной веной донорской почки и наружной подвздошной веной реципиента. Для восстановления экскреторного тракта формировался уретероцистоанастомоз по экстравезикальной методике Lich — Gregoir или J. Barry.

Все дети получали трехкомпонентную иммуносупрессивную терапию, включающую ингибитор кальцинейрина (циклоsporин А, такролимус), глюкокортикостероид (преднизолон, метилпреднизолон) и препарат микофеноловой кислоты (майфортик) или микофенолата мофетил (селлсепт).

Проанализированы результаты 231 чрескожной пункционной биопсии и УЗИ почечных трансплантатов, которые были выполнены от 0,7 до 78,9 мес после трансплантации. На момент УЗИ и биопсии проводилась лабораторная диагностика, позволяющая оценить функциональное состояние трансплантата.

Исследование включало определение уровня сывороточного креатинина (CREA), суточную протеинурию, определение скорости клубочковой фильтрации (СКФ), рассчитанной по формуле Schwartz. Интервал между инструментальной, лабораторной диагностикой и биопсией почки составлял менее 3 дней.

УЗИ проводилось конвексным датчиком частотой 3–5 МГц и линейным датчиком 8–10 МГц. Обследование пациента осуществлялось в положении лежа. Оценивался контур почки, однородность, эхогенность, толщина паренхимы, четкость кортико-медуллярной дифференцировки, состояние коллекторной системы. При топометрии определялись длина, ширина, высота с последующим вычислением объема трансплантата (V) по формуле

$$V = 0,523 \times A \times B \times C,$$

где *A* — длина почки; *B* — ширина; *C* — толщина; 0,523 — поправочный коэффициент.

Цветовая доплерография позволяла оценить адекватность перфузии

паренхимы почечного трансплантата и выявить участки обеднения сосудистого рисунка. При спектральной доплерографии определялись пиковая систолическая ( $V_{ps}$ ) и конечная диастолическая ( $V_{ed}$ ), IR и PI. Проводилось измерение линейной скорости кровото-

ка в почечной вене. Кровоток исследовали на уровне основного ствола почечной артерии и в междольковых артериях в нижнем, среднем и верхнем сегментах, с последующим вычислением среднего показателя. Угол инсонации был в интервале от 30 до 60.



Рис. 1. Нормальные показатели IR, PI, измеренные на уровне общей почечной артерии

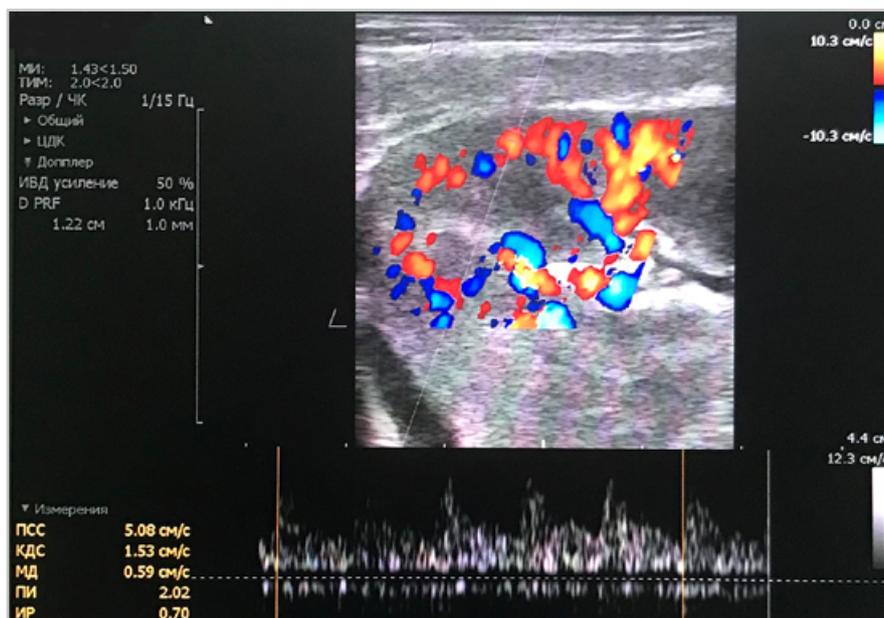


Рис. 2. Нормальные показатели IR, PI, измеренные на уровне междольковой артерии

Все биопсии были выполнены после УЗИ, чтобы исключить интрааренальные артериовенозные фистулы и псевдоаневризмы.

Через 1 год после АГТП проводились 79 % биопсий по протоколу и далее каждые 1,5–2 года, 21 % биопсий были выполнены по показаниям, т. е. при росте сывороточного креатинина более чем на 30 % или протеинурии более 400 мг/сут.

Чрескожная биопсия паренхимы почечного трансплантата проводилась в положении пациента лежа на спине под эхографическим контролем автоматической биопсийной системой BARD MAGNUN с пункционной иглой размером G16, G18. Выполнялась двукратная пункционная биопсия нижнего или среднего сегмента трансплантата.

Морфологические изменения в почечном трансплантате оценивались по данным световой микроскопии и иммунофлюоресценции. Верификация морфологических изменений производилась в соответствии с международной Banff классификацией патологии аллотрансплантата почки в модификации от 2016 г.

В исследование не включались неадекватные биопсии. Согласно классификации Banff, к неадекватным биоптатам относятся образцы, в которых отсутствует кортикальный слой или количество клубочков менее 7, отсутствуют артериальные ветви.

В исследование не были включены пациенты с сердечной недостаточностью, стенозом аорты, подвздошных артерий и общей почечной артерии трансплантата, объемными образованиями в ложе аллогraftа и гидронефрозом, поскольку эти патологические состояния могут влиять на почечную гемодинамику.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи компьютерной программы для статистического анализа Statistica 12.0 и программы Microsoft Excel 2010. Были использованы методы описательной статистики с определением частоты встречаемости признака, среднего арифметического, медианы и стандартного отклонения (SD). Для проверки статистической значимости различий частотных показателей использовали точный критерий Фишера, двусторонний тест. Достоверными считались различия при  $p < 0,05$ ;  $0,05 \leq p < 0,1$  рассматривали как тенденцию к различию. Также для выявления и оценки связей между исследуемыми показателями применялся непараметрический анализ ANOVA, критерий Стьюдента (t). Различия считали статистически достоверными при  $p < 0,05$ .

## Результаты и их обсуждение

Проанализированные данные морфологических исследований были разделены на 4 группы. Первая группа — не выявлено морфологических изменений, влияющих на функцию трансплантата, 2-я группа — морфологические признаки кальциневриновой токсичности, 3-я группа — пограничное повреждение ткани трансплантата, 4-я группа — острое и хроническое отторжение трансплантата, 5-я группа — неспецифический тубулоинтерстициальный склероз (табл. 1).

Основную долю исследуемого материала составляли биоптаты с изменениями на фоне иммунологического влияния разной степени выраженности 28 % (4-я группа) и неспецифическим тубулоинтерстициальным склерозом 23 % (5-я группа).

## Морфологическая структура трансплантатов

Группа	Гистологические изменения	Количество (%)
1-я	Патологических изменений нет	47 (20)
2-я	Кальциневриновая токсичность	28 (12)
3-я	Пограничное повреждение	38 (17)
4-я	Острое и хроническое отторжение	68 (28)
5-я	Неспецифический тубулоинтерстициальный склероз	53 (28)

Морфологические изменения сосудов микроциркуляторного русла почек в группах в виде гиалиноза артериол (ah) и интимального артериита (v) представлены в табл. 2.

Основные изменения артериол в виде гиалиноза были представлены в группе с CNI-токсичностью, неспецифическим тубулоинтерстициальным склерозом, атрофией канальцев и составляли 67 и 48 % соответственно.

Интимальный артериит был выявлен только в 4-й группе и составлял 42 %. Сочетание гиалиноза артериол и артериита в 4-й группе было выявлено в 10 % биоптатов. Средний возраст трупных доноров в 1-й группе был достоверно ниже, чем в остальных ( $p < 0,05$ ), во 2, 3, 4, 5-й группах достоверных различий не выявлено ( $p > 0,05$ ) (табл. 3).

Все трансплантаты были с сохранной депурационной функцией, рассчитанная СКФ в группах была больше 40 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>.

Скорость клубочковой фильтрации в 4-й группе была достоверно ниже, чем в остальных ( $p < 0,05$ ), тогда как суточная протеинурия и сывороточный креатинин были достоверно выше в группах с морфологическими признаками CNI-токсичности и отторжения ( $p < 0,05$ ).

Снижение СКФ, повышение креатинина и суточной протеинурии поз-

воляют говорить о наличии патологических процессов, происходящих в трансплантате и приводящих к его дисфункции.

При УЗИ все трансплантаты имели бобовидную форму, четкие, ровные контуры, хорошо выраженную кортикомедулярную дифференцировку, патологических изменений чашечно-лоханочной системы не было выявлено.

Результаты анализа показателей почечной гемодинамики на уровне общей почечной артерии и междольковых артерий у пациентов в отдаленные сроки после трансплантации представлены в табл. 4.

Значения IR и PI, определенные на уровне общей почечной артерии, были достоверно ниже в 4-й и 5-й группах ( $p < 0,05$ ), в 1, 2, 3-й достоверных различий не было выявлено ( $p > 0,05$ ).

IR, измеренные на уровне междольковых артерий, имели тенденцию к снижению, тогда как остальные показатели, отражающие тонус сосудистой стенки на уровне междольковых артерий, были стабильными и не имели статистических различий ( $p > 0,05$ ).

Линейная скорость кровотока, измеренная на уровне почечной вены, во всех группах оставалась стабильной и статистически значимых различий не имела ( $p > 0,05$ ).

Таблица 2

**Морфологические изменения сосудов микроциркуляторного русла трансплантатов**

Изменения в ренальных сосудах	Группа														
	1-я (n = 47)			2-я (n = 28)			3-я (n = 38)			4-я (n = 68)			5-я (n = 53)		
Степень ah, v	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Гиалиноз артериол (ah), %	20	—	6	53	6	8	18	3	—	22	15	4	34	8	6
Интимальный артериит (v), %	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	—	—	—	—	—

Таблица 3

**Средний возраст трупных доноров в группах**

Группа	1-я (n = 47)	2-я (n = 28)	3-я (n = 38)	4-я (n = 68)	5-я (n = 53)
Возраст донора, лет	35,1 ± 12,9	41 ± 10,8	42 ± 14,6	41,5 ± 11,2	44,4 ± 10,1

\* p < 0,05.

Таблица 4

**Гемодинамические показатели ренального кровотока почечного трансплантата у пациентов в отдаленные сроки после трансплантации**

Показатели ренального кровотока	Группа				
	1-я (n = 47)	2-я (n = 28)	3-я (n = 38)	4-я (n = 68)	5-я (n = 53)
Vps ОПА, см/с	110 ± 17	98 ± 21	95 ± 19,7	88 ± 21,5*	76 ± 19,1*
Ved ОПА, см/с	35 ± 2,9	29 ± 3,1	31 ± 3,2	30 ± 2,8	24 ± 2,1
IR ОПА	0,67 ± 0,07	0,65 ± 0,09	0,68 ± 0,07	0,64 ± 0,07*	0,63 ± 0,07*
PI ОПА	1,3 ± 0,3	1,32 ± 0,34	1,45 ± 0,32	1,16 ± 0,23*	1,23 ± 0,23*
Vps МДА, см/с	10,2 ± 4,1	10,1 ± 2,9	10,4 ± 4,9	10,5 ± 4,2	10,5 ± 3,9
Ved МДА, см/с	4,3 ± 1,8	4,3 ± 2,3	4,5 ± 2,1	4,7 ± 1,7	4,0 ± 1,7
IR МДА	0,60 ± 0,1	0,59 ± 0,09	0,62 ± 0,06	0,55 ± 0,08**	0,6 ± 0,08**
PI МДА	1,12 ± 0,2	1,06 ± 0,34	1,22 ± 0,32	1,18 ± 0,23	1,06 ± 0,23
Vven, см/с	34 ± 20	27 ± 10	27 ± 19	28 ± 21	26 ± 21

\* p < 0,05.

\*\* 0,05 ≤ p < 0,1.

Изменения показателей ренальной гемодинамики в зависимости от степени гиалиноза артериол в морфологических группах представлены в табл. 5.

В 1-й морфологической группе был выявлен только гиалиноз артериол 1-й и

3-й степени, во 2, 4 и 5-й группах были выявлены все 3 степени гиалиноза, в 3-й группе гиалиноз был представлен 1-й и 2-й степенью,

Достоверные различия были выявлены между средними значениями IR,

Таблица 5

**Показатели гемодинамики в морфологических группах при гиалинозе артериол**

Показатели ренальной гемодинамики	Группа												
	1-я (n = 47)		2-я (n = 28)			3-я (n = 38)		4-я (n = 68)			5-я (n = 53)		
Степень ah, v	1	3	1	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3
Vps ОПА, см/с	83,8 ± 35,7	108	77,4 ± 27,0	63 ± 8,2	66,2 ± 17	96,48 ± 22,5	114	72,4 ± 37	71 ± 26	49,9 ± 10,5	71,7 ± 17	69 ± 13	59 ± 13
Ved ОПА, см/с	28,9 ± 11,2	47	23,7 ± 9,5	22,7 ± 9,5	24 ± 4,7	33,3 ± 7,8	57	24,4 ± 11,4	26,4 ± 10	18,6 ± 7,5	21,7 ± 9,9	21,2 ± 9	17,1* ± 7,3
IR ОПА	0,65 ± 0,06	0,57*	0,68 ± 0,09	0,6* ± 0,1	0,62* ± 0,03	0,65 ± 0,06	0,5	0,67 ± 0,07	0,63* ± 0,07	0,6* ± 0,05	0,62 ± 0,06	0,61* ± 0,07	0,57* ± 0,05
PI ОПА	1,29 ± 0,24	1,11*	1,42 ± 0,38	1,15* ± 0,21	1,14* ± 0,17	1,29 ± 0,54	0,77	1,27 ± 0,33	1,21** ± 0,26	1,0* ± 0,06	1,19 ± 0,23	1,19 ± 0,21	1,1* ± 0,07
Vps МДА, см/с	12,9 ± 4,5	10,5 ± 2,1	10,4 ± 3,75	11,5 ± 4,9	12,2 ± 3,7	10,3 ± 3,9	8,42 ± 2,5	12,7 ± 3,5	9 ± 2,1	10,6 ± 4,3	9,6 ± 3,3	9,1 ± 2,0	10,2 ± 4,1
Ved МДА, см/с	4,9 ± 2,0	5,5 ± 2	4,14 ± 2,15	4,3 ± 2,3	5,6 ± 1,7	4,7 ± 2,3	3,8 ± 2,1	4,9 ± 1,9	4,3 ± 1,4	3,7 ± 1,4	4 ± 1,1	4,1 ± 1,3	3,3* ± 1,4
IR МДА	0,62 ± 0,1	0,47* ± 0,04	0,62 ± 0,1	0,62 ± 0,11	0,55* ± 0,06	0,62 ± 0,07	0,49* ± 0,01	0,62 ± 0,08	0,59 ± 0,1	0,61 ± 0,1	0,61 ± 0,08	0,58 ± 0,1	0,56* ± 0,1
PI МДА	1,20 ± 0,3	0,84* ± 0,2	1,17 ± 0,36	1,15 ± 0,48	1,0* ± 0,27	1,24 ± 0,18	0,9* ± 0,25	1,21 ± 0,27	1,17 ± 0,31	1,08* ± 0,25	1,20 ± 0,25	1,18 ± 0,3	1,06* ± 0,21
Vven, см/с	30,3 ± 11,9	37	26,9 ± 9,3	38 ± 21	23,7 ± 8,5	33,8 ± 22	29	33,4 ± 16	48 ± 35	30 ± 20	31,2 ± 14	43 ± 34	31 ± 21

\* p < 0,05.

\*\* 0,05 ≤ p < 0,1.

PI на уровне общей почечной артерии при разных степенях гиалиноза артериол в 1, 2, 4, 5-й морфологических группах. Чем выше была степень гиалиноза, тем ниже значения IR, PI на уровне общей почечной артерии  $0,05 \leq p < 0,1$ .

Средние значения PI на уровне междольковых артерий во всех морфологических группах при гиалинозе 1-й степени, были достоверно выше, чем при 2-й и 3-й степени ( $p < 0,05$ ).

Динамика усредненных показателей IR также показала достоверное его снижение у биоптатов с более выраженной степенью гиалиноза ( $p < 0,05$ ). Исключение составляла 4-я группа, где не было получено достоверных различий IR ( $p > 0,05$ ). Интимальный артериит был представлен в биоптатах 4-й группы и только 1-й и 2-й степени (табл. 6).

Изменения показателей IR, PI на уровне общей почечной и междольковых артерий указывают на наличие достоверной разницы в параметрах, отражающих сосудистое сопротивление. Повышение значений IR, PI были выявлены при интимальном артериите 2-й степени ( $p < 0,05$ ). Также было получено достоверное увеличение линейной скорости кровото-

ка в основной почечной вене трансплантата при артериите 2-й степени ( $p < 0,05$ ).

Проведенный сравнительный анализ доплерографического исследования выявил, что показатели, отражающие тонус сосудистой стенки у трансплантатов с сохраненной азотовыделительной функцией, измеренные на уровне общей почечной артерии и междольковых артериях, имели тенденцию к снижению у почек с иммунологическим влиянием и оставались стабильными в остальных морфологических группах.

При дальнейшем анализе данных мы выявили четкую статистическую достоверность, говорящую о том, что чем выше степень гиалиноза артерий, тем ниже индексы сосудистого сопротивления, измененные на уровне общей почечной артерии и междольковых артерий.

## Выводы

1. Выявленная тенденция снижения значений IR и PI на уровне общей почечной артерии и междольковых артерий может рассматриваться как одна из начальных ультразвуковых признаков, позволяющих говорить об уменьшении эластичности

Таблица 6

Показатели гемодинамики при различных степенях интимального артериита

Степень артериита	Vps ОПА, см/с	Ved ОПА, см/с	IR ОПА	PI ОПА	Vps МДА, см/с	Ved МДА, см/с	IR МДА	IR МДА	Vven, см/с
1-я	85,8	30,5	0,65	1,25	11,5	4,4	0,62	1,2	36
	± 40	± 13,5	± 0,08	± 0,28	± 4,7	± 1,95	± 0,08	± 0,36	± 16
2-я	95	31,5	0,7**	1,6*	8,1	3,3	0,69*	1,55*	98*
	± 26,6	± 16	± 0,07	± 0,17	± 1,9	± 1,47	± 0,09	± 0,35	± 37

\*  $p < 0,05$ .

\*\*  $0,05 \leq p < 0,1$ .

сосудистой стенки, что является причиной нарушения миогенного механизма ауторегуляции почки и в дальнейшем приводящей к дисфункции почечного трансплантата.

2. Поскольку у пациентов с субклиническим отторжением могут быть нормальные показатели индексов сосудистого сопротивления, протокольная пункционная биопсия позволяет диагностировать патологические процессы в трансплантате в отдаленном послеоперационном периоде.
3. Допплерография как методика ультразвуковой диагностики является наиболее доступным методом неинвазивного исследования гемодинамики почечного трансплантата и играет немаловажную роль в диагностике патологии ПТ, но этот метод должен применяться только как дополнительный в сочетании с другими методиками.

