

ООО «Центральный научно-исследовательский
институт лучевой диагностики»

РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

Научно-практический журнал для работников медицинской радиологической службы России

RADIOLOGY — PRACTICE

№ 1 2022



Научно-практический журнал для работников медицинской радиологической службы России

РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

Radiologia — praktika

№ 1 2022

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)

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

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор мед. наук, профессор РАН (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.

Учредители:

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

© НПАО «Амико», 2007

ISSN 2713–0118 (Online)

ББК 53.6

УДК 616.71

www.radp.ru

«Радиология — практика» — научный рецензируемый журнал, издается с 2000 года. Периодичность: 6 выпусков в год. Журнал представлен в Научной электронной библиотеке (elibrary.ru), базе данных «Российский индекс научного цитирования», базе данных Index Copernicus (Польша).

RADIOLOGY PRACTICE

№ 1 2022

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 Natalia Evgen'evna, M. D. Med., Professor of Russian Academy of Sciences (Moscow)

Kapustin Vladimir Viktorovich, M. D. Med., Associate Professor (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.

Founders:

© Central Research Radiology Institute, 2015

© AMICO, Ltd., 2007

ISSN 2713-0118 (Online)

ББК 53.6

УДК 616.71

www.radp.ru

«Radiology — practice» is a scientific peer-reviewed journal published since 2000. Frequency: 6 issues per year. The journal is presented in the Scientific Electronic Library (elibrary.ru), the Russian Science Citation Index database, the Index Copernicus database (Poland).

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

Обращение главного редактора

Message from the Editor in Chief 7

90-летие Института нейрохирургии

90th Anniversary of the Burdenko Neurosurgery Institute 9

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ ORIGINAL ARTICLES

Острые неврологические поражения головного мозга в структуре клинической картины тяжелого респираторного синдрома-2 (SARS-CoV-2)

Г. Н. Доровских, С. С. Седельников, С. А. Кожедуб,
Д. А. Сулим, Я. А. Билер, А. А. Поженкова

Acute Neurological Brain Lesions in the Structure of the Clinical Picture of Severe Respiratory Syndrome-2 (SARS-CoV-2)

G. N. Dorovskikh, S. S. Sedelnikov, S. A. Kozhedub,
D. A. Sulim, Ya. A. Biler, A. A. Podenkova 13

Различия скорости кровотока в опухолях глиального ряда на магнитно-резонансных томографах с напряженностью магнитного поля 1,5 и 3,0 Тл методом псевдонепрерывной бесконтрастной перфузии

А. В. Сударикова, А. И. Баталов, Э. Л. Погосбекян,
Л. М. Фадеева, Н. Е. Захарова, И. Н. Пронин

Differences in Cerebral Blood Flow in Gliomas on Magnetic Resonance Imaging Scanners with Magnetic Field Strengths of 1.5 and 3 T by the Method of Pseudo-Continuous Non-Contrast Perfusion

A. V. Sudarikova, A. I. Batalov, E. L. Pogosbekyan,
L. M. Fadeeva, N. E. Zakharova, I. N. Pronin 30

МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ MEDICAL TECHNOLOGY

Опыт применения методик магнитно-резонансной миелографии у пациентов с неврологической и нейрохирургической патологией

О. Б. Богомякова, Л. М. Василькив, Ю. А. Станкевич,
А. А. Савелов, А. А. Тулупов

Experience of Application of Magnetic Resonance Myelography Methods in Patients with Neurological and Neurosurgical Patholog

О. В. Bogomyakova, L. M. Vasilkiv, Yu. A. Stankevich,
A. A. Savelov, A. A. Tulupov45

**Автоматический алгоритм магнитно-резонансной морфометрии в диагностике
фокальной кортикальной дисплазии**

А. М. Шевченко, Э. Л. Погосбекян, А. И. Баталов, Е. И. Шульц,
А. Н. Тюрина, Л. М. Фадеева, М. В. Шевченко, П. А. Власов,
Н. Е. Захарова, А. Г. Меликян, И. Н. Пронин
**Automatic Algorithm of Magnetic Resonance Morphometry in the Diagnosis of Focal
Cortical Dysplasia**
A. M. Shevchenko, E. L. Pogosbekyan, A. I. Batalov, E. I. Shultz,
A. N. Tyurina, L. M. Fadeeva, M. V. Shevchenko, P. A. Vlasov,
N. E. Zakharova, A. G. Melikyan, I. N. Pronin63

**ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION**

**Диффузионно-тензорная и диффузионно-куртозисная магнитно-резонансная
томография в оценке диффузного аксонального повреждения (обзор литературы)**

Р. М. Афандиев, Н. Е. Захарова, Э. Л. Погосбекян,
А. А. Потапов, И. Н. Пронин
**Diffusion-tensor and Diffusion-kurtosis Magnetic Resonance Imaging in the Assessment
of Diffuse Axonal Injury (Literature Review)**
R. M. Afandiev, N. E. Zakharova, E. L. Pogosbekyan,
A. A. Potapov, I. N. Pronin.....77

**КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ
CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS**

**Диагностика метамерной спинальной артериовенозной мальформации
(клинический случай)**

Е. В. Расулова, И. Н. Пронин, Р. М. Афандиев, Н. Е. Захарова
Diagnosis of Spinal Metameric Arteriovenous Malformation Syndrome (Case Report)
E. V. Rasulova, I. N. Pronin, R. M. Afandiev, N. E. Zakharova.....91

**Глубинная венозная ангиома, вызвавшая развитие стеноза водопровода
(клинический случай)**

К. Д. Соложенцева, К. В. Шевченко, Н. Е. Захарова,
Р. М. Афандиев, И. Н. Пронин

**Venous Angioma of the Deep Brain Structures which Caused Aqueductal Stenosis
(Clinical Case and the Review of the Literature)**

K. D. Solozhentseva, K. V. Shevchenko, N. E. Zakharova,
R. M. Afandiev, I. N. Pronin..... 101

**НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА, ОБЪЯВЛЕНИЯ
SCIENTIFIC INFORMATION, CHRONICLE, ADS**

**Отчет о проведении научно-практической конференции «Актуальные проблемы
лучевой диагностики – простые решения сложных задач»**

**Report on the Scientific and Practical conferences «Actual problems of radiation
diagnostics – simple solutions to complex problems» 109**

**Анонс монографии «Лучевая диагностика и профилактика ятрогенных повреждений
молочной железы»**

**Announcement of the monograph «Radiation diagnostics and prevention of iatrogenic
breast injuries» 114**

**Отчет о проведении научно-практической конференции «Современные возможности
диагностики и лечения рака молочной железы»**

**Report on the scientific and practical conference «Modern possibilities of diagnosis and
treatment of breast cancer» 115**

Поздравление профессора Амосова Виктора Ивановича с юбилеем

Congratulation of Professor Amosov Viktor Ivanovich on his anniversary..... 117

Некролог о Варшавском Юрии Викторовиче

Obituary about Varshavsky Yuri Viktorovich 126

Правила оформления материалов, направляемых в редакцию

журнала «Радиология — практика», в соответствии с ГОСТ Р 7.0.7-2021 128



Уважаемые коллеги!
Уважаемые читатели журнала!

Представляем первый номер журнала «Радиология — практика» 2022 года.

Прошел год с начала работы журнала в новом формате. За данный период редакция организационно привела соответствие журнала нормативным документам. Вышел новый ГОСТ Р 7.0.7– 2021, и с нового года редакция журнала будет принимать статьи в соответствии с этим документом.

Из новых требований к подаче материалов в редакцию — обязательное представление авторами:

- [УДК](#) статьи;
 - информации о вкладе каждого автора в ее написании.
- Будьте внимательны! Вся информация размещена на сайте журнала.

Первый номер журнала «Радиология — практика» 2022 года — целевой и посвящен вопросам нейрорадиологии.

В сентябре 2021 года с большим успехом прошел Национальный конгресс нейрорадиологов, вызвавший большой интерес у специалистов.

Два года назад уже был опубликован номер по нейрорадиологии, однако за этот период произошло обновление результатов научных исследований, поэтому для нас стало важным ознакомление с ними наших читателей.

Кроме того, в последние несколько лет в лечебные учреждения нашей страны поступило значительное количество томографической техники, и несомненно, важ-

ным является единый подход к диагностике заболеваний центральной нервной системы во всех лечебно-профилактических учреждениях России.

Надеюсь, что данный номер будет интересен нашим читателям.

Мне также хотелось поблагодарить компании «АМИКО», «Агфа», «МТЛ», «Филлипс», «Сименс», «Р-фарм», GE, «Сантэ Мед.Системс» за поддержку журнала и выразить надежду на дальнейшее сотрудничество.