### Список литературы

1. Данович Г. Руководство по трансплантации почки. М.: Триада, 2004. 471 с.
2. Данович Г. Трансплантация почки. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 848 с.
3. Никитин А. В. Механизмы нефротоксического действия иммунодепрессантов-ингибиторов кальцинейрина // Антибиотики и химиотерапия. 2014. Т. 59. № 2. С. 44–47.
4. Пыков М. И. Детская ультразвуковая диагностика. Уронефрология. М.: Видар-М, 2014. 240 с.
5. Сандришков В. А., Каабак М. М., Платонова Е. Н., Сандриков В. И., Бабенко Н. Н., Зокоев А. К. Ранние диагностические критерии криза отторжения почечного трансплантата по данным ультразвукового мониторинга // Трансплантология. 2017. Т. 9. № 3. С. 248–251.

6. Claire McArthur, Colin C. Geddes, Grant M. Baxter. Early measurement of pulsatility and resistive indexes: correlation with long-term renal transplant function // Radiol. 2011. V. 259. № 1. P. 278–285.
7. Gao J. et al. Doppler parameters in renal transplant dysfunction: Correlations with histopathologic changes // J. Ultrasound Med. 2011. V. 30. № 2. P. 169–175.
8. Krumme B., Grotz W., Kirste G., Schollmeyer P., Rump L. C. Determinants of intrarenal Doppler indices in stable renal allografts // JASN. 1997. V. 8. No. 5. P. 813–816.
9. Naesens M., Dirk R. J. Kuypers, Sarwal M. Calcineurin inhibitor nephrotoxicity // Clinical J. of the Am. Society of Nephrology. 2009. V. 4. № 2. P. 481–508.
10. Ponticelly C. Renal transplantation: where do we stand today? // Nephrol. Dial. Transplant. 2004. V. 19. No. 12. P. 2937–2947.
11. Liptak P., Ivanyi B. Primer: histopathology of calcineurin-inhibitor toxicity in renal allografts // Nature Clinical Practice Nephrol. 2006. V. 2. № 7. P. 398–404.
12. Preuss S., Rother C., Renders L., Wagenpfeil S., Holtzmann C., Kuechle C., Heemann U., Friedrich K. Sonography of the renal allograft: Correlation between doppler sonographic resistance index and histopathology // Clini. Hemorheol. and Microcirc. 2018. V. 70. № 4. P. 413–422.

### References

1. Danovich G. Guide to Kidney Transplantation. Moscow: Triada, 2004. 471 p. (in Russian).
2. Danovich G. Kidney Transplantation. Moscow: GEOTAR-Media, 2014. 848 p. (in Russian).
3. Nikitin A. V. Mechanisms of nephrotoxic action of immunosuppressants-calcineu-

- rin inhibitors. Antibiotics and chemotherapy. 2014. V. 59. No. 2. P. 44–47 (in Russian).
4. *Pykov M. I.* Children's ultrasound diagnostics. Uro nephrology. Moscow: Vidar-M, 2014. 240 p. (in Russian).
  5. *Sandrikov V. A., Kaabak M. M., Platonova E. N., Sandrikov V. I., Babenko N. N., Zokoev A. K.* Early diagnostic criteria for the renal transplant rejection crisis according to ultrasound monitoring data. Transplantology. 2017. V. 9. No. 3. P. 248–251 (in Russian).
  6. *Claire McArthur, Colin C. Geddes, Grant M. Baxter.* Early measurement of pulsatility and resistive indexes: correlation with long-term renal transplant function. Radiol. 2011. V. 259. No. 1. P. 278–285.
  7. *Gao J. et al.* Doppler parameters in renal transplant dysfunction: Correlations with histopathologic changes. J. of Ultrasound in Medicine. 2011. V. 30. No. 2. P. 169–175.
  8. *Krumme B., Grotz W., Kirste G., Scholzmeyer P., Rump L. C.* Determinants of intrarenal Doppler indices in stable renal allografts. Clin. J. of the Am. Society of Nephrol. 1997. V. 8. No. 5. P. 813–816.
  9. *Naesens M., Dirk R. J. Kuypers, Sarwal M.* Calcineurin Inhibitor Nephrotoxicity. Clinical J. of the American Society of Nephrol. 2009. V. 4. No. 2. P. 481–508.
  10. *Ponticelly C.* Renal transplantation: where do we stand today? Nephrol. Dialysis Transplantation. 2004. V. 19. No. 12. P. 2937–2947.
  11. *Liptak P., Ivanyi B.* Primer: histopathology of calcineurin-inhibitor toxicity in renal allografts. Nature Clin. Prac. Nephrol. 2006. V. 2. No. 7. P. 398–404.
  12. *Preuss S., Rother C., Renders L., Wagenpfeil S., Holtzmann C., Kuechle C., Heemann U., Friedrich K.* Sonography of the renal allograft: Correlation between doppler sonographic resistance index and histopathology. Clin. Hemorheol. and Microcirc. 2018. V. 70. No. 4. P. 413–422.

### Сведения об авторах

**Пыков Михаил Иванович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики детского возраста, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного профессионального образования» Минздрава России, Москва.

Адрес: 125373, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 28.

Электронная почта: pykov@yandex.ru

ORCID.org/0000-0003-3731-6263

**Pykov Mikhail Ivanovich**, M.D. Med. Professor, Head of the Department of Radiation Diagnostics of Children, «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education», Ministry of Healthcare of Russia, Moscow.

Address: 28, ul. Geroev Panfilovtsev, Moscow, 125373, Russia.

E-mail: pykov@yandex.ru

ORCID.org/0000-0003-3731-6263

**Эктов Денис Борисович**, детский хирург, хирургическое отделение по пересадке почки, Российская детская клиническая больница ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Минздрава России, Москва.

Адрес: 119571, г. Москва, Ленинский проспект, д. 117.

Тел.: +7 (926) 230-30-40. Электронная почта: denis.ektov@rambler.ru

ORCID.org/0000-0001-5676-1587

**Ektov Denis Borisovich**, Pediatric Surgeon, Surgical Department for Kidney Transplantation, Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow.

Address: 117, Leninsky prospect, Moscow, 119571, Russia.

Phone number: +7 (926) 230-30-40. E-mail: denis.ektov@rambler.ru

ORCID.org/0000-0001-5676-1587

### 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.

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-88-94>

## Результаты использования нового рентгеновского цифрового палатного передвижного аппарата в условиях многопрофильного стационара

О. М. Алексеева<sup>\*,1</sup>, А. Ю. Васильев<sup>2</sup>, О. О. Мануйлова<sup>1</sup>,  
А. В. Прохоров<sup>3</sup>, А. Р. Дабагов<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», г. Москва

<sup>3</sup> АО «МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ Лтд»

## Results of Using a New X-ray Digital Chamber Mobile Device in the Conditions of a Multi-profile Stationary

O. M. Alekseeva<sup>\*,1</sup>, A. Yu. Vasil'ev<sup>2</sup>, O. O. Manyilova<sup>1</sup>,  
A. V. Prokhorov<sup>3</sup>, A. R. Dabagov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov,  
Moscow Healthcare Department

<sup>2</sup> Central Science-Research Institute of Radiology Ltd, Moscow

<sup>3</sup> MEDICAL TECHNOLOGIES Ltd

### Реферат

При проведении рентгенографических исследований вне рентгеновского кабинета важно учитывать характер патологии у пациента, а также организационные и методологические аспекты его применения вне специализированных условий. Цель исследования: анализ опыта применения нового палатного передвижного рентгеновского аппарата в условиях многопрофильного стационара. Установлено, что автономность нового рентгеновского комплекса позволяет существенно сократить время проведения исследования, не требуется время на подключение аппарата в сеть и загрузки комплекса при переходе от пациента к пациенту.

*\* Алексеева Ольга Михайловна*, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы».  
Адрес: 115516, г. Москва, ул. Бакинская, д. 26.  
Тел.: +7 (915) 058-13-93. Электронная почта: [olya.alexseeva@ya.ru](mailto:olya.alexseeva@ya.ru)  
ORCID.org/0000-0002-8007-2586

*Alekseeva Olga Mikhailovna*, Ph. D. Med, Radiologist, City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department.  
Address: 26, ul. Bakinskaya, Moscow, 115516, Russia.  
Phone number: +7 (915) 058-13-93. E-mail: [olya.alexseeva@ya.ru](mailto:olya.alexseeva@ya.ru)  
ORCID.org/0000-0002-8007-2586

**Ключевые слова:** передвижной рентгеновский аппарат, неспециализированные условия, рентгенографические исследования.

## Abstract

It is important to consider the nature of the patient's pathology when carrying out X-ray studies outside the X-ray room, as well as the organizational and methodological aspects of its use outside of specialized conditions. The purpose of the study is to analyze the experience of using a new ward mobile X-ray device in a multidisciplinary hospital. It was found that the autonomy of the new X-ray system can significantly reduce the time of the study. No time is required to connect the device to the network and load the complex during the transition from patient to patient.

**Key words:** Mobile X-ray Device, Unspecialized Conditions, X-ray Examinations.

## Актуальность

В лечебно-профилактических учреждениях различного уровня рентгеновскую съемку проводят как в условиях отделения лучевой диагностики на стационарном оборудовании, так и при помощи передвижных рентгеновских аппаратов в палатах, реанимационных залах, операционных [1]. За последние годы в иностранной научной литературе опубликовано немногочисленное количество исследований об опыте применения передвижных рентгеновских аппаратов непосредственно на месте происшествия при дорожно-транспортных авариях. Однако технология рентгеновских исследований в неспециализированных условиях постепенно развивается. В Японии проводят рентгеновскую съемку в машинах скорой медицинской помощи [9], в медицинских вертолетах, прибывших на место происшествия [7]. В 2020 г., в условиях пандемии, структура рентгеновских исследований в неспециализированных помещениях видоизменилась, появилось значительное количество публикаций, которые показывают значительную возросшую роль передвижной рентгеновской техники [3–6, 8]. На территории Российской Федерации в настоящее время в офици-

альных документах зарегистрировано множество передвижных рентгеновских аппаратов для съемки в неспециализированных условиях, которые применяются ежедневно.

При проведении рентгенографических исследований в неспециализированных условиях важно учитывать патологию у пациента, а также организационные, методологические аспекты его применения в неспециализированных условиях [2]. Научно-технический прогресс позволил за последние годы создать новое оборудование, а также усовершенствовать технологию съемки. Это и иного класса рентгеновские трубки, и цифровые высокоразрешающие приемники рентгеновского изображения. Быстрый переход от аналоговых рентгеновских систем к цифровым привел к резкому улучшению рентгенодиагностики. Совершенно очевидна тенденция в уменьшении размеров оборудования, разработка устройств на основе сниженной лучевой нагрузки на пациентов и персонал.

**Цель:** изучить достоинства и недостатки нового передвижного рентгеновского аппарата «МобиРен-4МТ-Д» в условиях многопрофильного стацио-

нара, при выполнении рентгенограмм пациентам в палатах и реанимациях.

### Материалы и методы

В городской клинической больнице первого уровня, оказывающей все виды плановой, неотложной, хирургической и терапевтической помощи, был установлен новый цифровой мобильный рентгеновский аппарат «МобиРен-4МТ-Д».

Передвижной аппарат позволял автономное проведение рентгенографических исследований без подключения к питающей сети напряжением 220 В. Автоматизированное рабочее место (АРМ) лаборанта состояло из 14-дюймового защищенного планшета с Wi-Fi плоскостельным цифровым детектором размером с эквивалентным пленочным кассетам 35 × 43. АРМ лаборанта поставляется с сумкой для переноса комплектующих АРМ с целью проведения рентгенографических исследований на сторонних пленочных рентгеновских комплексах. Основные технические ха-

рактеристики комплекса представлены в таблице.

### Результаты и их обсуждение

В неспециализированных условиях (вне рентгеновского отделения) было выполнено и проанализировано 1298 рентгенографических исследований. По анатомической локализации распределение было следующим: органы грудной клетки (n = 698; 54 %), органы брюшной полости (n = 357; 27 %), костно-суставная система (n = 243; 19 %).

Все выполненные исследования описывались врачами-рентгенологами. В результате 537 рентгенограмм были без патологических изменений. Стоит отметить, что в данной группе у пациентов в 207 случаях не наблюдалось патологических изменений, а исследования выполнялись с целью контроля правильности установки различных катетеров, дренажных и трахеостомических трубок. Далее проанализировано 761 рентгенографическое исследование

**Технические характеристики комплекса мобильного рентгеновского аппарата «МобиРен-4МТ-Д»**

Характеристики комплекса	Значения
Выходная мощность моноблока	5,6 кВт
Размер фокусных пятен	0,6 (малый) и 1,8 (большой) мм
Встроенная аккумуляторная батарея в моноблоке	+
Количество исследований на одном заряде батареи, не менее	100 экспозиций
Беспроводная кнопка экспозиции	+
Детектор цифровой, Wi-Fi	+
Шаг пикселя	148 мкм
Размер рабочего поля детектора	35 × 43 см
Портативный растр-кейс	+
АРМ-лаборанта на базе 14-дюймового защищенного планшета	+
Масса комплекса	Не более 70 кг

с патологическими изменениями. Среди них в 330 случаях наблюдались процессы в виде застойных и инфильтративных изменений на рентгенограммах органов грудной клетки. В 398 случаях были выполнены рентгенограммы в хирургическом отделении реанимации пациентам после установки различных металлоостеоконструкций. Рентгенограммы органов брюшной полости были выполнены 33 пациентам, однако все снимки были выполнены в трохопозиции, что затрудняло оценку наличия свободного газа, уровней жидкости, чаш Клойбера в брюшной полости.

При опыте использования нового передвижного аппарата были выработаны основные требования для выполнения рентгеновских снимков в условиях стационара, в частности, реанимационного отделения.

Анализ работы передвижного аппарата показал, что отсутствие поворотного коллиматора сильно усложняло позиционирование штатива у кровати пациента, штатив нужно было ставить перпендикулярно к койке, что в подавляющем большинстве (95 % случаев) выполнить было невозможно из-за ограниченного пространства между кроватями в реанимационных залах. При выполнении рентгенограммы органов грудной клетки без поворотного коллиматора 95 % случаев верхушки легких или реберно-диафрагмальные синусы были вне зоны исследования, что приводило к избыточному раскрытию шторки коллиматора с целью захвата всей интересующей области и выполнения правильности рентгеновской укладки. В последующем на основании полученных рекомендаций поворотный коллиматор стал базовой опцией данного рентгеновского аппарата.

Выяснено, что еще одним аспектом работы аппарата было «засыпание» моноблока при автономной работе. При простое более 10 мин в режиме автономной работы, без подключения к сети 220 В моноблок переходил в режим Sleep для экономии заряда батареи. В этом режиме моноблок не был чувствителен к нажатию кнопки экспозиции, а рентгенолаборанту приходилось заново активировать моноблок, нажимая включение на пульте управления моноблока.

Еще одной сложностью при эксплуатации аппарата было отсутствие возможности управления режимами съемки с рабочего места лаборанта. Регулирование режимов экспозиции осуществлялось только с панели управления моноблока. Для получения снимка лаборант должен был выполнять исследование в определенной последовательности: завести исследование (вести ФИО, пол, возраст), установить режимы экспозиции на моноблоке, выбрать автоматический режим экспозиции, взвести триггер детектора, нажать кнопку экспозиции. Возможность корректировать режим экспозиции при необходимости была только на самом моноблоке, что вызывало неудобство в эксплуатации. Обязательным пунктом перед началом исследования являлось «взведение триггера детектора». При отсутствии активации этого режима исследование не проводилось, как правило, требовалась повторная экспозиция. Совместная разработка позволила изменить технологию управления моноблоком с АРМ лаборанта, в результате чего время проведения исследования сократилось. Количество операций уменьшилось до 3 и включало заведение исследования, выбор автоматического режима экспозиции, нажатие

кнопки экспозиции. Важно отметить, что управление детектором осуществлялось посредством Wi-Fi, наличие быстросъемного извлечения АРМ лаборанта (на базе защищенного планшета) со штатива аппарата позволило обеспечить возможность получения рентгенограмм на сторонних рентгеновских комплексах. При этом сам аппарат мог продолжать работать в пленочном режиме, например, с кассетой CR.

При съемках в палатах и реанимационных залах на начальных этапах эксплуатации были использованы стандартные физико-технические условия съемки, реализованные производителем без возможности изменения, с последующим сохранением параметров съемки. Однако после выполнения более 1000 рентгенограмм функция органа автоматизации была изменена, и рентгенолаборанты получили возможность внести исправления по выработанным режимам. Была добавлена функция «сохранить АПР» на АРМ лаборанта, что позволило рентгенолаборанту корректировать режимы без помощи технических специалистов. Лаборант получил возможность выбирать анатомическую программу и корректировать режимы программы (кВ, мА, мс, фокус и т. д.).

### Заключение

Совместная работа врачей-рентгенологов многопрофильного стационара и компании-производителя позволила значительно улучшить эксплуатационные характеристики мобильного автономного рентгеновского аппарата для съемки в палатах. Автономность 2 компонентов комплекса моноблока и АРМ лаборанта позволяет существенно сократить время проведения исследования, не требуя времени на подключение

аппарата к сети и повторной загрузки комплекса при переходе от пациента к пациенту.

### Список литературы

1. Алексеева О. М., Васильев А. Ю., Крюков Е. В. Рентгеновские исследования органов брюшной полости в палатах // Воен.-мед. журнал. 2020. № 7. С. 64–66.
2. Алексеева О. М., Нечаев В. А., Мануйлова О. О. Частота встречаемости неподлежащих описанию рентгенограмм, выполненных в неспециализированных условиях (реанимационных залах) // Сборник трудов Общерос. межвед. науч.-практ. конф. «Неотложная лучевая диагностика в многопрофильной клинике». 2020. С. 20–21.
3. Jacobi A., Chung M., Bernheim A. Portable chest X-ray in coronavirus disease-19 (COVID-19): A pictorial review // Clin. Imag. J. 2020. V. 64. P. 35–42.
4. Rai A., Ditkofsky N., Hunt B. Portable chest radiography through glass during COVID-19 pandemic-initial experience in a tertiary care center // Canad. Association of Radiol. J. 2020. V. 72 (1). P. 175–179.
5. England A., Littler E., Romani S. Modifications to mobile chest radiography technique during the COVID-19 pandemic – implications of X-raying through side room windows // Radiogr. (Lond.). 2020. V. 27 (1). P. 193–199.
6. Jeffrey M., Jeffery S., David A. Through the glass portable radiography of patients in isolation units: experience during the coronavirus disease (COVID-19) pandemic // Am. J. Roentgenol. 2020. V. 25. P. 1–10.
7. Kazuhiko Omori, Ken-Ichi Muramatsu, Hiroki Nagasawa. The utility of a portable x-ray system case reports // Air Med. J. 2019. V. 38 (3). P. 212–214.

8. *Sng L., Arlany L., Toh L. C.* Initial data from an experiment to implement a safe procedure to perform PA erect chest radiographs for COVID-19 patients with a mobile radiographic system in a «clean» zone of the hospital ward // Radiogr. (Lond.). 2021. V. 27 (1). P. 48–53.
9. *Yanagawa Y., Ohsaka H., Oode Y.* A case of fatal trauma evaluated using a portable X-ray system at the scene // Phys. Eng. Sci. Med. 2020. V. 43 (3). P. 765–779.