**Поздравляю всех участников проекта «Радиология — практика» —
редколлегию, компании, наших постоянных читателей
с Новым годом и Рождеством!
Здоровья вам и вашим близким, успехов, творчества,
радостных минут и хорошего настроения весь год!**

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

90-летие Института нейрохирургии 90th Anniversary of the Burdenko Neurosurgery Institute

Национальный центр нейрохирургии отмечает свое 90-летие. Он вырос из маленькой нейрохирургической клиники, основанной хирургом Николаем Ниловичем Бурденко и неврологом Василием Васильевичем Крамером. 15 февраля 1929 г., как об этом свидетельствует сохранившийся операционный журнал, здесь было проведено первое нейрохирургическое вмешательство, что по традиции считается датой открытия хирургических учреждений. В 1932 г. на базе клиники Н. Н. Бурденко и В. В. Крамера был организован самостоятельный научно-исследовательский нейрохирургический институт.

Получив в 1934 г. собственное здание, он развернул полномасштабную деятельность и стал Центральным нейрохирургическим институтом (ЦНХИ) огромной страны, по сути являясь центром нейрохирургии Советского Союза. Наряду с лечебными, научными и педагогическими задачами ЦНХИ в предвоенные годы решил такие важные организационные проблемы, как создание Нейрохирургического совета, журнала «Вопросы нейрохирургии».

В послевоенные годы институт, которому было присвоено имя Н. Н. Бурденко, стал классическим академическим научно-исследовательским учреждением, ученые которого обогатили приоритетными открытиями мировую нейрохирургию и смежные нейронауки.

Институт нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко АМН СССР и затем РАМН на рубеже веков становится авторитетной и неотъемлемой частью мирового нейрохирургического сообщества. Институт внес значительный вклад в развитие лучевой диагностики как в СССР, так и в современной России.

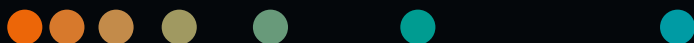
Все это явилось предпосылками для преобразования в 2015 году крупнейшего нейрохирургического учреждения России и Европы в Национальный центр Минздрава России, ответственный за развитие нейрохирургии в нашей стране.

**Редколлегия журнала «Радиология — практика» и профессиональное сообщество
тепло поздравляют коллег из ФГАУ «Национальный медицинский
исследовательский центр нейрохирургии имени академика Н. Н. Бурденко»
Минздрава России
со знаменательным событием — 90-летием со дня основания.**

Конференции

Лучевая диагностика в клинической онкологии

siemens-healthineers.com/ru/news-and-events



Приглашаем вас принять участие в серии совместных региональных конференций Siemens Healthineers и ГК МедИнвестГрупп

План конференций 2022:

- Уфа дата уточняется*
- Пермь 8 апреля
- Нижний Новгород 3 июня
- Челябинск 23 сентября

Темы к обсуждению:

- Значение лучевых методов исследования в работе врача-клинициста
- Радиоизотопные методы диагностики: ПЭТ и ОФЭКТ. Принципы методов
- Обзор современных и перспективных возможностей КТ и МРТ в клинической онкологии
- Место и возможности МРТ в современной онкологии
- Основы клинического применения в онкологии ПЭТ/КТ с 18-FDG
- ПЭТ/КТ в повседневной работе онколога
- Новая парадигма лечения онкогематологических пациентов с внедрением метода ПЭТ/КТ
- Возможности ОФЭКТ/КТ исследования в диагностике онкологических заболеваний
- Мифы и реальность: лучевая нагрузка и противопоказания к КТ с контрастом
- Новые возможности УЗИ-диагностики в онкологии
- Выбор тактики и метода лечения онкологического пациента в клинической практике
- Сложный случай в онкологии

Подробная информация: conf-medinvest.ru

* Дата будет определена на основании эпидемиологической ситуации в регионе

МЕД
ИНВЕСТ
ГРУПП

SIEMENS
Healthineers

MAGNETOM Vida* с технологией BioMatrix**

Адаптация к особенностям пациентов при 3 Тл

siemens-healthineers.com/ru



Первая
в мире
система 3 Тл
с технологией
BioMatrix

На правах рекламы

Рост количества исследований и их сложности, а также ценовое давление ставят всё новые задачи перед МРТ. Поэтому МРТ с полем 3 Тл должны учитывать индивидуальность пациентов, обеспечивать надёжные результаты для всех категорий больных и стать более экономичными.

MAGNETOM Vida, первый МР-томограф с технологией BioMatrix, хорошо подготовлен к решению задач, с которыми сегодня сталкивается МРТ, отвечает современным потребностям благодаря высокому качеству визуализации и меньшему числу повторных сканирований, эффективному распределению времени исследования и персонализированному подходу МР диагностики.

- Полный набор возможностей системы 3 Тл благодаря беспрецедентной мощности магнита и градиентов
- Высочайшая производительность системы 3 Тл с технологиями Turbo Suite и GO**
- Новые клинические возможности системы 3 Тл с интегрированными технологиями Compressed Sensing**

ТЕЛЕКОРД-МТ-ПЛЮС

ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС



80%

ДОЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
КОМПЛЕКТУЮЩИХ



МЕХАТРОНИКА



ДИНАМИЧЕСКИЙ
ПРИЕМНИК



ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ



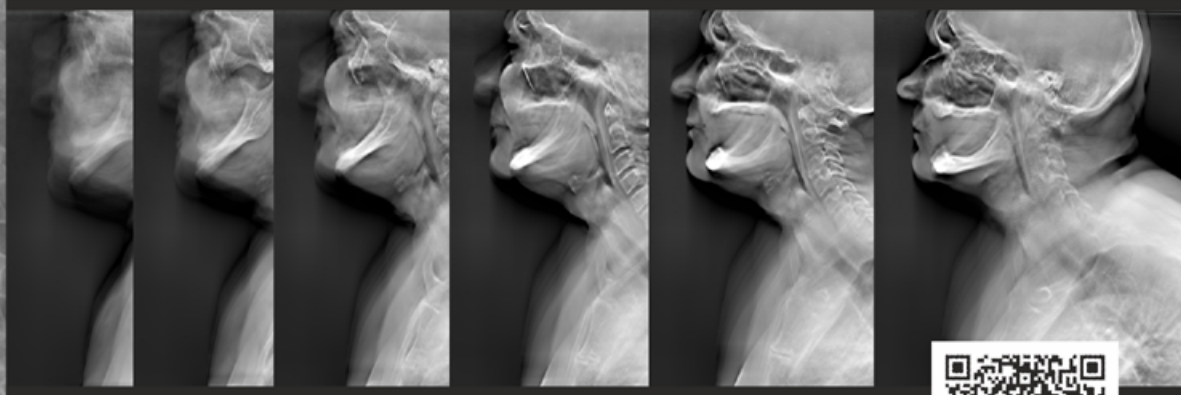
ТОМОСИНТЕЗ



МУЛЬТИЭНЕРГИЯ



СШИВКА



С ТОЧНОСТЬЮ ДО ПИКСЕЛЯ

mtl.ru





ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья.

УДК 612.821.6

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-13-29>

Острые неврологические поражения головного мозга в структуре клинической картины тяжелого респираторного синдрома-2 (SARS-CoV-2)

Г. Н. Доровских*,^{1, 2, 3}, С. С. Седельников^{1, 3}, С. А. Кожедуб³,
Д. А. Сулим³, Я. А. Билер³, А. А. Поденкова³

¹ ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России

² ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России

³ БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1», Омск

Реферат

Коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома-2 (SARS-CoV-2) и вызываемая им коронавирусная инфекция наряду с поражением дыхательной системы может приводить к расстройствам со стороны центральной и периферической нервной системы. В статье представлены данные литературы и собственные наблюдения неврологических расстройств у больных с коронавирусной инфекцией в сверхострый период. Выраженные неврологические расстройства преимущественно наблюдаются при тяжелом течении коронавирусной инфекции и включают острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), подкорковые микро- и макрокровотечения, острую некротизирующую энцефалопатию, синдром Гийена — Барре. Факторами, потенциально осложняющими течение коронавирусной инфекции и способствующими развитию неврологических осложнений, являются: артериальная гипертензия, сахарный диабет, хронические заболевания сердца и дыхательной системы. На основе уже имеющихся публикаций и собственных наблюдений нами систематизированы сведения о взаимосвя-

* **Доровских Галина Николаевна**, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики ПДО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, заведующая отделением лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1», Омск.

Адрес: 644045, г. Омск, ул. Марка Никифорова, д. 4, кв. 12.