## Reference

1. *Alekseeva O. M., Vasil'ev A. Yu., Krykov E. V.* X-ray studies of the abdominal organs in the wards. Military Med. J. 2020. V. 7. P. 64–66 (in Russian).
2. *Alekseeva O. M., Nechaev V. A., Manyilova O.O.* Frequency of occurrence of inappropriate radiographs taken in non-specialized conditions (resuscitation rooms) // Proceedings of the All-Russian Interdepartmental scientific and practical conference «Emergency radiation diagnostics in a multidisciplinary clinic». 2020. P. 20–21.
3. *Jacobi A., Chung M., Bernheim A.* Portable chest X-ray in coronavirus disease-19 (COVID-19): A pictorial review. Clin. Imag. J. 2020. V. 64. P. 35–42.
4. *Rai A., Ditkofsky N., Hunt B.* Portable chest radiography through glass during COVID-19 pandemic-initial experience in a tertiary care center. Canad. Association of Radiol. J. 2020. V. 72 (1). P. 175–179.
5. *England A., Littler E., Romani S.* Modifications to mobile chest radiography technique during the COVID-19 pandemic implications of X-raying through side room windows. Radiogr. (Lond.). 2020. V. 27 (1). P. 193–199.
6. *Jeffrey M., Jeffery S., David A.* Through the glass portable radiography of patients in isolation units: experience during the coronavirus disease (COVID-19) pandemic. Am. J. Roentgenol. 2020. V. 25. P. 1–10.
7. *Kazuhiko Omori, Ken-Ichi Muramatsu, Hiroki Nagasawa.* The utility of a portable x-ray system case reports. Air Med. J. 2019. V. 38 (3). P. 212–214.
8. *Sng L., Arlany L., Toh L. C.* Initial data from an experiment to implement a safe procedure to perform PA erect chest radiographs for COVID-19 patients with a mobile radiographic system in a «clean» zone of the hospital ward. Radiogr. (Lond.). 2021. V. 27 (1). P. 48–53.
9. *Yanagawa Y., Ohsaka H., Oode Y.* A case of fatal trauma evaluated using a portable X-ray system at the scene. Phys. Eng. Sci. Med. 2020. V. 43 (3). P. 765–779.

## Сведения об авторах

**Алексеева Ольга Михайловна**, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы».

Адрес: 115516, г. Москва, ул. Бакинская, д. 26.  
Тел.: +7 (915) 058-13-93. Электронная почта: olya.alexseeva@ya.ru  
ORCID.org/0000-0002-8007-2586

**Alekseeva Olga Mikhailovna**, Ph. D. Med., Radiologist, City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department.

Address: 26, ul. Bakinskaya, Moscow, 115516, Russia.  
Phone number: +7 (915) 058-13-93. E-mail: olya.alexseeva@ya.ru  
ORCID.org/0000-0002-8007-2586

**Васильев Александр Юрьевич**, доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики».

Адрес: 109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д.15, кор.1.  
Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: auv62@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-0635-4438

**Vasil'ev Alexandr Yur'evich**, M. D. Med., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Central Science-Research Institute of Radiology.  
Address: 15/1, ul. Aviakonstruktora Milya, 109431, Moscow, Russia.  
Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-0635-4438

**Мануйлова Ольга Олеговна**, кандидат медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы».  
Адрес: 115516, г. Москва, ул. Бакинская, д. 26.  
Тел.: +7 (926) 220-37-25. Электронная почта: moek@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-1161-2104

**Manuilova Ol'ga Olegovna**, Ph. D. Med., Head of the Department of Radiology, City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department.  
Address: 26, ul. Bakinskaya, Moscow, 115516, Russia.  
Phone number: +7 (926) 220-37-25. E-mail: moek@mail.ru  
ORCID.org/0000-0002-1161-2104

**Прохоров Александр Валерьевич**, руководитель отдела разработки АПС ООО «Научно-технический центр «МТ».  
Адрес: 140030, Московская обл., Люберецкий район, гп Малаховка, ул. Лесопитомник, д. 10/1.  
Тел.: +7 (903) 010-03-62. Электронная почта: pav@mtl.ru  
ORCID.org/0000-0003-1491-4527

**Prokhorov Aleksandr Valer'evich**, Head of the Development Department, Scientific-Technical Center «МТ».  
Address: 10/1, ul. Lesopitomnik, Malahovka, Ovrazhki, Moscow region, , 140030, Russia.  
Phone number: +7 (903) 010-03-62. E-mail: pav@mtl.ru  
ORCID.org/0000-0003-1491-4527

**Дабагов Анатолий Рудольфович**, президент ГК «Медицинские технологии».  
Адрес: 105318, г. Москва, ул. Ибрагимова, 31, офис 500.  
Тел.: +7 (495)663-95-01. Электронная почта: mtl@mtl.ru

**Dabagov Anatolij Rudol'fovich**, President of the Medical Technologies Group.  
Address: 31, office 500, st. Ibragimova, Moscow, 105318.  
Phone number: +7 (495)663-95-01. Электронная почта: mtl@mtl.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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-95-115>

## Нормальная анатомия проводящих путей головного мозга: что нужно знать нейрорентгенологу (обзор литературы)

А. С. Филатов\*, Е. И. Кремнева, М. С. Матросова,  
В. В. Трубицына, Л. А. Добрынина, М. В. Кротенкова

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва

### The Normal Anatomy of the Brain Pathways: What the Neuroradiologist Needs to Know (Literature Review)

A. S. Filatov\*, E. I. Kremneva, M. S. Matrosova,  
V. V. Trubitsyna, L. A. Dobrynina, M. V. Krotenkova

Research Center of Neurology, Moscow

#### Реферат

С помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии (ДТ-МРТ) можно визуализировать большинство проводящих путей головного мозга, количественно оценить их целостность и даже предположить ведущий механизм повреждения (демиелинизация или ишемия). Однако использование данного метода затруднительно без хороших знаний анатомии. В статье приводятся имеющиеся в литературе сведения о строении и функциях основных проводящих путей головного мозга.

**Ключевые слова:** диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография, проводящие пути головного мозга.

#### Abstract

Diffusion-tensor magnetic resonance imaging (DT-MRI) allows imaging of most brain pathways, quantifying their integrity and even suggesting a leading mechanism of damage (demyelination or ischemia). However, it is difficult to use this technique without a good knowledge of the anatomy. This article provides an overview of the literature on the structure and function of the main brain pathways.

**Key words:** Diffusion-Tensor Magnetic Resonance Imaging, Brain Pathways.

\* **Филатов Алексей Сергеевич**, аспирант, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва.

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: fil4tovmd@gmail.com

**Filatov Alexey Sergeevich**, Postgraduate, Radiologist of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: fil4tovmd@gmail.com

## Актуальность

Проводящие пути (ПП) центральной нервной системы (ЦНС) — это группы нервных волокон, связывающие различные отделы головного и спинного мозга и характеризующиеся общностью строения и функций. В зависимости от величины, формы и направления совокупности нервных волокон, формирующих ПП, называют путями или трактами (*tractus*), пучками (*fasciculi*), волокнами (*fibrae*), спайками (*commissurae*), петлями (*ansae*, *lemnisci*) или лучистостями (*radiationes*).

Важным шагом в изучении анатомии белого вещества головного мозга стало открытие Джозефа Клингера, описавшего в 1935 г. технику фиксации препаратов мозга в 10 %-ном растворе формалина на протяжении 3 нед, с последующей их заморозкой при  $-16^{\circ}\text{C}$  на тот же срок. Будучи гидрофильной молекулой, формалин не способен проникнуть через гидрофобные миелиновые оболочки аксонов, благодаря чему растущие кристаллы льда постепенно

раздвигают нервные волокна, не нарушая при этом их целостности [3].

Внедрение в клиническую практику метода магнитно-резонансной томографии (МРТ), а именно высокопольных 1,5-теслового (1985) и 3-тесловых (1998) сканеров, дало возможность исследовать анатомию головного мозга и ПП *in vivo* [14]. При рутинном МРТ-исследовании головного мозга можно проследить некоторые тракты, в частности, на срединных срезах в сагиттальной плоскости прослеживается мозолистое тело, передняя и задняя спайки, тело и ножки свода мозга (рис. 1). Однако большинство ПП в стандартных МРТ-режимах трудно различимы.

В начале 1990-х гг. Питер Бассер и Денис ле Биан впервые использовали метод диффузионно-тензорной МРТ (ДТ-МРТ) для визуализации ПП головного мозга. Данный метод основан на определении направления и выраженности диффузии воды в каждом вокселе изображения. Поскольку белое вещество

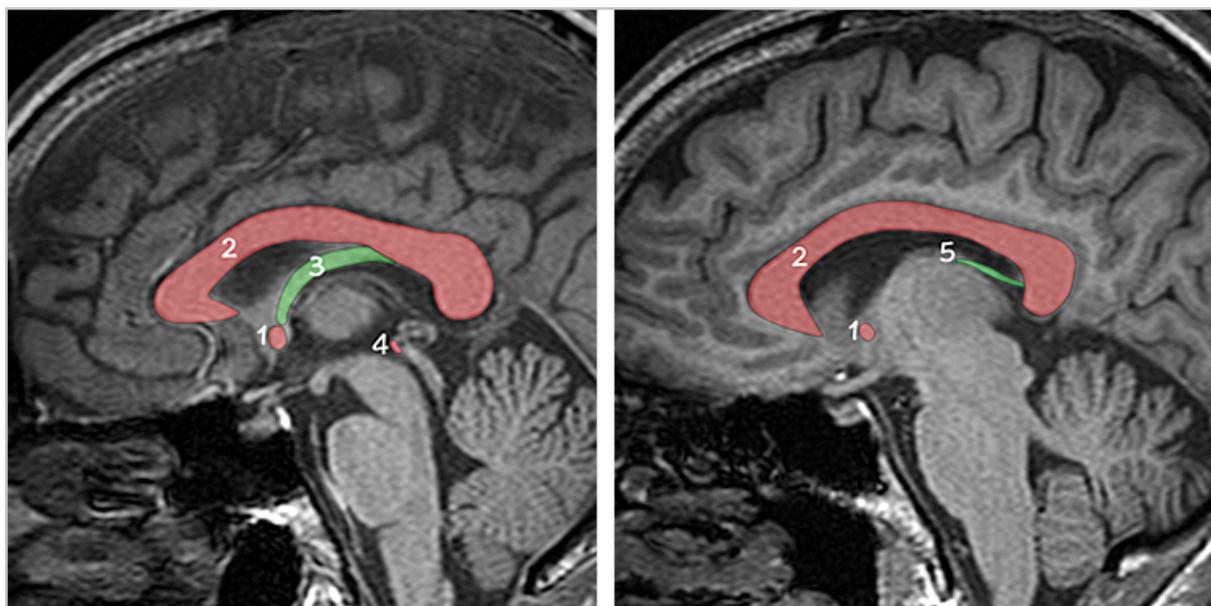


Рис. 1. МР-томограммы; режим T1 MPR, сагиттальная плоскость: 1 — передняя спайка; 2 — мозолистое тело; 3 — тело свода мозга; 4 — задняя спайка; 5 — ножка свода мозга

головного мозга состоит из миллиардов вытянутых аксонов, покрытых миелиновой оболочкой, молекулам воды легче диффундировать вдоль хода волокон ПП, так как миелиновые оболочки препятствуют ее движению в других направлениях. Анализируя выраженность и траекторию преимущественного направления диффузии воды в соседних вокселях, можно визуализировать ход ПП головного мозга путем построения цветowych двумерных карт фракционной анизотропии (ФА) (рис. 2) или трехмерных изображений самих трактов на основании этих карт [6].

ФА является скалярной величиной со значениями от нуля до единицы, которой описывают степень анизотропии диффузии, т.е. выраженность ее распространения в каком-то одном направлении. Если ФА равна 0 — диффузия изотропна, т.е. не ограничена (или одинаково ограничена) во всех направлениях, если ФА равна 1 — диффузия происходит только вдоль одной оси и

полностью ограничена во всех других направлениях. Метод позволяет закодировать цветом воксели с преимущественным направлением диффузии по 3 направлениям: красным — «вправо-влево», зеленым — «вперед-назад», синим — «вверх-вниз» (рис. 2). На основании карт ФА моделируют ПП в трехмерном пространстве, но при этом нужно обязательно помнить, что визуализируемые таким образом ПП — это лишь модель и число «трубочек» в составе трактов не равняется числу аксонов, а лишь пропорционально их общему объему. В нейрорентгенологии визуализируемые ПП, как правило, называют трактами, а метод их построения — МР-трактографией.

С помощью ДТ-МРТ были подробно описаны и дополнены анатомические данные не только для ранее известных пучков, например верхнего продольного, дугообразного, нижнего лобно-затылочного, крючковидного, но также были описаны новые, до этого неизвестные ПП — лобный косой пучок, средний про-

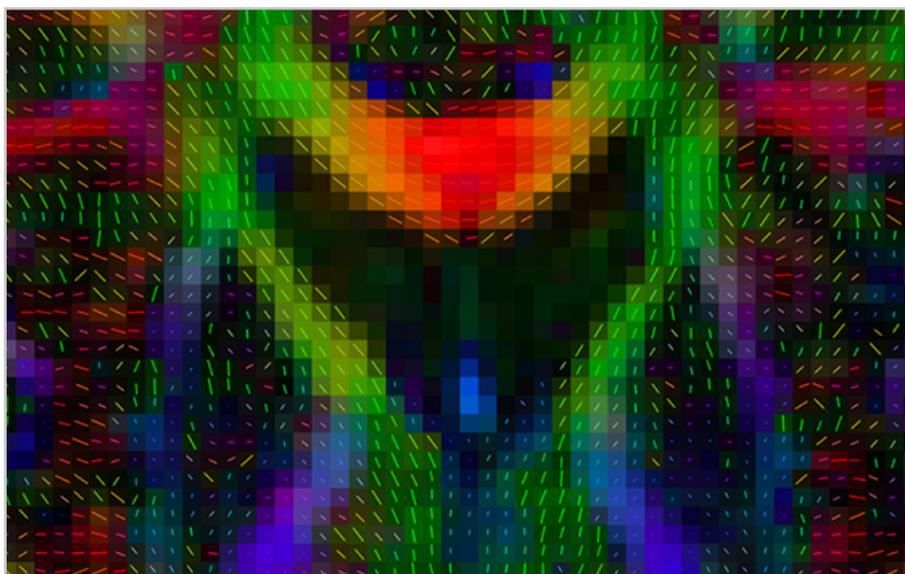


Рис. 2. МР-томограмма; цветовая карта фракционной анизотропии, аксиальная плоскость. Преимущественное направление диффузии воды обозначено цветом и линиями (глифами): красный — «вправо-влево»; зеленый — «вперед-назад»; синий — «вверх-вниз»

дольный пучок. Принципиально изменился подход к хирургическим вмешательствам в функционально значимых областях мозга [6]. Однако использование данного метода затруднительно без хорошего знания анатомии ПП головного мозга.

**Цель:** представить краткое современное описание анатомии и функций основных ПП головного мозга.

### Основные проводящие пути головного мозга

На цветовых картах ФА разные группы ПП, как уже отмечалось выше, закодированы 3 основными цветами: ассоциативные волокна – зеленым цветом, так как они имеют преимущественно переднезаднее направление; комиссуральные волокна – красным цветом, так как их волокна проходят слева направо (или наоборот); проекционные волокна – синим цветом, так как они имеют краниокаудальное и каудокраниальное направления.

#### Ассоциативные волокна

Ассоциативные волокна (рис. 3) бывают короткими и длинными.

Длинные ассоциативные волокна соединяют анатомически удаленные, но функционально связанные участки коры в пределах одного полушария головного мозга. К ним относят: верхний, средний и нижний продольные пучки, нижний лобно-затылочный пучок, крючковидный пучок, поясную извилину и свод мозга [28].

#### Верхний продольный пучок (superior longitudinal fasciculus)

Анатомия: в старых учебниках анатомии верхний продольный пучок (superior longitudinal fasciculus) описывали как

горизонтально ориентированную группу волокон, соединяющую задние отделы теменной доли с латеральными отделами лобной коры (Dejerine, 1895).

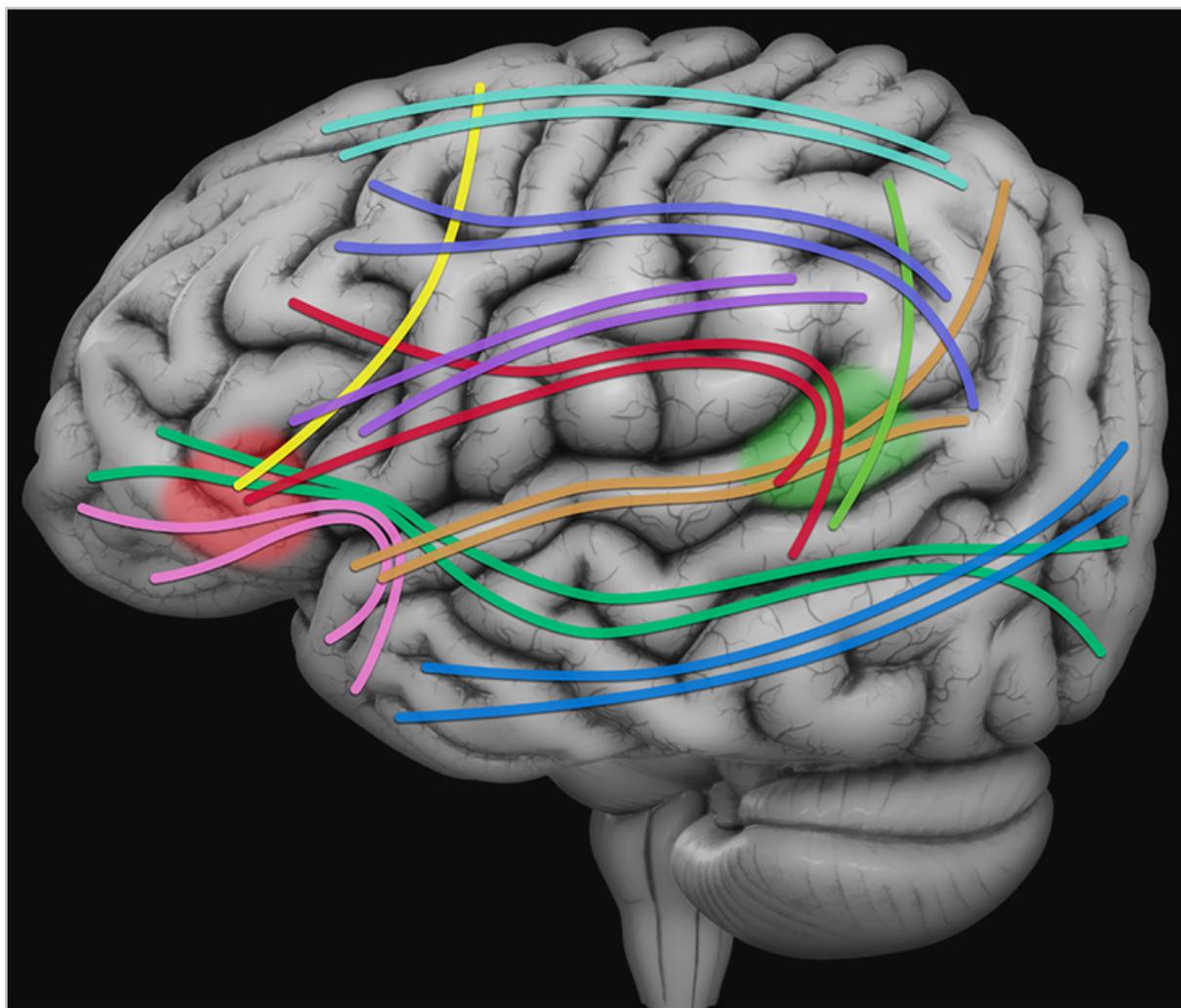
В результате сравнительных трактографических исследований головного мозга людей и обезьян было обнаружено, что верхний продольный пучок состоит из 3 ветвей:

- первая ветвь (SLF-I) соединяет верхнюю теменную долю (поле 5) и предклинье (поле 7) с верхней лобной извилиной (поля 8, 9, 32) и передними отделами поясной извилины (поле 24);
- вторая ветвь (SLF-II) берет начало в передних отделах внутритеменной борозды и в угловой извилине (поля 39, 40) и заканчивается в задних отделах верхней и средней лобной извилин (поля 6, 8, 9);
- третья ветвь (SLF-III) соединяет внутритеменную борозду и нижнюю теменную долю с нижней лобной извилиной (поля 44, 45, 47) [30].