Тел.: +7 (913) 965-43-44. Электронная почта: gal-dorovskikh@yandex.ru. ORCID.org/0000-0002-4061-8038

Dorovskikh Galina Nikolaevna, M. D. Med., Professor, Department of Radiology of Postgraduate Education in Krasnoyarsk state medical university named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky, Ministry of Healthcare of Russia, Professor of the Department of Anesthesiology and Resuscitation of the Omsk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia, Head of Department of Radiology, Omsk City Emergency Hospital № 1.

Address: 4-12, ul. Marka Nikiforova, Omsk, 644045, Russia.

Phone number: +7 (913) 965-43-44. E-mail: gal-dorovskikh@yandex.ru. ORCID.org/0000-0002-4061-8038

© Г. Н. Доровских, С. С. Седельников, С. А. Кожедуб, Д. А. Сулим, Я. А. Билер, А. А. Поденкова

зи между коронавирусной инфекцией и неврологическими расстройствами, о возможных факторах, способствующих возникновению инсульта. Рассмотрены возможности применения МСКТ грудной клетки как единственного метода лучевой диагностики для раннего выявления вирусной пневмонии у пациентов, поступающих по экстренной и неотложной помощи, предотвратить ненадлежащее ведение пациентов с коронавирусной инфекцией и адекватно устранить неврологические осложнения. Применение данного метода в сверхострый период ОНМК позволяет существенно сократить время диагностики и летальность у пациентов с сопутствующими вирусными пневмониями.

Ключевые слова: коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома-2 (SARS-CoV-2), пневмония, вызванная вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19), острое нарушение мозгового кровообращения, цереброваскулярные заболевания, неврологические осложнения, мультисрезовая компьютерная томография.

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. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ORIGINAL ARTICLES

Scientific article.

Acute Neurological Brain Lesions in the Structure of the Clinical Picture of Severe Respiratory Syndrome-2 (SARS-CoV-2)

G. N. Dorovskikh^{*, 1, 2, 3}, S. S. Sedelnikov^{2, 3}, S. A. Kozhedub³,
D. A. Sulim³, Ya. A. Biler³, A. A. Podenkova³

¹ Krasnoyarsk State Medical University Named After Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, Ministry of Healthcare of Russia

² Omsk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia

³ Omsk City Emergency Hospital No. 1, Russia

Abstract

The coronavirus of severe acute respiratory syndrome-2 (SARS-CoV-2) and the coronavirus infection caused by it, along with damage to the respiratory system, can lead to disorders of the central and peripheral nervous system. The article presents literature data and own observations of neurological disorders in patients with coronavirus disease in the superacute period. Pronounced neurological disorders are mainly observed in severe coronavirus disease and include acute ischemic stroke, subcortical micro- and macro-bleeding, acute necrotizing encephalopathy, Guillain-Barre syndrome. Factors potentially complicating the course of coronavirus disease and contributing to the development of neurological complications are hypertension, diabetes mellitus, chronic diseases of the heart and respiratory system. Based on existing publications and our own observations, we have systematized information about the relationship between coronavirus disease and neurological disorders, about possible factors contributing to the occurrence of stroke. The possibilities of using chest MSCT as the only method of radiation diagnostics for the early detection of viral pneumonia in patients receiving emergency and emergency care at the regional vascular center of BUZOO «GC BSMP No. 1» are considered. The use of this method, in the ultra-acute period of acute ischemic stroke, during the first 40 minutes from the moment of admission, can significantly reduce the time of diagnosis and mortality in patients with acute ischemic stroke and viral pneumonia.

Key words: Severe Acute Respiratory Syndrome-2 Coronavirus (SARS-CoV-2), Pneumonia Caused by the SARS-CoV-2 Virus (COVID-19), Acute Cerebral Circulation Disorder, Cerebrovascular Diseases, Neurological Complications, Multislice Computed Tomography.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

По состоянию на 23 ноября 2021 г. в мире зарегистрировано более 256 млн лабораторно подтвержденных случаев SARS-CoV-2 в 218 странах и более 5,1 млн случаев смерти во всем мире (ВОЗ, 2021). В Российской Федерации, по данным правительственного сайта, общее число зараженных составляет более 9,5 млн случаев, а в сутки выявляется более 33 тыс. человек. Предварительные клинические данные указывают на то, что тяжелая инфекция, вызванная коронавирусом острого респираторного синдрома (SARS-CoV-2), может поражать центральную нервную систему [2, 4]. Анализ многочисленных публикаций, посвященных новой коронавирусной инфекции (SARS-CoV-2), и наших собственных наблюдений свидетельствует о том, что в патологический процесс могут вовлекаться оболочки, сосуды и паренхима мозга [1, 3, 6]. Кроме того, в многочисленных исследованиях сообщалось о неврологических осложнениях коронавирусной инфекции, которые потенциально пагубно влияют на исход заболевания [3, 5, 8]. Одним из наиболее частых осложнений является ишемический и геморрагический мозговой инфаркт. Хотя точный механизм, с помощью которого вирус проникает в

центральную нервную систему (ЦНС) еще не установлен, наиболее вероятными являются две теории: 1) гематогенное распространение коронавируса SARS-CoV-2 из системного кровотока в мозговое кровообращение, где более медленный поток способствует тому, что вирус повреждает эндотелий капилляров и получает доступ к мозгу [10]. Второй нейropатологический путь описывает инвазию в мозг через обонятельную луковицу и верхний носовой транскрибирующий путь, по которому вирус SARS-CoV-2 распространяется транснайронально в различные зоны мозга [9, 10, 11]. По результатам других исследований причиной является протромботическое состояние при COVID-19 [7, 12]. Интересно, что неврологические симптомы и состояния могут предшествовать типичным респираторным симптомам на несколько дней или даже являлись единственными индикаторами коронавирусной инфекции у носителей, не имеющих других симптомов. Среди исследований, проведенных в сети больниц в Чикаго, штат Иллинойс, неврологические проявления у пациентов с коронавирусной инфекцией были выявлены примерно у 42 % в ранние сроки болезни, у 63 % при госпитализации

и у 82 % в любое время в течение болезни [11]. Существует множество доказательств того, что тяжесть вирусной инфекции у людей напрямую связана с наличием сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний, таких как артериальная гипертензия (17 %), сахарный диабет (8 %), сердечно-сосудистые заболевания (5 %) и пожилой возраст, predisposing к заболеванию крупных сосудов [7]. Международное исследование показало, что частота инсульта составляет от 0,19 до 5,4 % от общего количества пациентов с коронавирусной инфекцией [10]. Ишемический инсульт, по-видимому, является одним из самых серьезных неврологических осложнений. Имеются данные, что пациенты с коронавирусной инфекцией, осложненной ишемическим инсультом, имели признаки респираторной инфекции за 0–7 дней до инсульта [12]. Это имеет важное значение, так как позволяет применять МСКТ легких в качестве диагностического метода коронавирусной инфекции, исходя из временных рамок легочных проявлений болезни.

Другим аспектом проблемы сочетания цереброваскулярной патологии и коронавирусной инфекции является влияние инсульта на течение последней. Инсульт сопровождается активацией симпатической нервной системы и острой иммуносупрессией, что может утяжелять течение инфекции с последующим усугублением инсульта.

Возникающие под воздействием проникшего через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) в центральную нервную систему (ЦНС) вирусного агента клеточные реакции заболевшего могут протекать бессимптомно, моносимптомно либо вызывать клинические проявления острого нарушения мозгового

кровообращения, менингита, острого энцефалита, энцефалопатии.

Неврологические признаки в основном начинаются в течение первых трех недель болезни, хотя возможна потеря или спутанность сознания до появления лихорадки без респираторных проявлений. На фоне клинических признаков поражения верхних дыхательных путей отмечались головная боль, поведенческие нарушения (дезориентировка, двигательное беспокойство, непонимание и игнорирование речи окружающих), потеря сознания, гиперкинезы, судороги. Очаговые и оболочечные симптомы были непостоянные. Особое значение имело сочетание пневмонии, вызванной SARS-CoV-2, и острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК), влияния вируса на течение инсульта. Чтобы ограничить долгосрочные последствия, крайне важно, чтобы медицинские работники могли на раннем этапе обнаружить возможные неврологические симптомы и были хорошо осведомлены о более распространенных неврологических проявлениях и осложнениях коронавирусной инфекции. В связи с этим своевременное раннее выявление и адекватное лечение неврологических расстройств может оказаться критичным для излечения больных, инфицированных вирусом SARS-CoV-2.

Цель: оценка влияния ранней диагностики вирусных пневмоний, вызванных вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19), с помощью мультисрезовой компьютерной томографии на течение заболевания у пациентов с ОНМК.