Ряд авторов включают в его состав также дугообразный пучок и височно-теменной компонент, который связывает нижнюю теменную долю с задними отделами верхней височной извилины (SLF TP), выделяя 3 основные группы волокон:

- 1) горизонтальный сегмент, или лобно-теменная часть (SLF-I, SLF-II, SLF-III);
- 2) вертикальный сегмент, или височно-теменная часть (SLF TP);
- 3) лобно-височный сегмент, или дугообразная часть (дугообразный пучок) [18].

Дугообразный пучок (arcuate fasciculus) состоит из 2 основных групп волокон:



- — первая ветвь верхнего продольного пучка (SLF-I);
- — вторая ветвь верхнего продольного пучка (SLF-II);
- — третья ветвь верхнего продольного пучка (SLF-III);
- — височно-теменной компонент верхнего продольного пучка (SLF TP);
- — дугообразный пучок;
- — средний продольный пучок;
- — нижний продольный пучок;
- — нижний лобно-затылочный пучок;
- — крючковидный пучок;
- — лобный косой пучок.

Рис. 3. Схематическое изображение ассоциативных проводящих путей на латеральной поверхности полушария большого мозга. Участок верхней височной извилины, обозначенный зеленым цветом, — зона Вернике; участок нижней лобной извилины, обозначенный красным цветом, — зона Брока

- путь STG (superior temporal gyrus pathway), или вентральный сегмент, соединяет задние отделы верхней височной извилины (поля 41 и 42) с нижней лобной извилиной (поля 44 и 45 — зона Брока) [30];
- путь MTG (middle temporal gyrus pathway), или дорсальный сегмент, соединяет среднюю и нижнюю височные извилины (поля 21, 22, 37) с нижними отделами прецентральной извилины (поле 6) и задними отделами средней и нижней лобной извилин (поля 8, 9, 44 и 45) [30].

Функции: относительно поверхностные повреждения дугообразного пучка связывают с возникновением проводниковой (кондуктивной) афазии, когда пациент не может повторить то, что он услышал. Более грубые поражения, затрагивающие всю толщину дугообразного пучка, приводят к транскортикальной афазии (нарушена спонтанная речь, понимание грамматически сложных предложений, возникают проблемы с названием предметов) [4]. Повреждение SLF-I вызывает трудности с выполнением действий, которые опираются на ранее полученный опыт. SLF-II передает информацию о видимом пространстве из теменной доли в префронтальную кору. Его повреждение связывают с расстройствами пространственной памяти, сложностями при фокусировке внимания на нескольких предметах. SLF-III играет важную роль в артикуляционном компоненте речи [23]. Поражение височно-теменного компонента верхнего продольного пучка связывают с развитием синдрома пространственного игнорирования (синдром неглекта) и зрительного угасания (утрата способности воспринимать стимулы одновременно из обоих полей зрения).

#### Средний продольный пучок (middle longitudinal fasciculus)

Анатомия: соединяет угловую извилину (поле 39) с верхней височной извилиной (поле 22) и полюсом височной доли (поле 38). В некоторых случаях выявляются дополнительные волокна, достигающие верхней теменной доли, клина и язычной извилины. Средний продольный пучок проходит медиальнее дугообразного пучка и SLF-II, выше и латеральнее нижнего лобно-затылочного пучка, дорсальнее нижнего продольного пучка [13].

Функции: прямая электростимуляция среднего продольного пучка не приводит к возникновению парафазий. Более того, хирургическая резекция его передней порции не влияет на способность пациента называть предметы. Эти данные опровергают первоначальные предположения, что средний продольный пучок является важной частью речевого центра, по всей видимости, он принимает участие лишь в компенсаторных механизмах [13].

#### Нижний продольный пучок (inferior longitudinal fasciculus)

Анатомия: проходит преимущественно в глубине веретенообразной (фузиформной) извилины и связывает передние отделы височной доли с задними отделами затылочной доли. Latini et al. [21] описали 4 ветви данного пучка:

- 1) веретенообразная ветвь — связывает веретенообразную (фузиформную) извилину с передними отделами височной доли;
- 2) дорсолатеральная затылочная ветвь — связывает верхнюю, среднюю и нижнюю затылочную извилины с передними отделами височной доли;

- 3) язычная ветвь – связывает язычную извилину с передней частью средней височной извилины;
- 4) клиновидная ветвь – связывает клин с передними отделами мезиальной височной доли.

Функции: одни функции нижнего продольного пучка преимущественно симметричны (распознавание предметов), тогда как другие имеют тенденцию к латерализации: в правом полушарии нижний продольный пучок участвует в распознавании лиц, работе зрительной памяти; в левом – отвечает за обработку семантического/лексического материала, анализ эмоций [21]. В недавнем исследовании Ashtari et al. [8] отмечено значимое снижение ряда диффузионных метрик (преимущественно фракционной анизотропии) в левом нижнем продольном пучке у подростков, страдающих шизофренией, по сравнению с пациентами из группы контроля. Кроме того, они обнаружили, что средние показатели ФА были ниже в подгруппе пациентов, имеющих в анамнезе зрительные галлюцинации, что может рассматриваться как структурная основа данного симптома. Аналогичные изменения правого нижнего продольного пучка были выявлены у пациентов с аутизмом.

#### Верхний лобно-затылочный пучок (*superior fronto-occipital fasciculus*)

Был выделен и описан Eichler (1878) при вскрытии пациентов, страдающих агенезией мозолистого тела. Позднее верхний лобно-затылочный пучок был описан у собак и обезьян, а в 1895 г. Dejerine показал, что он присутствует и в неизменном человеческом мозге, однако ни в одном из последующих патологоанатомических исследований дан-

ный пучок выявлен не был. Недавние исследования показали, что в человеческом мозге верхний лобно-затылочный пучок отсутствует, а то, что раньше под ним подразумевали, на самом деле является ошибочным соединением верхней ножки таламуса, терминальной полоски и задней ножки таламуса [9].

#### Нижний лобно-затылочный пучок (*inferior fronto-occipital fasciculus*)

Анатомия: связывает теменную и затылочную доли с нижними отделами лобной доли. При выполнении посмертной диссекции мозга по методу Клингера было обнаружено, что данный пучок состоит из 2 слоев [27]:

- поверхностного – соединяет лобную долю с верхней теменной долькой, верхней и средней затылочной извилинами;
- глубокого – соединяет лобную долю с нижней затылочной извилиной.

По мере того как нижний лобно-затылочный пучок продвигается от затылочной доли к височному стволу, его слои постепенно сближаются, проходя через наружную и самую наружную капсулы прямо над крючковидным пучком. Далее они направляются в лобную долю и заканчиваются преимущественно в пределах нижней лобной извилины, однако часть его волокон достигает префронтальной коры (поля 10, 11).

Функции: исходя из его анатомии, предполагается, что данный пучок играет важную роль в семантической обработке речи (понимании смысла изложенного), выполнении задач, связанных с переключением зрительного внимания, и произвольных движениях [30].

Крючковидный пучок (*uncinate fasciculus*)

Анатомия: напоминает по форме букву J. Волокна крючковидного пучка берут начало из полюса височной доли (поле 38), крючка (поле 35), парагиппокампальной извилины (поля 30, 36) и миндалевидного тела [30]. Далее они делают U-образный изгиб, проходят через наружную капсулу и перед входом в префронтальную область делятся на 3 ветви:

- 1) латеральную – направляется к коре латеральной глазничной извилины, глазничной части нижней лобной извилины (поле 47);
- 2) фронтополярную – достигает полюса лобной доли (поля 10, 11);
- 3) подколенную – направляется к коре подколенной части поясной извилины (поле 25) [11].

Функции: участвует в анализе речевой информации, регуляции эмоционального состояния, принятии решений. Изменения его структуры были описаны при болезни Альцгеймера, лобно-височной деменции, социальном тревожном расстройстве, обсессивно-компульсивном и биполярном расстройствах, шизофрении и других заболеваниях [11]. Кроме того, формирование и миелинизация крючковидного пучка завершается между вторым и третьим десятилетием жизни, что соответствует среднему возрасту дебюта многих вышеуказанных состояний.

Поясной пучок (*cingulum*)

Анатомия: поясной пучок проходит в толще поясной и парагиппокампальной извилин вдоль верхнего края мозолистого тела. Его принято подразделять на 3 сегмента [17]:

- парагиппокампальный;
- ретроспленальный;
- подколенный.

По форме поясной пучок напоминает серп, состоит из нервных волокон различной длины: самые длинные тянутся от миндалевидного тела, крючка (поле 35) и парагиппокампальной извилины (поля 30, 36) до участков орбитофронтальной коры, расположенных ниже колена мозолистого тела (поля 11, 25); более короткие, U-образные, волокна соединяют смежные отделы поясной извилины (поля 23, 24), медиальных отделов верхней лобной извилины (поля 32, 6, 8 и 9), парацентральной дольки (поле 4), предклинья (поле 7), клина (поле 19), язычной (поля 18, 19) и веретенообразной извилин (поля 19, 37) [30].

В 1937 г. Papez предложил схему лимбической системы, согласно которой поясной пучок являлся связующим звеном между передними ядрами таламуса и энторинальной корой. За последние два десятилетия было доказано, что поясной пучок также является важной частью сети пассивного режима работы мозга.

Функции: принимает участие в анализе эмоций, работе памяти. Структурные изменения поясного пучка (как и крючковидного) наблюдаются у пациентов с болезнью Альцгеймера. Снижение ФА коррелируют с атрофией серого вещества и снижением когнитивных функций [10]. Снижение ФА в мозолистом теле и поясном пучке также описаны у пациентов с биполярным расстройством.

Свод мозга (*fornix*)

Анатомия: волокна свода мозга отходят от пирамидных клеток гиппокампа, образуя его лоток (*alveus*). Далее они продвигаются кзади под эпендимальной выстилкой бокового желудочка и образуют

бахромку (*fimbria*) гиппокампа. Под валиком мозолистого тела бахромка переходит в ножку свода мозга. Ножки направляются вверх и впереди, повторяя ход мозолистого тела, однако имеют более крутой уклон вниз. Постепенно сближаясь, они образуют тело свода мозга, которое проходит под нижним краем прозрачной перегородки, вновь разделяясь на уровне отверстий Монро и передней спайки мозга. Волокна, которые огибают переднюю спайку спереди, называются прекомиссуральными — они берут начало от пирамидных клеток гиппокампа и заканчиваются в области перегородки и базальных отделов переднего мозга. Волокна, которые огибают переднюю спайку сзади, называются посткомиссуральными — они отходят от подставки (*subiculum*) гиппокампа и достигают передних отделов таламуса и сосцевидных тел [31].

Функции: свод является важным компонентом лимбической системы, принимает участие в работе эпизодической памяти. Исследования на макаках показали, что его повреждение приводит к расстройствам зрительно-пространственной памяти [12].

Короткие ассоциативные волокна (дугобразные, или U-волокна) проходят либо под корой, соединяя близлежащие извилины, либо непосредственно внутри коры [28].

В лобной доле короткие ассоциативные волокна соединяют дополнительную моторную кору и предополнительную моторную кору с задними отделами нижней лобной извилины — зоной Брока, образуя лобный косо́й пучок (*frontal aslant tract*). Впервые он был описан в 2008 г. Прямая электростимуляция левого лобного косо́го

пучка у правшей приводит к возникновению заикания и в ряде случаев мутизма. Таким образом, было доказано, что лобный косо́й пучок доминантного полушария играет важную роль в инициации и беглости речи [20].

### **Комиссуральные волокна**

#### Мозолистое тело (*corpus callosum*)

Анатомия: мозолистое тело, безусловно, является самой крупной комиссурой головного мозга, состоящей из более чем 200 млн нервных волокон. Оно связывает полушария большого мозга, образуя срединную арку протяженностью около 10 см и разделенную на 4 части: клюв, колено, ствол, валик. Мозолистое тело хорошо визуализируется на срединном сагиттальном срезе даже в стандартных МРТ-режимах, однако в связи с отсутствием четких анатомических границ было предложено делить его на части с помощью специально разработанных геометрических схем. Одной из первых общепризнанных схем стала опубликованная в 1989 г. классификация Witelson, согласно которой мозолистое тело подразделялось на следующие сегменты: передняя 1/3, часть от передней 1/3 до срединной линии, часть от срединной линии до задней 1/3, часть от задней 1/3 до задней 1/5, задняя 1/5. К ее недостаткам можно отнести тот факт, что условные ориентиры были определены по результатам исследований, проведенных на нечеловекообразных приматах.

В 2006 г. Sabine Hofer и Jens Frahm выпустили модификацию данной схемы. Новая классификация была создана уже на основе данных МР-трактографии. Ее авторы делят мозолистое тело на сегменты в соответствии с расположением

нервных пучков и отделов коры, которые они соединяют: I — передняя 1/6 — здесь проходят волокна префронтальной коры; II — от передней 1/6 до срединной линии — волокна премоторной и дополнительной моторной коры; III — от срединной линии до задней 1/3 — волокна первичной моторной коры; IV — от задней 1/3 до задней 1/4 — волокна первичной сенсорной коры; V — задняя 1/4 — волокна височных, теменных и затылочных отделов коры [16].

Главным отличием этих классификаций является расположение волокон первичной моторной и сенсорной коры — если раньше считалось, что они проходят в средней трети мозолистого тела (сегменты II и III), то в новой классификации их сместили ближе к задним отделам (сегменты III и IV). Кроме того,

авторами было показано, что в передних и задних отделах мозолистого тела показатели фракционной анизотропии значимо выше (около 0,8), чем в центральных отделах (0,25–0,5). Эти данные согласуются с результатами гистологических исследований — в передних и задних отделах плотность нервных волокон выше, а их средний диаметр меньше, чем в центральных отделах мозолистого тела [16].

В структуре мозолистого тела выделяют также малые щипцы (*forceps minor*) — это U-образные пучки волокон, которые соединяют медиальные и латеральные поверхности лобных долей через коллено мозолистого тела, и большие щипцы (*forceps major*) — волокна аналогичной формы, соединяющие затылочные доли через валик мозолистого тела [28].

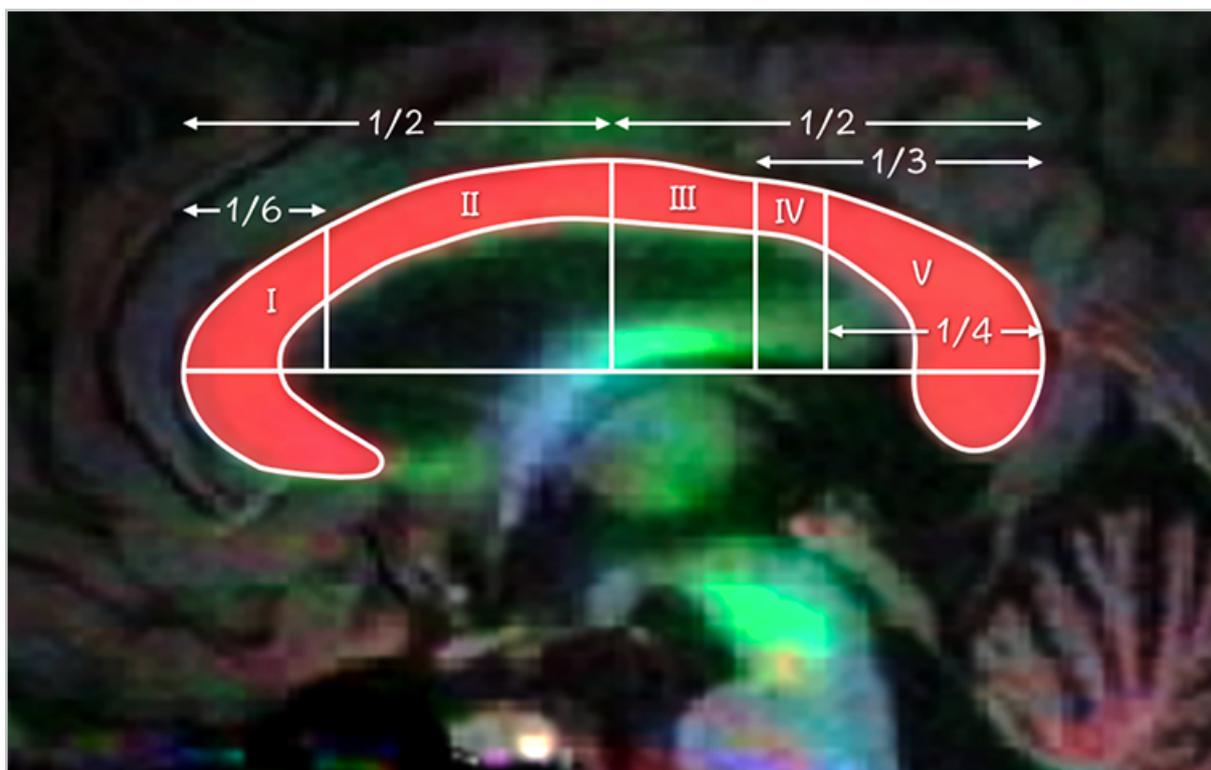


Рис. 4. МР-томограмма, режим T1 MPR + цветовая карта фракционной анизотропии, сагиттальная плоскость, срединный срез. Модифицированная схема сегментарного строения мозолистого тела

Функции: сагиттальное пересечение мозолистого тела приводит к развитию различных «диссоциативных» феноменов — пациенты не способны назвать предмет, вложенный в их левую руку, но при этом узнают его на ощупь и могут выбрать из серии других предметов. В то же время они могут назвать предмет, вложенный в правую руку, но не способны узнать его при ощупывании. При просьбе застегнуть рубашку пациент одной рукой начинает застегивать пуговицы, в то время как другой может начать их расстегивать. Этот симптом близок к феномену «чужой руки». При локальном повреждении передних отделов мозолистого тела часто возникает лобная дисфункция: расторможенность, импульсивность, некритичность к своему состоянию. При локальном повреждении задних отделов мозолистого тела наблюдается игнорирование левого поля зрения, тактильное игнорирование левой руки. Таким образом, можно сделать вывод, что мозолистое тело играет важную роль в слаженной работе полушарий головного мозга [2].

#### Передняя спайка (anterior commissure)

Анатомия: передняя спайка представляет собой компактный пучок белого вещества диаметром около 4 мм, содержащий приблизительно 3,5 млн миелинизированных волокон. По форме она напоминает руль велосипеда, пересекает срединную линию прямо перед колоннами свода мозга и практически на всем протяжении окружена тонким слоем серого вещества. С каждой стороны передняя спайка отдает 2 ветви: передняя ветвь (обонятельная часть) идет через переднее продырявленное вещество до обонятельного бугорка; латеральная ветвь (полушарная часть) «разрезает»

нижнюю поверхность бледного шара, образуя канал Гратиолета, и разветвляется в передних отделах височной доли, включая парагиппокампаальную извилину, но часть волокон достигает и затылочной доли [25].

Функции: участвует в межполушарном обмене зрительной, слуховой, обонятельной и вкусовой информации.

#### Задняя спайка (posterior commissure)

Анатомия: задняя спайка пересекает срединную линию на уровне верхней границы водопровода мозга, располагаясь между верхними холмиками четверохолмия и нижней пластинкой ножки эпифиза [28]. Ее волокна связывают: ядра Даркшевича — залегают в периакведуктальном сером веществе; интерстициальные ядра Кахаля — располагаются впереди от комплекса ядер глазодвигательного нерва и тесно связаны с волокнами медиального продольного пучка; ядра задней спайки; ядра претектального поля; ядра крыши среднего мозга, ядра поводка и задних отделов таламуса [24].

Функции: задняя спайка является анатомической основой содружественных движений глаз, содружественной реакции зрачков на свет [24].

#### **Проекционные волокна**

Проекционные волокна (рис. 5) условно можно разделить на 2 группы:

- 1) длинные кортикофугальные волокна — включают в себя корково-мостовые волокна, кортикоретикулярные, кортикобульбарные и кортикоспинальные тракты,
- 2) кортикоталамические/таламокортикальные волокна (так называемые таламические лучистости) — связывают таламус с обширными

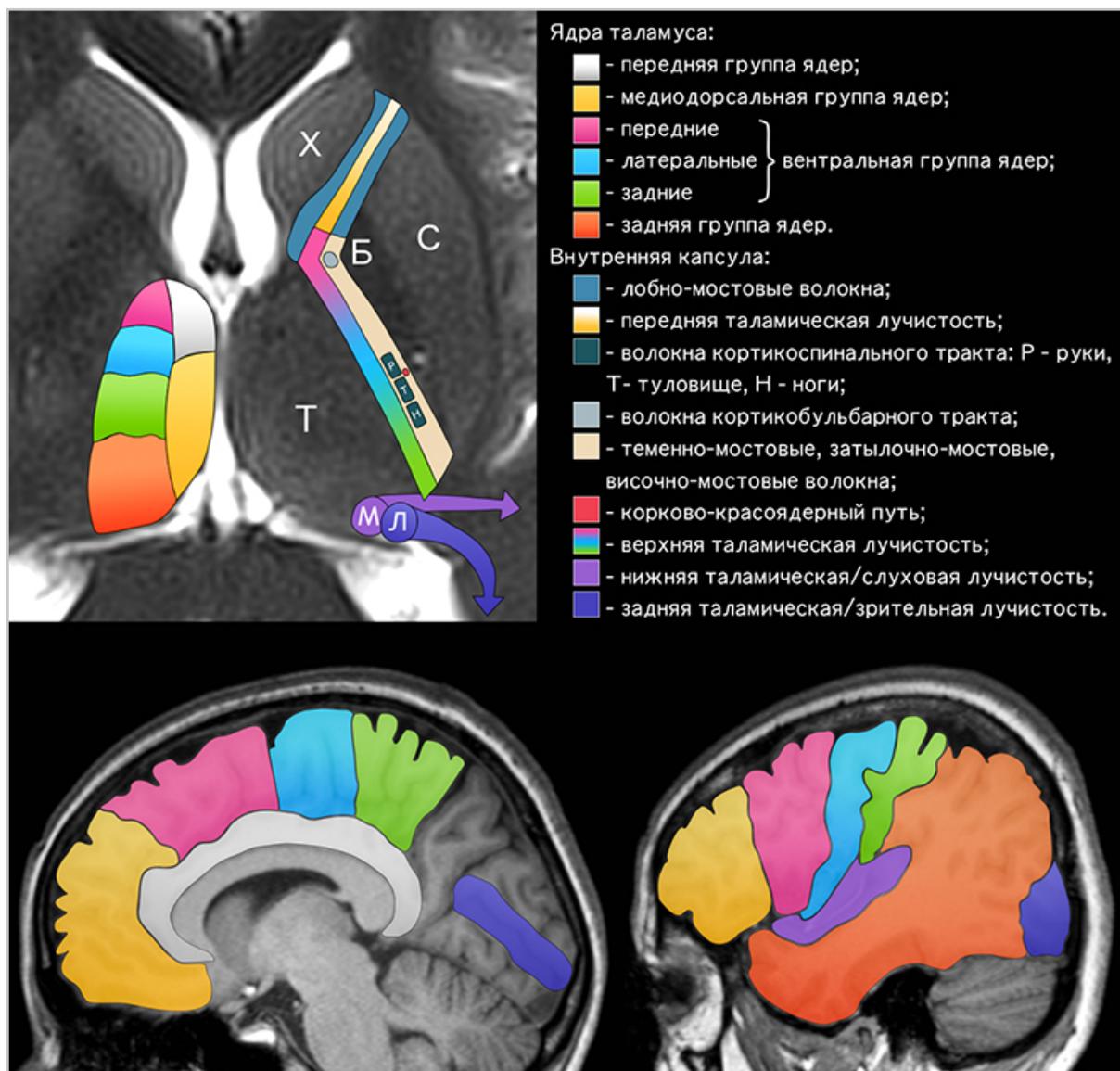


Рис. 5. Схематическое изображение ядер таламуса и основных волокон, проходящих через внутреннюю капсулу: X — головка хвостатого ядра; С — скорлупа; Б — бледный шар; Т — таламус; М — медиальное коленчатое тело; Л — латеральное коленчатое тело

областями коры. Выделяют передние, задние, верхние и нижние таламические лучистости.

Все проекционные волокна проходят через внутреннюю капсулу и, приближаясь к коре, веерообразно разветвляются, образуя лучистый венец. Внутренняя капсула в аксиальной плоскости напоминает римскую цифру V с вершиной

(коленом), направленной в медиальную сторону. Она содержит большую часть проекционных волокон и для наглядности подразделяется на 5 частей:

- 1) переднее бедро — располагается между скорлупой и головкой хвостатого ядра;
- 2) колено — находится между головкой хвостатого ядра и таламусом, при-

- близительно соответствует вершине внутренней капсулы;
- 3) заднее бедро — располагается между чечевицеобразным ядром и таламусом;
  - 4) ретролентиккулярная часть — находится кзади от скорлупы;
  - 5) сублентиккулярная часть — располагается под скорлупой [28].

Переднее бедро внутренней капсулы содержит:

*Лобно-мостовые волокна (frontopontine fibers)*, которые отходят непосредственно от коры лобных долей, проходят через медиальную треть ножек мозга и заканчиваются в ядрах варолиевого моста. От них берут начало мостомозжечковые волокна (*pontocerebellar fibers*), проходящие через среднюю мозжечковую ножку в противоположное полушарие мозжечка [26].

Функции: лобно-мосто-мозжечковый путь участвует в координации произвольных движений [26].

*Передняя таламическая лучистость (anterior thalamic radiation)* содержит волокна, связывающие переднюю и медиодорсальную группу ядер таламуса соответственно с поясной извилиной и префронтальной корой [29].

Функции: связана с процессами познания, работой декларативной памяти [29].

Через колено внутренней капсулы проходят:

*Волокна кортикобульбарного/корково-ядерного пути (corticobulbar/corticostriatal tract)*, берущие начало от коры нижней трети прецентральной извилины (зона иннервации мышц лица и языка), проходят через колено внутренней капсулы, среднюю треть ножек мозга (совместно с волокнами кортикоспи-

нального тракта) и заканчиваются на двигательных ядрах тройничного, лицевого, блуждающего, подъязычного и добавочного нервов. Стоит отметить, что ядро подъязычного нерва и нижняя часть ядра лицевого нерва иннервируются только корой противоположного полушария, тогда как ядра остальных черепных нервов имеют двустороннюю иннервацию [26].

Функции: одностороннее поражение кортикобульбарного пути приводит к различным нарушениям акта глотания; двустороннее поражение путей сопровождается развитием псевдобульбарного синдрома, для которого характерны дизартрия, дисфония, дисфагия, рефлексы орального автоматизма, патологический смех и плач [26].

Заднее бедро внутренней капсулы содержит:

*Волокна кортикоспинального пути (corticospinal tract)* — отходят от пирамидных клеток Беца, расположенных в V слое первичной моторной коры (поле 4), от премоторной и дополнительной моторной коры (поле 6), а также от первичной соматосенсорной коры (постцентральная извилина — поля 1, 2, 3). Кора прецентральной извилины имеет строгую соматотопическую организацию: лицо и язык проецируются на нижнюю треть извилины; рука и кисть занимают ее среднюю треть; шея, туловище и нижние конечности — верхнюю треть. Продвигаясь к внутренней капсуле, волокна кортикоспинального тракта постепенно сближаются и поворачиваются примерно на 90° в медиальном направлении, так как заднее бедро внутренней капсулы и прецентральная извилина расположены практически под прямым углом относительно друг

друга [28]. В процессе этого вращения волокна сохраняют строгую соматотопическую организацию и краниокаудальная ориентация во внутренней капсуле наблюдается в направлении от колена к заднему бедру. Далее кортикоспинальный тракт проходит через среднюю треть ножки мозга, передние отделы варолиева моста. На передней поверхности продолговатого мозга он выступает вперед настолько, что образует с каждой стороны вытянутой формы бугорки, известные как пирамиды. На границе со спинным мозгом кортикоспинальные тракты совершают перекрест, образуя перекрест пирамид (внешне он похож на заплетенную косичку): большая часть волокон (около 85 %) переходит на противоположную сторону, образуя латеральный кортикоспинальный тракт, нисходящий в составе бокового канатика спинного мозга; оставшиеся волокна (около 15 %) образуют передний кортикоспинальный тракт, который в составе переднего канатика спинного мозга достигает иннервируемых сегментов и переходит на противоположную сторону через переднюю белую спайку спинного мозга [1, 26].

Функции: участвует в реализации произвольных целенаправленных движений [5].

*Теменно-мостовые, затылочно-мостовые, височно-мостовые волокна (parieto-pontine, occipito-pontine, temporo-pontine fibers)* — берут начало от коры соответственно теменных, затылочных и височных долей [26]. Теменно-мостовые и затылочно-мостовые волокна проходят через заднее бедро и ретролентиккулярную часть внутренней капсулы. Далее, вместе с височно-мо-

стовыми волокнами, они спускаются через латеральную треть ножек мозга к ядрам варолиева моста. Отсюда начинаются мостомозжечковые волокна (*pontocerebellar fibers*), проходящие через среднюю мозжечковую ножку в противоположное полушарие мозжечка [19].

Функции: достоверно неизвестны.

*Корково-красноядерный путь (cortico-rubral tract)* — начинается от клеток первичной моторной, премоторной и первичной соматосенсорной коры, проходит через заднее бедро внутренней капсулы и заканчивается в ипсилатеральном красном ядре. От красных ядер отходит красноядерно-спинномозговой/руброспинальный путь (*rubrospinal tract*), который переходит на противоположную сторону в области перекреста покрывки, спускается в боковом канатике спинного мозга и заканчивается в верхних шейных сегментах спинного мозга [1, 26].

Функции: считается, что руброспинальный тракт способствует активации мотонейронов мышц сгибателей и угнетению мотонейронов мышц разгибателей [26].

*Верхняя таламическая лучистость (superior thalamic radiation)* — содержит волокна, связывающие вентральную группу ядер с пре- и постцентральной извилинами, вторичной моторной и сенсорной корой [32].

Функции: участвует в контроле произвольных движений в соответствии с получаемой информацией от органов чувств [7].

Ретролентиккулярная часть внутренней капсулы содержит:

*Заднюю таламическую лучистость/зрительную лучистость (posterior thalamic radiation/optic radiation)* — ее волокна отходят от латерального коленчатого тела, проходят через ретролентиккулярную часть внутренней капсулы, огибают нижний и задний рог бокового желудочка и заканчиваются в первичной зрительной коре затылочной доли (поле 17) [1, 7].

Функции: поражение зрительной лучистости в проксимальных отделах приводит к развитию гомонимной гемианопсии (выпадению односторонних полей зрения). При поражении дистальных отделов гемианопсия чаще бывает неполной, поскольку волокна рассредоточены на достаточно большом протяжении [1].

Теменно-мостовые и затылочно-мостовые волокна — см. выше.

Сублентиккулярная часть внутренней капсулы содержит *нижнюю таламическую лучистость/слуховую лучистость (inferior thalamic radiation/auditory radiation)* — ее волокна берут начало от медиального коленчатого тела, проходят через сублентиккулярную часть внутренней капсулы и заканчиваются в первичной слуховой коре (поля 41, 42) [7].

Функции: поражение слуховой лучистости приводит к развитию слуховой вербальной агнозии (невозможности воспринимать устную речь), ассоциативной слуховой агнозии (сложности с определением звуков окружающей среды), центральной (корковой) глухоты и в отдельных случаях к появлению слуховых галлюцинаций [22].

Височно-мостовые волокна — см. выше.

## Заключение

С помощью ДТ-МРТ можно не только визуализировать большинство проводящих путей головного мозга, но и количественно оценить их целостность и предположить механизм повреждения при патологии на микроструктурном (клеточном) уровне с помощью построения карт с различными характеристиками диффузии — средней диффузии (MD), фракционной анизотропии (FA), аксиальной (AD) и радиальной диффузиях (RD). Однако в клинической практике в настоящее время более востребованным в силу своей наглядности и красочности является вариант анализа данных ДТ-МРТ — МР-трактографии. В то же время необходимо помнить об ограничениях трактографии:

- Метод хорошо работает на крупных, идущих в одном направлении проводящих путях. Если мы оцениваем крупные проводящие пути, такие, как мозолистое тело или кортико-спинальные тракты, состоящие из однонаправленных, плотно упакованных волокон, всё работает хорошо. Но большинство трактов имеют куда меньшие размеры и куда более вариабельную анатомию — их волокна изгибаются, скручиваются, перекрещиваются между собой. Если проводящие пути перекрещиваются под углом, близким к 90°, значения фракционной анизотропии неизбежно снижаются, что может быть неверно интерпретировано, как локальное истончение/повреждение тракта. Кроме того, молекулы воды в клетках глии и межклеточной жидкости также вносят свой вклад в регистрируемый МР-сигнал. Таким образом, видимые при трактографии «трубочки»

ни в коем случае нельзя отождествлять с реальным количеством аксонов.

- Неоднородности магнитного поля ограничивают информативность анализа диффузионных данных. Отложения гемосидерина в результате внутримозговых кровоизлияний и травм, а также крупные зубные металлоконструкции создают неоднородности магнитного поля, которые в ряде случаев делают невозможным адекватный анализ трактов.

Технологии тоже не стоят на месте. В настоящее время в клиническую практику внедряются аппараты с напряженностью магнитного поля 7 Тл, с мощными градиентами и высокими скоростями сканирования, субмиллиметровым пространственным разрешением изображений; изучаются новые методы обработки данных и подходы к построению проводящих путей ствола и продолговатого мозга [15]. Метод ДТ-МРТ активно развивается, однако, как и прежде, его использование невозможно без хороших знаний анатомии.

### Список литературы

1. Бер М., Фротшер М. Топический диагноз в неврологии по Петеру Дуусу. 5-е изд.: Пер. с англ. М.: Практическая медицина, 2018. С. 77–78, 162–168, 256.
2. Буклина С. Б. Мозолистое тело, межполушарное взаимодействие и функции правого полушария мозга // Журнал неврологии и психиатрии. 2004. Т. 104. № 5. С. 8–14.
3. Горайнов С. А., Кондрашов А. В., Гольдберг М. Ф. и др. Длинные ассоциативные проводящие пути белого вещества головного мозга человека: анализ диссекций 18 полушарий и HARDI-CSD трактографии *in vivo* // Вопросы нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко. 2017. № 81 (1). С. 13–25.
4. Зырянов А. С., Малютин С. А., Ступина Е. А. и др. Роли отдельных сегментов дугообразного пучка в обеспечении языковой обработки // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Матер. конф. 19 июня 2019 г. / Под ред. Е.В. Печенковой, М. В. Фаликман. М.: ООО «Буки Веди»: ИППИП, 2019. С. 184–187.
5. Кадыхов А. С., Бархатов Ю. Д. Значение состояния различных проводящих путей головного мозга в восстановлении функций ходьбы у пациентов, перенесших инсульт // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2014. Т. 8. № 3. С. 45–48.
6. Пронин И. Н., Фадеева Л. М., Захарова Н. Е. и др. Диффузионная тензорная магнитно-резонансная томография и трактография // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. 2008. Т. 2. № 1. С. 32–40.
7. Andreatta R. D. Neuroscience fundamentals for communications sciences and disorders. 1st Edition // Plural Publishing. 2018. P. 220.
8. Ashtari M., Cottone J., Ardekani B. A. et al. Disruption of white matter integrity in the inferior longitudinal fasciculus in adolescents with schizophrenia as revealed by fiber tractography // Arch. of General Psychiatry. 2007. V. 64. № 11. P. 1270–1280.
9. Bao Y., Wang Y., Wang W. et al. The superior fronto-occipital fasciculus in the human brain revealed by diffusion spectrum imaging tractography: an anatomical reality or a methodological artifact? // Frontiers in Neuroanatomy. 2017. V. 11. № 119.
10. Bozzali M., Serra L., Cercignani M. Quantitative MRI to understand Alzheimer's

- disease pathophysiology // *Current Opinion in Neurol.* 2016. V. 29. № 4. P. 437–444.
11. *Briggs R. G., Rahimi M., Conner A. K. et al.* A connectomic Atlas of the human cerebrum – chapter 15: tractographic description of the uncinate fasciculus // *Operative Neurosurg.* 2018. V. 15. P. 450–455.
  12. *Christiansen K., Aggleton J. P., Parker G. D. et al.* The status of the precommissural and postcommissural fornix in normal ageing and mild cognitive impairment: An MRI tractography study // *NeuroImage.* 2016. V. 130. P. 35–47.
  13. *Conner A. K., Briggs R. G., Rahimi M. et al.* A connectomic Atlas of the human cerebrum – chapter 12: tractographic description of the middle longitudinal fasciculus // *Operative Neurosurg.* 2018. V. 15. P. 429–435.
  14. *Edelman R. R.* The History of MR imaging as seen through the pages of radiology // *Radiol.* 2014. V. 273. № 2S. P. 181–200.
  15. *Ford A. A., Colon-Perez L., Triplett W. T. et al.* Imaging white matter in human brainstem // *Frontiers in Human Neuroscience.* 2013. V. 7. № 400.
  16. *Hofer S., Frahm J.* Topography of the human corpus callosum revisited – comprehensive fiber tractography using diffusion tensor magnetic resonance imaging // *NeuroImage.* 2006. V. 32. № 3. P. 989–994.
  17. *Jones D. K., Christiansen K. F., Chapman R. J. et al.* Distinct subdivisions of the cingulum bundle revealed by diffusion MRI fibre tracking: Implications for neuropsychological investigations // *Neuropsychol.* 2013. V. 51. № 1. P. 67–78.
  18. *Kamali A., Flanders A. E., Brody J. et al.* Tracing superior longitudinal fasciculus connectivity in the human brain using high resolution diffusion tensor tractography // *Brain Structure and Function.* 2014. V. 219. P. 269–281.
  19. *Kamali A., Kramer L. A., Frye R. E. et al.* Diffusion tensor tractography of the human brain cortico-ponto-cerebellar pathways: A quantitative preliminary study // *J. of Magnetic Resonance Imag.* 2010. V. 32. № 4. P. 809–817.
  20. *Kemerdere R., de Champfleure N. M., Deverdun J. et al.* Role of the left frontal aslant tract in stuttering: a brain stimulation and tractographic study // *J. of Neurol.* 2015. V. 263. № 1. P. 157–167.
  21. *Latini F., Martensson J., Larsson E.-M. et al.* Segmentation of the inferior longitudinal fasciculus in the human brain: a white matter dissection and diffusion tensor tractography study // *Brain Research.* 2017. V. 1675. P. 102–115.
  22. *Maffei C., Sarubbo S., Jovicich J.* A missing connection: a review of the macrostructural anatomy and tractography of the acoustic radiation // *Front. in Neuroanatomy.* 2019. V. 13. № 27.
  23. *Makris N., Kennedy D. N., McInerney S. et al.* Segmentation of subcomponents within the superior longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study // *Cerebral Cortex.* 2004. V. 15. № 6. P. 854–869.
  24. *Ozdemir N. G.* The anatomy of the posterior commissure // *Turk. Neurosurg.* 2015. V. 25. № 6. P. 837–843.
  25. *Peltier J., Verchlytte S., Delmaire C. et al.* Microsurgical anatomy of the anterior commissure // *Operative Neurosurg.* 2011. V. 69. № 2. P. 241–247.
  26. *Rea P.* Essential clinical anatomy of the nervous system // Elsevier. 1st ed. 2015. P. 161–168, 171–172, 177.
  27. *Sarubbo S., de Benedictis A., Maldonado I. L. et al.* Frontal terminations for the inferior fronto-occipital fascicle: anatomo-

- mical dissection, DTI study and functional considerations on a multi-component bundle // *Brain Structure and Function*. 2011. V. 218. № 1. P. 21–37.
28. *Standring S. et al.* Gray's Anatomy: The anatomical basis of clinical practice. 41th edition. 2016. P. 391–396;
  29. *Sun C., Wang Y., Cui R. et al.* Human thalamic-prefrontal peduncle connectivity revealed by diffusion spectrum imaging fiber tracking // *Frontiers in Neuroanatomy*. 2018. V. 12. № 24.
  30. *Thiebaut de Schotten M., Dell'Acqua F., Valabregue R. et al.* Monkey to human comparative anatomy of the frontal lobe association tracts // *Cortex*. 2012. V. 48. № 1. P. 82–96.
  31. *Thomas A. G., Koumellis P., Dineen R. A.* The fornix in health and disease: an imaging review // *RadioGraphics*. 2011. V. 31. № 4. P. 1107–1121.
  32. *Younes K., Hasan K. M., Kamali A. et al.* Diffusion tensor imaging of the superior thalamic radiation and cerebrospinal fluid distribution in idiopathic normal pressure hydrocephalus // *J. of Neuroimag.* 2019. V. 29. № 2. P. 242–251.
- denko. 2017. No. 81 (1). P. 13–25 (in Russian).
4. *Zyryanov A. S., Malyutina S. A., Stupina E. A. et al.* The contributions of arcuate fasciculus segments to language processing. Cognitive science in Moscow: new research. Conference proceedings 19 June 2019. Ed. by E. V. Pechenkova, M. V. Falikman. 2019. M.: OOO «Buki Vedi», IPPiP, 2019. P. 184–187 (in Russian).
  5. *Kadykov A. S., Barkhatov Yu. D.* The value of various brain pathways impairment in the post-stroke rehabilitation of walking function. *Annals of Clin. and Experim. Neurol.* 2014. V. 8. No. 3. P. 45–48 (in Russian).
  6. *Pronin I. N., Fadeeva L. M., Zakharova N. E. et al.* Diffusion tensor imaging and diffusion tensor tractography. *Annals of Clin. and Experim. Neurol.* 2008. V. 2. No. 1. P. 32–40 (in Russian).
  7. *Andreatta R. D.* Neuroscience fundamentals for communications sciences and disorders. 1st ed. Plural Publishing. 2018. P. 220.
  8. *Ashtari M., Cottone J., Ardekani B. A. et al.* Disruption of white matter integrity in the inferior longitudinal fasciculus in adolescents with schizophrenia as revealed by fiber tractography. *Archives of General Psychiatry*. 2007. V. 64. No. 11. P. 1270–1280.
  9. *Bao Y., Wang Y., Wang W. et al.* The superior fronto-occipital fasciculus in the human brain revealed by diffusion spectrum imaging tractography: an anatomical reality or a methodological artifact? *Front. in Neuroanatomy*. 2017. V. 11. No. 119.
  10. *Bozzali M., Serra L., Cercignani M.* Quantitative MRI to understand Alzheimer's disease pathophysiology. *Current Opinion in Neurol.* 2016. V. 29. No. 4. P. 437–444.

## References

1. *Baehr M., Frotscher M.* Duus' Topical Diagnosis in Neurology. 5th Edition. M.: Prakticheskaya Vizualizatsiya. P. 77–78, 162–168, 256 (in Russian).
2. *Buklina S. B.* Corpus callosum, inter-hemispheric interaction and function of the right hemisphere of the brain. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii*. 2004. V. 104. No. 5. P. 8–14 (in Russian).
3. *Goryaynov S. A., Kondrashov A. V., Gol'dberg M. F. et al.* Long association tracts of the human white matter: An analysis of 18 hemisphere dissections and in vivo HARDI-CSD tractography. *Voprosy neurokhirurgii im. N. N. Bur-*

11. *Briggs R. G., Rahimi M., Conner A. K. et al.* A connectomic Atlas of the human cerebrum — chapter 15: tractographic description of the uncinate fasciculus. *Operative Neurosurg.* 2018. V. 15. P. 450–455.
12. *Christiansen K., Aggleton J. P., Parker G. D. et al.* The status of the precommissural and postcommissural fornix in normal ageing and mild cognitive impairment: An MRI tractography study. *NeuroImage.* 2016. V. 130. P. 35–47.
13. *Conner A. K., Briggs R. G., Rahimi M. et al.* A connectomic Atlas of the human cerebrum — chapter 12: tractographic description of the middle longitudinal fasciculus. *Operative Neurosurg.* 2018. V. 15. P. 429–435.
14. *Edelman R. R.* The History of MR imaging as seen through the pages of radiology. *Radiol.* 2014. V. 273. No. 2S. P. 181–200.
15. *Ford A. A., Colon-Perez L., Triplett W. T. et al.* Imaging white matter in human brainstem. *Front. in Human Neurosci.* 2013. V. 7. No. 400.
16. *Hofer S., Frahm J.* Topography of the human corpus callosum revisited — comprehensive fiber tractography using diffusion tensor magnetic resonance imaging. *NeuroImage.* 2006. V. 32. No. 3. P. 989–994.
17. *Jones D. K., Christiansen K. F., Chapman R. J. et al.* Distinct subdivisions of the cingulum bundle revealed by diffusion MRI fibre tracking: Implications for neuropsychological investigations. *Neuropsychol.* 2013. V. 51. No. 1. P. 67–78.
18. *Kamali A., Flanders A. E., Brody J. et al.* Tracing superior longitudinal fasciculus connectivity in the human brain using high resolution diffusion tensor tractography. *Brain Structure and Function.* 2014. V. 219. P. 269–281.
19. *Kamali A., Kramer L. A., Frye R. E. et al.* Diffusion tensor tractography of the human brain cortico-ponto-cerebellar pathways: A quantitative preliminary study. *J. of Magnetic Resonance Imag.* 2010. V. 32. No. 4. P. 809–817.
20. *Kemerdere R., de Champfleury N. M., Deverdun J. et al.* Role of the left frontal aslant tract in stuttering: a brain stimulation and tractographic study. *J. of Neurol.* 2015. V. 263. No. 1. P. 157–167.
21. *Latini F., Martensson J., Larsson E.-M. et al.* Segmentation of the inferior longitudinal fasciculus in the human brain: a white matter dissection and diffusion tensor tractography study. *Brain Research.* 2017. V. 1675. P. 102–115.
22. *Maffei C., Sarubbo S., Jovicich J.* A missing connection: a review of the macrostructural anatomy and tractography of the acoustic radiation. *Front. in Neuroanatomy.* 2019. V. 13. No. 27.
23. *Makris N., Kennedy D. N., McInerney S. et al.* Segmentation of subcomponents within the superior longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study. *Cerebral Cortex.* 2004. V. 15. No. 6. P. 854–869.
24. *Ozdemir N. G.* The anatomy of the posterior commissure. *Turk. Neurosurg.* 2015. V. 25. No. 6. P. 837–843.
25. *Peltier J., Verclytte S., Delmaire C. et al.* Microsurgical anatomy of the anterior commissure. *Operative Neurosurg.* 2011. V. 69. No. 2. P. 241–247.
26. *Rea P.* Essential clinical anatomy of the nervous system. Elsevier. 1st ed. 2015. P. 161–168, 171–172, 177.
27. *Sarubbo S., De Benedictis A., Maldonado I. L. et al.* Frontal terminations for the inferior fronto-occipital fascicle: anatomical dissection, DTI study and functional considerations on a multi-component bundle. *Brain Structure and Function.* 2011. V. 218. No. 1. P. 21–37.

28. *Standring S. et al.* Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. 41 edition. 2016. P. 391–396.
29. *Sun C., Wang Y., Cui R. et al.* Human thalamic-prefrontal peduncle connectivity revealed by diffusion spectrum imaging fiber tracking. *Front. in Neuroanatomy*. 2018. V. 12. No. 24.
30. *Thiebaut de Schotten M., Dell'Acqua F., Valabregue R. et al.* Monkey to human comparative anatomy of the frontal lobe association tracts. *Cortex*. 2012. V. 48. No. 1. P. 82–96.
31. *Thomas A. G., Koumellis P., Dineen R. A.* The fornix in health and disease: an imaging review. *RadioGraphics*. 2011. V. 31. No. 4. P. 1107–1121.
32. *Younes K., Hasan K. M., Kamali A. et al.* Diffusion tensor imaging of the superior thalamic radiation and cerebrospinal fluid distribution in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *J. of Neuroimaging*. 2019. V. 29. No. 2. P. 242–251.

### Сведения об авторах

**Филатов Алексей Сергеевич**, аспирант, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: fil4tovmd@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-5706-6997

**Filatov Alexey Sergeevich**, Postgraduate, Radiologist of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: fil4tovmd@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-5706-6997

**Кремнева Елена Игоревна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: kremneva@neuradiology.ru  
ORCID.org/0000-0001-9396-6063

**Kremneva Elena Igorevna**, Ph. D. Med., Senior Researcher of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: kremneva@neuradiology.ru  
ORCID.org/0000-0001-9396-6063

**Матросова Мария Сергеевна**, аспирант отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: kmari-s@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0003-4604-7288

**Matrosova Mariya Sergeevna**, Postgraduate of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: kmari-s@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0003-4604-7288

**Трубицына Виктория Владимировна**, аспирант отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: pobeda-1994@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-7898-6541

**Trubitsyna Viktoriya Vladimirovna**, Postgraduate of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: pobeda-1994@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-7898-6541

**Добрынина Лариса Анатольевна**, доктор медицинских наук, руководитель 3-го неврологического отделения ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-24-17. Электронная почта: dobrla@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-9929-2725

**Dobrynina Larisa Anatol'evna**, M. D. Med., Head of the 3rd Neurology Department, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.

Phone number: +7 (495) 490-24-17. E-mail: dobrla@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-9929-2725

**Кротенкова Марина Викторовна**, доктор медицинских наук, руководитель отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».  
Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: krotenkova\_mrt@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-3820-4554

**Krotenkova Marina Viktorovna**, M. D. Med., Head of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: krotenkova\_mrt@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-3820-4554

**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.*

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-4-116-125>

## Дуральная артериовенозная фистула с наличием ретроградного дренажа в корковые вены (клинический случай)

А. С. Филатов\*, Е. И. Кремнева, Р. Н. Коновалов, В. В. Синькова, А. А. Лясковик, А. О. Чечеткин, Л. А. Добрынина, М. В. Кротенкова

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва

### Dural Arteriovenous Fistula with Retrograde Drainage into the Cortical Veins (Case Report)

A. S. Filatov\*, E. I. Kremneva, R. N. Konovalov, V. V. Sin'kova, A. A. Lyaskovik, A. O. Chechetkin, L. A. Dobrynina, M. V. Krotenkova

Research Center of Neurology, Moscow

#### Реферат

Представлено клиническое наблюдение пациента, направленного на магнитно-резонансную томографию (МРТ) головного мозга для уточнения причины впервые возникшего эписиндрома. При выполнении МРТ обнаружена эктазия корковых и медуллярных вен левого полушария большого мозга с наличием вокруг последних многочисленных микрокровоизлияний. Выявленные изменения были расценены как проявление регионарной венозной гипертензии, однако ее причина оставалась неясной. Было принято решение выполнить бесконтрастную 3D-ТОФ-ангиографию, с помощью которой удалось обнаружить дуральную артериовенозную фистулу между левой затылочной артерией и сигмовидным синусом с ретроградным дренажом крови в корковые вены (тип II по Borden, тип Пб по Cognard). Своевременная диагностика и лечение «агрессивных» дуральных артериовенозных фистул позволяют избежать развития жизнеугрожающих осложнений (риск внутричерепных кровоизлияний составляет 8,1 % в год).

**Ключевые слова:** дуральная артериовенозная фистула, корковые вены, эписиндром, 3D-ТОФ-ангиография.

#### Abstract

We present clinical case of a patient who was referred for brain MRI to clarify the cause of a first-time seizure. MRI examination showed cortical and medullary veins ectasia in the left cerebral hemisphere with multiple

\* Филатов Алексей Сергеевич, аспирант, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва.

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: fil4tovmd@gmail.com

Filatov Alexey Sergeevich, Postgraduate, Radiologist, Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: fil4tovmd@gmail.com

cerebral microbleeds around the medullary veins. The revealed changes were considered as a manifestation of regional venous hypertension, however, its cause remained unclear. We decided to perform non-contrast 3D-TOF angiography that revealed a dural arteriovenous fistula between the left occipital artery and the sigmoid venous sinus with retrograde drainage into cortical veins (Borden type II, Cognard type IIb). Early diagnosis and treatment of «aggressive» dural arteriovenous fistulas avoids the development of life-threatening complications (an annual hemorrhage rate of 8,1%).

**Key words:** Dural Arteriovenous Fistula, Cortical Veins, Seizure, 3D-TOF Angiography.

## Актуальность

Внутричерепные дуральные артериовенозные фистулы (ДАВФ) представляют собой патологические шунты между артериями твердой мозговой оболочки (ТМО) и венозными синусами и/или корковыми венами. Чаще всего соустья возникают между ветвями верхнечелюстной, восходящей глоточной или затылочной артерий (бассейн наружной сонной артерии) и сигмовидным, поперечным или кавернозным синусами [2]. На долю ДАВФ приходится примерно 10–15 % всех цереброваскулярных мальформаций с артериовенозным шунтированием. Часть ДАВФ являются клинически асимптомными, так что их истинная распространенность может быть значительно выше [5].

В подавляющем большинстве случаев ДАВФ имеют идиопатический характер, однако у небольшого числа

пациентов удается выявить связь с перенесенной черепно-мозговой травмой, краниотомией, тромбозом венозных синусов. Существует 2 основных механизма формирования ДАВФ при синустромбозе. С одной стороны, нарушение венозного оттока приводит к регионарному повышению венозного давления и расширению существующих в норме шунтов между менингеальными артериями и венозными синусами. С другой стороны, следствием венозной гипертензии является локальное снижение перфузии головного мозга, что, в свою очередь, стимулирует выработку факторов неангиогенеза и приводит к образованию ДАВФ [1].

Наиболее распространенные классификации Borden (табл. 1) и Cognard (табл. 2) основаны на определении места впадения менингеальных артерий

Таблица 1

### Классификация по Borden

Тип	Менингеальные артерии впадают	Дренаж в корковые вены
«Доброкачественные»: I	В синус ТМО	Нет
	В корковые вены	Да
«Агрессивные»: II III	В синус ТМО	Да
	В корковые вены	Да

## Классификация по Cognard

Тип	Менингеальные артерии впадают	Характер венозного оттока	Дренаж в корко- вые вены
«Доброкачественные»:			
I	В синус ТМО	Антеградный	Нет
IIa	В синус ТМО	Ретроградный	Нет
«Агрессивные»:			
IIb	В синус ТМО	Антеградный	Да
IIa + b	В синус ТМО	Ретроградный	Да
III	В корковые вены		Да
IV	В корковые вены		Да + вены расширены
V	В корковые вены + спинальные перимедуллярные вены		Да

(в синус ТМО или непосредственно в корковые вены) и особенностях венозного оттока, поскольку это напрямую влияет на тяжесть клинической картины и выбор тактики лечения пациентов с ДАВФ [3, 4].

Клиническая картина во многом зависит от локализации фистул. Нарушение венозного оттока из глазных вен при каротидно-кавернозном соустье может сопровождаться ретроорбитальной болью, проптозом, хемозом, наружной офтальмоплегией, снижением остроты зрения [1, 4]. Фистулы в области сигмовидного или поперечного синусов обычно ассоциируются с появлением пульсирующего шума в ухе. В 40 % случаев его можно услышать, приложив стетофонендоскоп к заушной области. Прижатие затылочной артерии к сосцевидному отростку приводит к уменьшению громкости шума [1]. В 98 % случаев ДАВФ без ретроградного дренажа в корковые вены имеют доброкачественное клини-

ческое течение, описаны даже случаи спонтанного закрытия ДАВФ [4].

ДАВФ с прямым или ретроградным сбросом крови в корковые вены приводят к дилатации последних и регионарному повышению венозного давления. Клинически это может сопровождаться развитием судорожных припадков, появлением мозжечковых симптомов, синдрома паркинсонизма, гемигиперестезии, гемипареза, афазии [3]. Такие фистулы принято считать «агрессивными» из-за высокого риска развития внутричерепных кровоизлияний (около 8,1 % в год) и высокого уровня летальности (около 10,4 % в год). Своевременная диагностика и лечение ДАВФ позволяют не только улучшить качество жизни пациентов, но и избежать развития жизнеугрожающих осложнений.

Ниже представлено клиническое наблюдение пациента, направленного на МРТ-исследование для поиска причины впервые возникшего эписиндрома.

## Клинический случай

Пациент А., 61 год, обратился с жалобами на эпизоды потери сознания, речевые нарушения.

Из анамнеза известно, что на фоне общего благополучия 10 октября 2020 г. в дневное время возник эпизод алексии (нарушение понимания печатного текста) с последующей потерей сознания продолжительностью около 20 мин. Наличие судорог и другие описательные характеристики приступа затрудняется назвать по причине отсутствия свидетелей данного приступа. Цифры АД до потери сознания — 180/100 мм рт. ст. За медицинской помощью не обращался ввиду регресса неврологической симптоматики. Со слов, за 2,5 мес. до данного эпизода перенес новую коронавирусную инфекцию (COVID-19). 17 октября и 16 ноября 2020 г. — кратковременные эпизоды диффузной головной боли, моторной афазии (трудности с произношением слов, при сохранной способности понимать смысл обращенной речи).

При обследовании: КТ головного мозга (от 17 ноября 2020 г.) — данных об остром нарушении мозгового кровообращения не получено. Арахноидальная киста правой лобной области. Признаки микроангиопатии. По данным ЭЭГ (от 17 ноября 2020 г.) — признаки региональной пароксизмальной активности из медиобазальных отделов лобно-височных областей, больше слева. Для уточнения причины впервые возникшего эписиндрома пациенту было рекомендованы МРТ головного мозга, дуплексное сканирование магистральных артерий головы (ДС МАГ).

При выполнении стандартного МРТ-протокола в режиме T2 обращала на себя внимание эктазия корковых вен левого полушария большого мозга

(рис. 1, в). В режиме SWI выявлено расширение более мелких медуллярных вен, вокруг которых определялись многочисленные точечные очаги пониженной интенсивности МР-сигнала (последствия микрокровоизлияний?) (рис. 1, б, г). В левой височной доле визуализировались несколько T2-гиперинтенсивных очагов (2 субкортикальных и 1 корковый), без признаков истинного ограничения диффузии (рис. 2). Все вышечисленное, вероятнее всего, было следствием регионарной венозной гипертензии, генез которой оставался неясным, поскольку признаков синустромбоза (повышение интенсивности МР-сигнала в режиме T2 от просвета венозных синусов) выявлено не было. В связи с этим было принято решение дополнительно выполнить бесконтрастную 3D-TOF-ангиографию, по данным которой отмечалась артериализация кровотока в расширенных корковых венах (рис. 3, а). Кроме того, в задней черепной ямке слева была выявлена сеть мелких извитых сосудов, пронизывающих затылочную кость и соединяющих левую затылочную артерию (ветвь наружной сонной артерии) с сигмовидным синусом (рис. 3, б).

При ДС МАГ (от 20 ноября 2020 г.) — левая затылочная артерия расширена до 4,3 мм, по ней регистрируется значительно повышенный кровоток (до 116 см/с) со сниженным периферическим сопротивлением ( $RI = 0,65$ ) (рис. 4).

Таким образом, у пациента А. была диагностирована «агрессивная» ДАВФ с антеградным типом кровотока и ретроградным дренажом крови в корковые вены (тип II по Borden, тип IIb по Cognard), рекомендована консультация сосудистого хирурга. Впоследствии фистула была эмболизирована, невро-

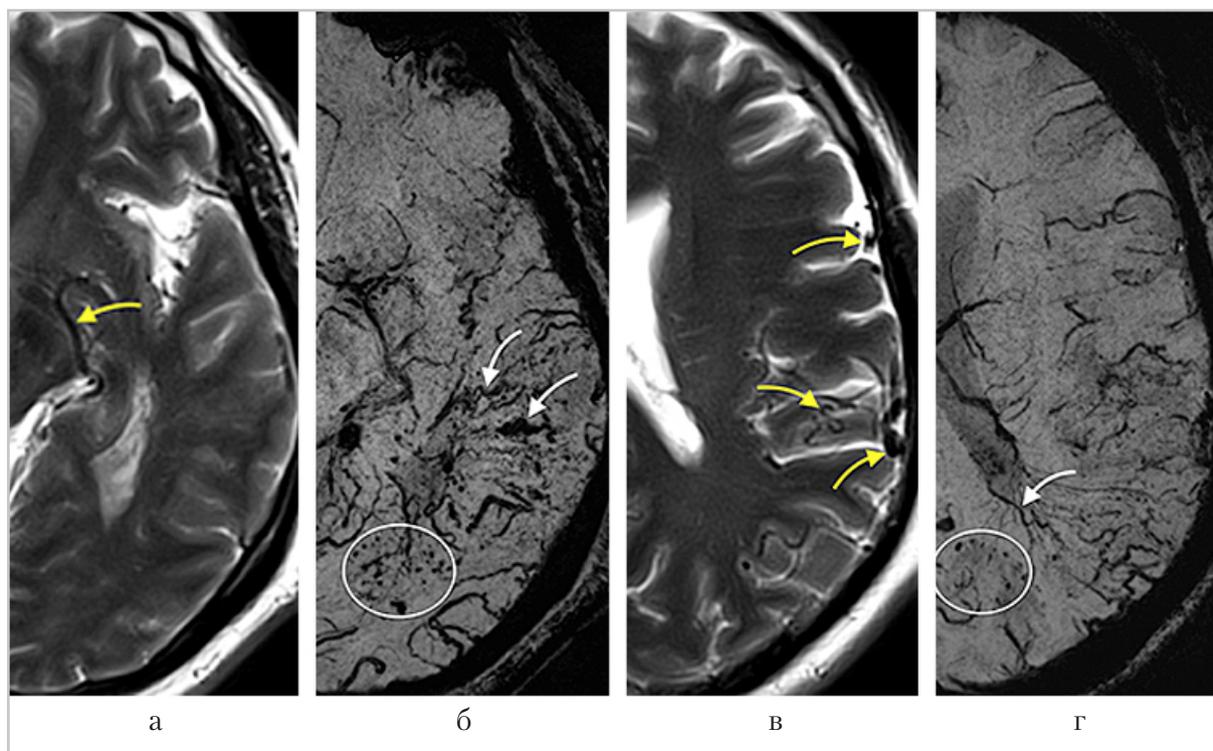


Рис. 1. МР-томограммы; режимы T2 (*а, в*) и SWI, mIP-реконструкция (*б, г*), аксиальная плоскость, срезы проходят на уровне ножек среднего мозга (*а, б*) и тел боковых желудочков (*в, г*): *а* — стрелкой обозначена расширенная вена Розенталя; *в* — стрелки указывают на расширенные корковые вены; *б, г* — стрелками отмечены расширенные медуллярные вены, кружками обведены точечные микрокровоизлияния

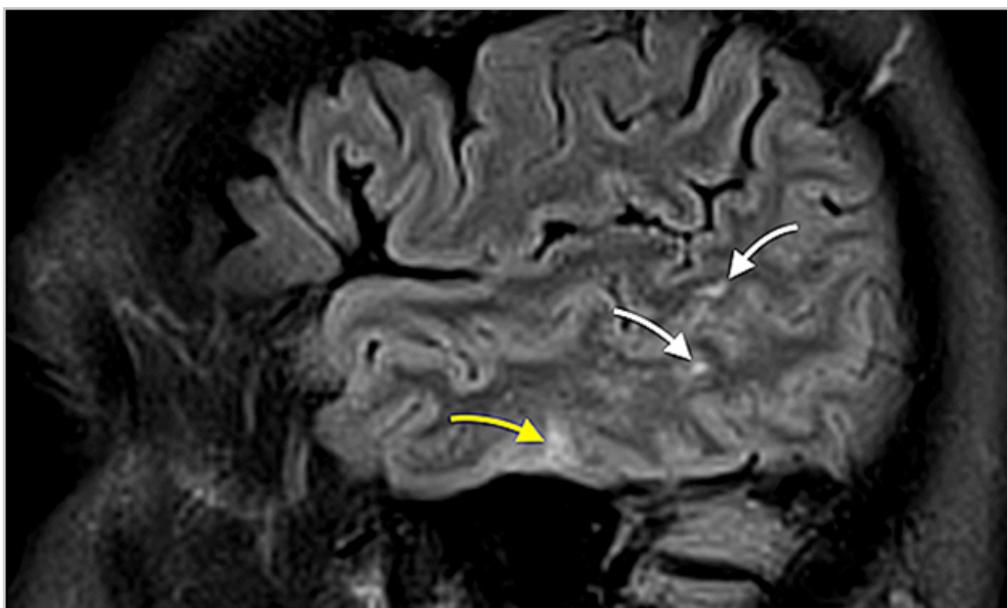


Рис. 2. МР-томограммы; режим T2 FLAIR, сагиттальная плоскость, левая височная доля. Белыми стрелками обозначены субкортикальные очаги, желтой — корковый очаг

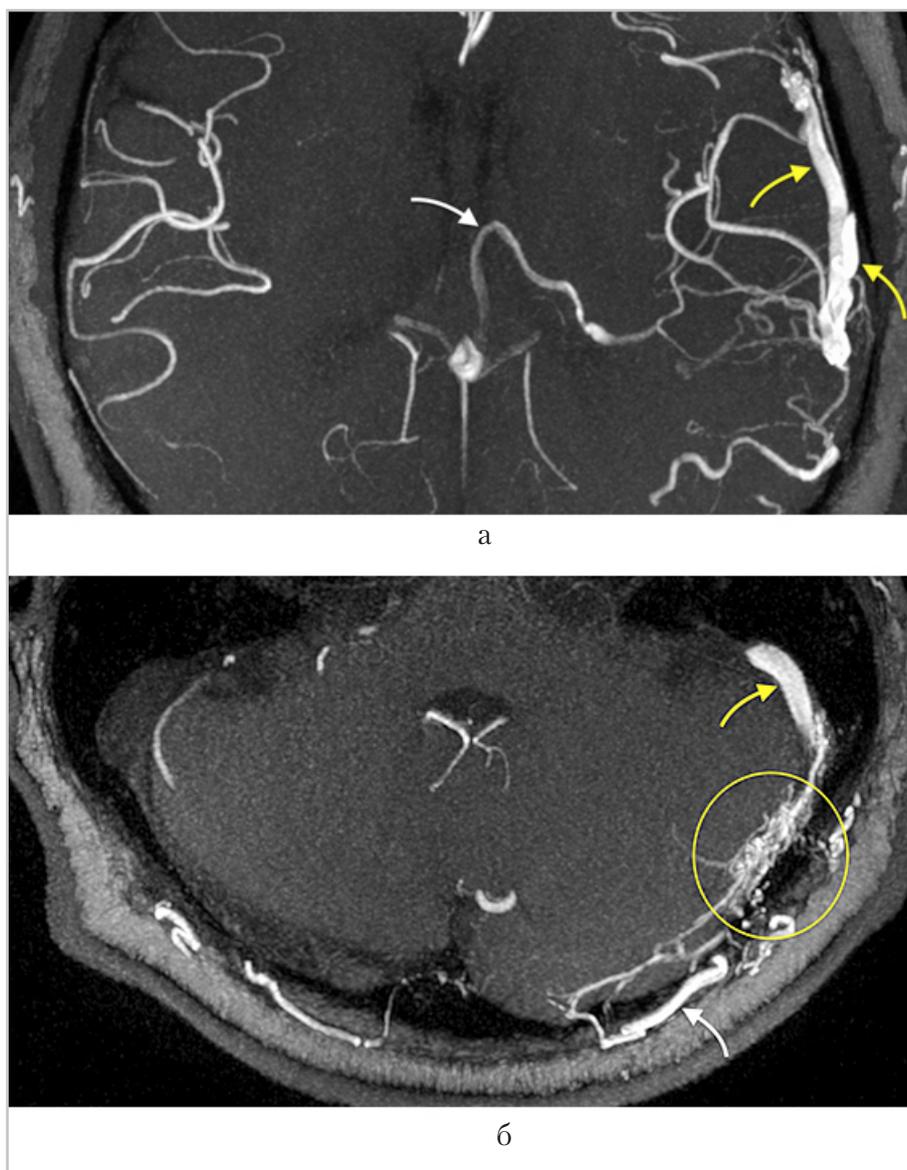


Рис 3. МР-томограммы; бесконтрастная 3D-TOF-ангиография, mIP-реконструкция, аксиальная плоскость: *а* — желтыми стрелками обозначены расширенные корковые вены. Определяется МР-сигнал от кровотока по левой внутренней вене мозга (*белая стрелка*); *б* — кружком обведена сеть мелких извитых сосудов, соединяющих левую затылочную артерию (*белая стрелка*) с сигмовидным синусом (*желтая стрелка*). Левый поперечный синус гипоплазирован

логическая симптоматика полностью регрессировала.

### Обсуждение

В случае, если при проведении рутинной МРТ возникает подозрение на наличие

у пациента сосудистой мальформации с артериовенозным шунтированием, рекомендуется дополнить протокол исследования КТ- или МР-ангиографией. К преимуществам обеих методик можно отнести их относительную доступность

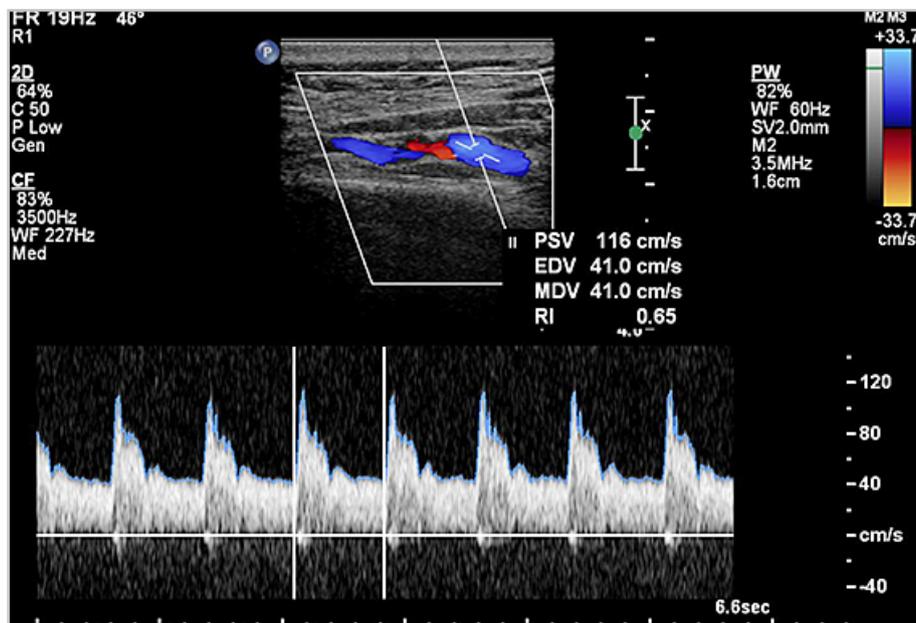


Рис. 4. Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий. Локация кровотока по затылочной ветви левой наружной сонной артерии

и малую инвазивность, однако необходимо помнить, что чувствительность КТ- и МР-ангиографии в выявлении ДАВФ составляет 15,4 и 50 % соответственно [4]. Такая низкая чувствительность КТ-ангиографии объясняется близким прилеганием ДАВФ к костям черепа, что затрудняет их визуализацию. При МР-ангиографии кости черепа имеют низкую интенсивность МР-сигнала, и быстро движущаяся кровь в просвете фистулы хорошо контрастирует на их фоне. К недостаткам МР-ангиографии можно отнести низкую разрешающую способность на низкопольных аппаратах (до 1,5 Тл), ограниченное число срезов в стандартных протоколах исследования (ДАВФ может просто не попасть в область сканирования) и так называемый in-plane saturation artifact (МР-сигнал от фистулы может быть подавлен, если она проходит параллельно плоскости изображений). 50 %-ная чувствительность МР-ангиографии не позволяет

использовать ее для окончательного исключения ДАВФ, но в ряде случаев, как, например, в описанном нами наблюдении, с ее помощью удастся четко визуализировать ДАВФ и своевременно направить пациента к сосудистому хирургу для дальнейшей верификации методом цифровой субтракционной ангиографии (ЦСА), являющейся «золотым стандартом» диагностики [5]. Одним из перспективных методов диагностики интракраниальных ДАВФ является 4D КТ-ангиография. Проведение последней на компьютерных томографах с шириной детектора 16 см позволяет одномоментно, за одно введение контрастного препарата, оценить гемодинамику во всех сосудистых бассейнах черепа. При ЦСА необходимо отдельно контрастировать каждую артерию, потенциально вовлеченную в патологический процесс.

Основная цель лечения ДАВФ — полное закрытие патологического со-

устья, в противном случае фистула рецидивирует. Существуют следующие подходы к лечению ДАВФ:

1. Консервативное лечение — показано пациентам с «доброкачественными» ДАВФ (Borden I, Cognard I, IIa). Наличие симптомов, существенно снижающих качество жизни (изнуряющий шум в ухе, зрительные нарушения), является показанием для проведения эндоваскулярного лечения.
2. Эндоваскулярные вмешательства — основной метод лечения ДАВФ:
  - а) трансартериальная, трансвенозная или комбинированная эмболизация частицами;
  - б) эмболизация клеем на основе N-бутил-2-цианоакрилата или Ониксом;
  - в) эмболизация спиралями с/без введения клея или Оникса;
  - г) установка потоконаправляющего стента в просвет венозного синуса на уровне фистулы.
3. Стереотаксическая радиохирургия — обычно используется в комбинации с другими методами лечения.
4. Хирургическое разобщение фистулы — может быть методом выбора при локализации ДАВФ в передней черепной ямке.
5. Комбинированное лечение — например, эндоваскулярное лечение + радиохирургия.

Своевременное разобщение ДАВФ приводит к полному регрессу неврологической симптоматики.

## Заключение

Внутричерепные ДАВФ встречаются достаточно редко (по данным литературы их распространенность составляет 0,15–0,29 на 100 000 населения), а

«агрессивные» ДАВФ с ретроградным дренажом крови в корковые вены — еще реже (около 32 % среди внутричерепных ДАВФ), тем не менее знание особенностей данной формы патологии имеет чрезвычайно важное значение, так как своевременная диагностика и лечение «агрессивных» ДАВФ позволяет избежать развития жизнеугрожающих осложнений (риск внутричерепных кровоизлияний составляет около 8,1 % в год, летальность достигает 10,4 % в год) [3, 6].

## Список литературы

1. Белопасова А. В., Кадыков А. С., Белопасов В. В. и др. Дуральная артериовенозная фистула — редкая причина пульсирующего шума в ухе // Клиническая практика. 2020. Т. 11. № 3. С. 107–113.
2. Жаде С. А., Першин М. Е., Белый А. И. и др. Дуральные артериовенозные фистулы: описание двух клинических случаев и обзор литературы // Инновационная медицина Кубани. 2020. № 3. С. 52–60.
3. Elhammady M. S., Ambekar S., Heros R. C. Epidemiology, clinical presentation, diagnostic evaluation, and prognosis of cerebral dural arteriovenous fistulas // Arteriovenous and Cavernous Malformations, Handbook of Clin. Neurol. 2017. V. 143. P. 99–105.
4. Gandi D., Chen J., Pearl M. et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas: classification, imaging findings, and treatment // Am. J. of Neuroradiol. 2012. V. 33. № 6. P. 1007–1013.
5. Gupta A. K., Periakaruppan A. L. Intracranial dural arteriovenous fistulas: a review // Ind. J. of Radiol. and Imag. 2009. V. 19 (1). P. 43–48.
6. Van Rooij W. J., Sluzewski M., Beute G. N. Dural arteriovenous fistulas with cortical

venous drainage: incidence, clinical presentation, and treatment // Am. J. of Neuroradiol. 2007. V. 28 (4). P. 651–655.

## References

1. *Belopasova A. V., Kadykov A. S., Belopasov V. V. et al.* Dural arteriovenous fistula – the cause of a pulsating noise in the ear. J. of Clin. Practice. 2020. V. 11 (3). P. 107–113.
2. *Zhade S. A., Pershin M. E., Bely A. I. et al.* Dural arteriovenous fistulas: two case reports and review. Innovative Med. of Kuban. 2020. No. 3. P. 52–60.
3. *Elhammady M. S., Ambekar S., Heros R. C.* Epidemiology, clinical presentation, diagnostic evaluation, and prognosis of cerebral dural arteriovenous fistulas. Arteriovenous and Cavernous Malformations, Handbook of Clin. Neurol. 2017. V. 143. P. 99–105.
4. *Gandi D., Chen J., Pearl M. et al.* Intracranial dural arteriovenous fistulas: classification, imaging findings, and treatment. Am. J. of Neuroradiol. 2012. V. 33. No. 6. P. 1007–1013.
5. *Gupta A. K., Periakaruppan A. L.* Intracranial dural arteriovenous fistulas: a review. Ind. J. of Radiol. and Imag. 2009. V. 19 (1). P. 43–48.
6. *Van Rooij W. J., Sluzewski M., Beute G. N.* Dural arteriovenous fistulas with cortical venous drainage: incidence, clinical presentation, and treatment. Am. J. of Neuroradiol. 2007. V. 28 (4). P. 651–655.

## Сведения об авторах

**Филатов Алексей Сергеевич**, аспирант, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: fil4tovmd@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-5706-6997

**Filatov Alexey Sergeevich**, Postgraduate, Radiologist of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: fil4tovmd@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-5706-6997

**Кремнева Елена Игоревна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: kremneva@neuradiology.ru  
ORCID.org/0000-0001-9396-6063

**Kremneva Elena Igorevna**, Ph. D. Med., Senior Researcher of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: kremneva@neuradiology.ru  
ORCID.org/0000-0001-9396-6063

**Коновалов Родион Николаевич**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: krn\_74@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-5539-245X

**Konovalev Rodion Nikolaevich**, Ph. D. Med., Senior Researcher of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: krn\_74@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-5539-245X

**Синькова Виктория Викторовна**, ординатор отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».

Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: 0006564321@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-2285-2725

**Sin'kova Viktoriya Viktorovna**, Resident of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.

Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.

Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: 0006564321@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-2285-2725

**Лясковик Алина Анатольевна**, ординатор отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».  
Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: lyaskow@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-8062-0784

**Lyaskovik Alina Anatol'evna**, Resident of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: lyaskow@yandex.ru  
ORCID.org/0000-0001-8062-0784

**Чечеткин Андрей Олегович**, доктор медицинских наук, руководитель лаборатории ультразвуковых исследований ФГБНУ «Научный центр неврологии».  
Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-24-17. Электронная почта: andreychechetkin@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-8726-8928

**Chechetkin Andrey Olegovich**, M. D. Med., Head of the Ultrasound Laboratory, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-24-07. E-mail: andreychechetkin@gmail.com  
ORCID.org/0000-0002-8726-8928

**Добрынина Лариса Анатольевна**, доктор медицинских наук, руководитель 3-го неврологического отделения ФГБНУ «Научный центр неврологии».  
Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-24-17. Электронная почта: dobrla@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-9929-2725

**Dobrynina Larisa Anatol'evna**, M. D. Med., Head of the 3rd Neurology Department, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-24-17. E-mail: dobrla@mail.ru  
ORCID.org/0000-0001-9929-2725

**Кротенкова Марина Викторовна**, доктор медицинских наук, руководитель отделения лучевой диагностики ФГБНУ «Научный центр неврологии».  
Адрес: 125367, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 80.  
Тел.: +7 (495) 490-22-05. Электронная почта: krotenkova\_mrt@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-3820-4554

**Krotenkova Marina Viktorovna**, M. D. Med., Head of the Department of Neuroradiology, Research Center of Neurology, Moscow.  
Address: 80, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125367, Russia.  
Phone number: +7 (495) 490-22-05. E-mail: krotenkova\_mrt@mail.ru  
ORCID.org/0000-0003-3820-4554

**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.*

**Уважаемые коллеги!**

**Приглашаем вас принять активное участие в предстоящем юбилейном  
V съезде Национального общества нейрорадиологов.**

**Дата: 9–10 сентября 2021 г.      Формат: онлайн.**

Основная тематика грядущего V съезда: «Демиелинизирующие и аутоиммунные заболевания ЦНС». Традиционно большое внимание в рамках программы съезда будет уделено вопросам лучевой диагностики в нейроонкологии, педиатрии, эпилепсии, сосудистых поражений головного и спинного мозга, черепно-мозговой и позвоночно-спинальной травмы, болевых синдромов в нейрохирургии и неврологии. В рамках съезда планируется проведение сателлитных симпозиумов и школ по различным тематикам.

Запланировано включение школ, проводимых во время съезда, в систему непрерывного медицинского образования (НМО) в соответствии с установленными требованиями Координационного совета по развитию непрерывного медицинского и фармацевтического образования Министерства здравоохранения РФ.

Информация о мероприятии будет размещена на странице официального сайта Национального общества нейрорадиологов по адресу: <http://rusneurorad.ru/5congress2021>

**СЪЕЗД  
V**

# НАЦИОНАЛЬНОГО ОБЩЕСТВА НЕЙРОРАДИОЛОГОВ

[rusneurorad.ru](http://rusneurorad.ru)

ONLINE

ГЛАВНАЯ ТЕМА СЪЕЗДА

**Демиелинизирующие  
и аутоиммунные  
заболевания ЦНС**

**9-10 сентября 2021**



## Информация для авторов статей

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

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

**Впервые среди журналов нашего профиля появилась возможность представлять видеоролики, как иллюстративный материал к статьям, лекциям и клиническим примерам.**

**Вы всегда можете воспользоваться этой возможностью и прислать видеоролики диагностических исследований в форматах avi, mpreg, mov размером до 250 Мб при подаче статьи в наш журнал «Радиология — практика».**



**ФМБА России**

Федеральное медико-биологическое агентство



**ФНКЦРиО**

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ И ОНКОЛОГИИ



**ФРАД**

Фонд развития  
лучевой диагностики



**ЦНИИЛД**

Центральный научно-исследовательский  
институт лучевой диагностики

ПЕРВАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

# «ИННОВАЦИИ В РАДИОЛОГИИ. ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ»

**PHILIPS**



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
МЕДИЦИНСКОЙ РАДИОЛОГИИ ФМБА РОССИИ

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ: 7-8 ОКТЯБРЯ 2021 ГОДА  
Г. ДИМИТРОВГРАД, УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

[www.unionrad.ru](http://www.unionrad.ru)  
[www.fnkcrio.ru](http://www.fnkcrio.ru)

**Полную программу мероприятия можно посмотреть  
на сайте [unionrad.ru](http://unionrad.ru) в разделе Конференции.**

На правах рекламы



Дата проведения :  
22 октября 2021г.  
Место проведения:  
платформа ZOOM  
[www.unionrad.ru](http://www.unionrad.ru)  
[www.fnkcrio.ru](http://www.fnkcrio.ru)

НАУЧНО ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ,  
ПОСВЯЩЁННАЯ ПАМЯТИ  
КАРЕНА РУБЕНОВИЧА ШАРИНЯНА

**«КОНТРАСТНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ  
В ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ  
ПРАКТИКЕ.  
ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА  
В ПЕДИАТРИИ»**

# Новые требования к содержанию и оформлению материалов, направляемых в редакцию журнала «Радиология — практика»

**New requirements for the content and design of materials sent to the editorial office of the journal "Radiology — Practice»**

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

Все материалы для публикации отправляются через сайт с помощью кнопки «Отправить статью». Все вопросы, связанные с отправкой, можно решить с ответственным секретарем журнала — доктором медицинских наук, профессором Егоровой Еленой Алексеевной, e-mail: eegorova66@gmail.com.

### Новые правила оформления материалов\*

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**.

### 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.

\* 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).

## Блоки расположения всех материалов статьи, предоставляемой к публикации

**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. сайт <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).

**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;

\* Недопустимо использование интернет-переводчиков (дающих перевод слов без учета стиля, связи слов в предложениях, что делает текст непонятным, значительно искажает смысл).

- 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 табуляцией, 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 иллюстрациям и видеороликам**

Качество всех графических материалов должно соответствовать статусу научной статьи: все иллюстрации должны быть информативными, высокого качества.

**Графики, диаграммы, векторные иллюстрации** принимаются в исходных векторных форматах или EPS.

**Растровые иллюстрации:** в исходных форматах JPEG, TIFF без предварительного использования в программах с автоматическим сжатием.

**Видеоролики** диагностических исследований в форматах AVI, MPEG, MOV размером до 250 Мб.

**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 наименования 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 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 аффилировании (на русском и английском языках);
- реферат и ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст (на русском языке), в котором расположен после ссылок в круглых скобках (табл. или рис.) весь иллюстративный материал в качестве превью: таблицы (вертикальные); рисунки и лучевые изображения (в формате растровой графики); диаграммы, схемы, графики (в формате векторной графики) — все должно быть на своих местах. Все графические иллюстрации, помимо расположения в текстовом файле статьи в качестве превью, предоставляются в виде отдельных файлов-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.
- ORCID.

Ниже представляются те же данные на английском языке и с применением транслитерации:

- Фамилии и сокращенно инициалы (транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. сайт <http://www.translit.ru>), ученая степень, ученое звание, место работы, должность (развернуто, с полным представлением всех наименований на английском языке).
- Адрес с индексом (на английском языке).
- Телефон с кодом.
- E-mail.
- ORCID.

**Иванова Ирина Ивановна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Адрес: 130000, г. Смоленск, Красный проспект, д. 52.

Тел.: +7 (915) 911-11-11. Электронная почта: [ivman@mail.ru](mailto:ivman@mail.ru)

ORCID: 0000-0501-6547-5555

**Ivanova Irina Ivanovna**, Ph. D. Med., Associate Professor of the Department of Radiology, Smolensk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 52, Krasnyi prospekt, Smolensk, 130000, Russia.

Phone number: +7 (915) 911-11-11. E-mail: [ivman@mail.ru](mailto:ivman@mail.ru)

ORCID: 0000-0501-6547-5555

**После сведений об авторах должны быть указаны источники финансирования, а также конкурентонезависимость: «Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов».**

## Комментарии к новым правилам

**Заглавия статей на английском языке** должны быть информативными, не могут содержать сокращений и транслитераций, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные наименования.

**Транслитерация** русскоязычного текста часто проводится по различным правилам, что ведет к потере информации в аналитических системах. При анализе словаря российских авторов в SCOPUS наиболее распространенной и корректной считается система BGN (Board of Geographic Names) (табл.).

### Наиболее распространенные варианты транслитерации

Простая система		Система библиотеки Конгресса США		Система Board of Geographic Names (BGN)		Система Госдепартамента США	
Буква	Транслит.	Буква	Транслит.	Буква	Транслит.	Буква	Транслит.
А	A	А	A	А	A	А	A
Б	B	Б	B	Б	B	Б	B
В	V	В	V	В	V	В	V
Г	G	Г	G	Г	G	Г	G
Д	D	Д	D	Д	D	Д	D
Е	E	Е	E	Е	E, YE	Е	E, YE
Ё	E	Ё	E	Ё	E, YE	Ё	E, YE
Ж	ZH	Ж	ZH	Ж	ZH	Ж	ZH
З	Z	З	Z	З	Z	З	Z
И	I	И	I	И	I	И	I
Й	Y	Й	I	Й	I	Й	I
К	K	К	K	К	K	К	K
Л	L	Л	L	Л	L	Л	L
М	M	М	M	М	M	М	M
Н	N	Н	N	Н	N	Н	N
О	O	О	O	О	O	О	O
П	P	П	P	П	P	П	P
Р	R	Р	R	Р	R	Р	R
С	S	С	S	С	S	С	S
Т	T	Т	T	Т	T	Т	T
У	U	У	U	У	U	У	U
Ф	F	Ф	F	Ф	F	Ф	F
Х	KH	Х	KH	Х	KH	Х	KH
Ц	TS	Ц	TS	Ц	TS	Ц	TS

Простая система		Система библиотеки Конгресса США		Система Board of Geographic Names (BGN)		Система Госдепартамента США	
Буква	Транслит.	Буква	Транслит.	Буква	Транслит.	Буква	Транслит.
Ч	CH	Ч	CH	Ч	CH	Ч	CH
Ш	SH	Ш	SH	Ш	SH	Ш	SH
Щ	SCH	Щ	SHCH	Щ	SHCH	Щ	SHCH
Ъ	опускается	Ъ	"	Ъ	"	Ъ	опускается
Ы	Y	Ы	Y	Ы	Y	Ы	Y
Ь	опускается	Ь	'	Ь	'	Ь	опускается
Э	E	Э	E	Э	E	Э	E
Ю	YU	Ю	IY	Ю	YU	Ю	YU
Я	YA	Я	IA	Я	YA	Я	YA

**Реферат (авторское резюме) и ключевые слова** на английском языке в русскоязычном издании являются для иностранных ученых и специалистов практически единственным источником информации о содержании статьи и изложенных в ней результатах исследований.

Текст реферата (авторского резюме) должен быть:

- компактным, лаконичным и четким (объемом от 150 до 250 слов), информативным (необходимо избегать применения общих слов, предоставления второстепенной информации, описания общеизвестных фактов);
- оригинальным, содержательным, включать описание предмета и цели работы, материалов и методов ее проведения, результатов и области применения. Необходимо следовать логике описания научных данных в тексте публикации, кратко представить выводы. Недопустимо проводить в реферате аналитический обзор литературных источников, данных, полученных в ходе других исследований, что не несет смысловой нагрузки в плане представления ценности научной и практической составляющей рассматриваемой работы для зарубежных читателей;
- «англоязычным» (текст должен быть написан на грамотном английском языке, использование интернет-переводчиков недопустимо, в результате их применения текст выглядит несогласованным, искаженным, без смысла, со значительной потерей информативности).

### Пристайный список литературы

Данный этап работы (оформление библиографической части рукописи) включает:

- использование цитат и ссылок из современных литературных источников (давность издания которых не превышает 5 лет) с приведением фамилий и инициалов всех авторов (что позволяет исключить потерю индексации авторов и снижения уровня цитирования их работ), выделяя их шрифтом, например курсивом;
- оформление списка литературы с применением правил, предусмотренных действующими ГОСТ (7.82–2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления»; 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»; 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка»). Ссылки на литературные источники в списке располагают в алфавитном порядке по фамилии первого автора, сначала приводятся издания на русском языке, затем — на иностранных. Работы одного автора указываются по возрастанию годов издания. В тексте ссылки на номера источников даются в квадратных скобках.

#### **Примеры для книг в списке**

*Зуев А. А.* Заглавие (обязательно полное). 5-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 2009. 99 с.

*Ferguson-Smith V. A.* The indications for screening for fetal chromosomal aberration. prenatal diagnosis insert. Ed. by Boue A. Paris, 1976. P. 81–94.

#### **Примеры для диссертаций и авторефератов в списке**

*Натанов Я. М.* Название диссертации: Дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 108 с.

*Натанов Я. М.* Название диссертации: Автореф. дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 20 с.

#### **Примеры для статей в списке**

*Горюнов Н. Л.* Название статьи // Название журнала (сокращенное и без кавычек). 1989. Т. 66. № 9. С. 99–102.

*Nicolaidis K. N.* Screening for fetal chromosomal abnormalities need to change the rules. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 1994. V. 4. No. 3. P. 353–355.

#### **Примеры для авторских свидетельств в списке**

*Симонов Ю. М., Суворов Н. В.* Название: А. С. 163514 СССР // Б. И. 1986. № 16. С. 44.

После формирования **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 сохранение 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: Meditsina, 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).

### Оформление таблиц

- 1) Начинается со ссылки в тексте — именно так, сокращенный вариант табл. 1.
- 2) Далее пишем слово Таблица 1 (выравниваем по правому краю таблицы, даем разряженным шрифтом в 3 пункта), ставим порядковый номер без знака №.

- 3) Следующая строка – формулируем название таблицы (должно быть всегда), выделяем жирным шрифтом, выравниваем по центру.
- 4) Делаем шапку таблицы, обозначив название всех граф с единицами измерений, текст шапки выделяем жирным шрифтом, выравниваем по центру.
- 5) Далее текст таблицы – название строк (выравниваем по левому краю), содержимое граф – по центру.

**Образец** (ничего местами не менять!):

Результаты МР-стадирования в сопоставлении с патоморфологической стадией РТМ представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Сопоставление патоморфологической и МР-стадии рака тела матки**

Патоморфологическая стадия	МР-стадия (без контрастирования) n = 41			МР-стадия (с контрастированием) n = 30			Всего
	T1a	T1в	T2	T1a	T1в	T2	
T1a	23	0	0	22	4	0	49
T1в	5	9	0	2	1	0	17
T2	1	0	3	0	0	1	5
Итого	29	9	3	24	5	1	71

Если во всей статье всего одна таблица, то в ссылке в тексте не указывается никакой номер и далее при ее оформлении опускается пункт 2).

# Выбор профессионалов

## **РАПИКС — рентгеновская диагностическая передвижная цифровая система —**

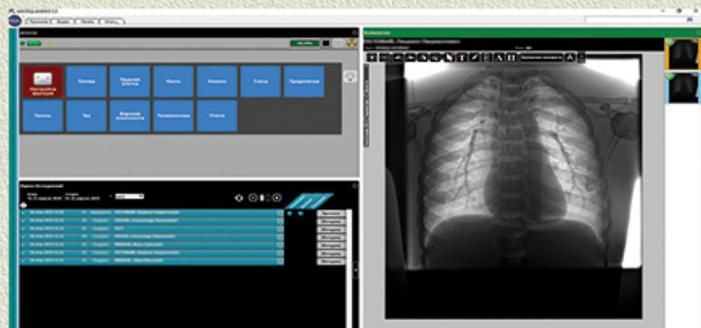
предназначена для выполнения рентгенографических исследований в цифровом формате при положении пациента стоя, сидя и лежа.

Применяется в лечебно-профилактических учреждениях в общей диагностике, в травматологии, ортопедии, пульмонологии, оториноларингологии.



Система «РАПИКС» выполнена на основе передвижного штатива с электроприводом и блоками аккумуляторных батарей, что позволяет легко осуществлять перемещение системы к месту проведения рентгенологических исследований.

Способ получения изображения — цифровой, выполняется устройством обработки рентгеновского изображения. Визуализацию полученных цифровых рентгенограмм, их дальнейшую обработку и сохранение обеспечивает электронное управление системы «РАПИКС».



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