Материалы и методы

В основе работы лежит опыт обследования пациентов, поступивших в Региональный сосудистый центр БУЗ ОО

«Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» (Омск) с неврологическими нарушениями за 10 мес 2021 г. Диагностический комплекс исследований больных, поступающих по неотложной помощи в сосудистый центр, включал МСКТ головного мозга и легких. Использовалось оборудование: компьютерный томограф Brilliance CT-64 (Philips), Revolution EVO CT 128 (GE). Стандартная МСКТ легких проводилась в режиме легочного сканирования с толщиной среза 0,625 с последующими MPR реконструкциями. В соответствии с рекомендациями больницы предварительный диагноз новой коронавирусной инфекции (SARS-CoV-2) выставляли на основании анамнеза и МСКТ легких. При выявлении изменений в легких проводился ПЦР-тест мазка из носоглотки для выявления SARS-CoV-2.

Результаты и их обсуждение

Проанализировано 1027 историй болезни пациентов, поступивших в отделение неврологии Регионального сосудистого центра БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» (Омск) за 10 мес 2021 г., которым при поступлении была выполнена МСКТ головного мозга в первые 40 минут обращения. При этом у 374 больных (36,4 %) был подтвержден диагноз ОНМК при поступлении. Ранние МСКТ признаки ишемического инфаркта мозга (по системе ASPECT) у больных с клиническими проявлениями ОНМК были выявлены у 67 пациентов (6,5 %), что было подтверждено данными КТ-перфузии. Первоначально МСКТ головного мозга выполнялась для всех пациентов с симптомами инсульта, и только в том случае, если результаты МСКТ го-

ловного мозга были неубедительными, выполнялась магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга с визуализацией, взвешенной по диффузии и измеряемым коэффициентом диффузии (DWI, ADC). У 75,9 % больных от общего числа на нативном МСКТ головного мозга в сверхострый период патологии выявлено не было, но диагноз ОНМК был подтвержден через 1–2 суток результатами контрольной МСКТ или МРТ. Анализ данных показал, что чаще всего были выявлены цереброваскулярные осложнения в виде ишемического и геморрагического инсульта (96,7 %), венозного инфаркта и тромбоза венозных синусов (1,5 %). ОНМК по ишемическому типу диагностировано у 805 человек (61,3 %), по геморрагическому типу — у 222 (16,9 %).

Всем больным с симптомами респираторного заболевания, повышением температуры, с сомнительным эпидемиологическим анамнезом было выполнено обследование легких. 1-й группе сразу была выполнена МСКТ легких в приемном отделении — у 845 человек (82,3 %). Из них у 148 (17,5 %) больных ОНМК сочеталось с пневмонией, вызванной вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19). 2-й группе — остальным 182 пациентам — при поступлении выполнена рентгенография легких, из них у 9 (4,9 %) человек выявлены рентгенологические признаки пневмонии. Впоследствии 97 пациентам из 2-й группы была выполнена МСКТ легких при проявлении признаков респираторной инфекции либо гипертермии, у 38 (21,3 %) пациентов выявлены признаки легочных изменений, характерных для COVID-19.

Все больные с инсультом в сочетании с коронавирусной инфекцией

имели в анамнезе сосудистые факторы риска, включая артериальную гипертензию, сахарный диабет, перенесенные ранее цереброваскулярные события. Большинство пациентов испытывали респираторные симптомы в течение 0–7 дней до инсульта. Среди предикторов выделяли возраст старше 65 лет, патологию сердца (миокардит, инфаркт миокарда, фибрилляцию предсердий), нестабильность системной гемодинамики, эндотелиальную дисфункцию, прокоагулянтную активность, наличие атеросклеротических бляшек и др. В результате анализа показано, что частота случаев пневмоний, вызванных SARS-CoV-2, в сочетании с ОНМК

увеличивается пропорционально возрасту пациентов. Большинство наших пациентов были в возрасте от 50 до 90 лет. Так, 73,6 % случаев COVID-19 зарегистрировано у лиц старше 50 лет, при этом наибольшее (26,4 %) число заболевших отмечено среди пациентов от 60 до 69 лет. Кроме этого, было отмечено, что больные с инсультом в сочетании с коронавирусной инфекцией в анализах крови имели более выраженный системный воспалительный ответ (С-реактивный белок в среднем 51,1), более выраженной была и гиперкоагуляция крови (D-димер в среднем 6,9).

Ишемические инсульты у пациентов с пневмонией, вызванной SARS-

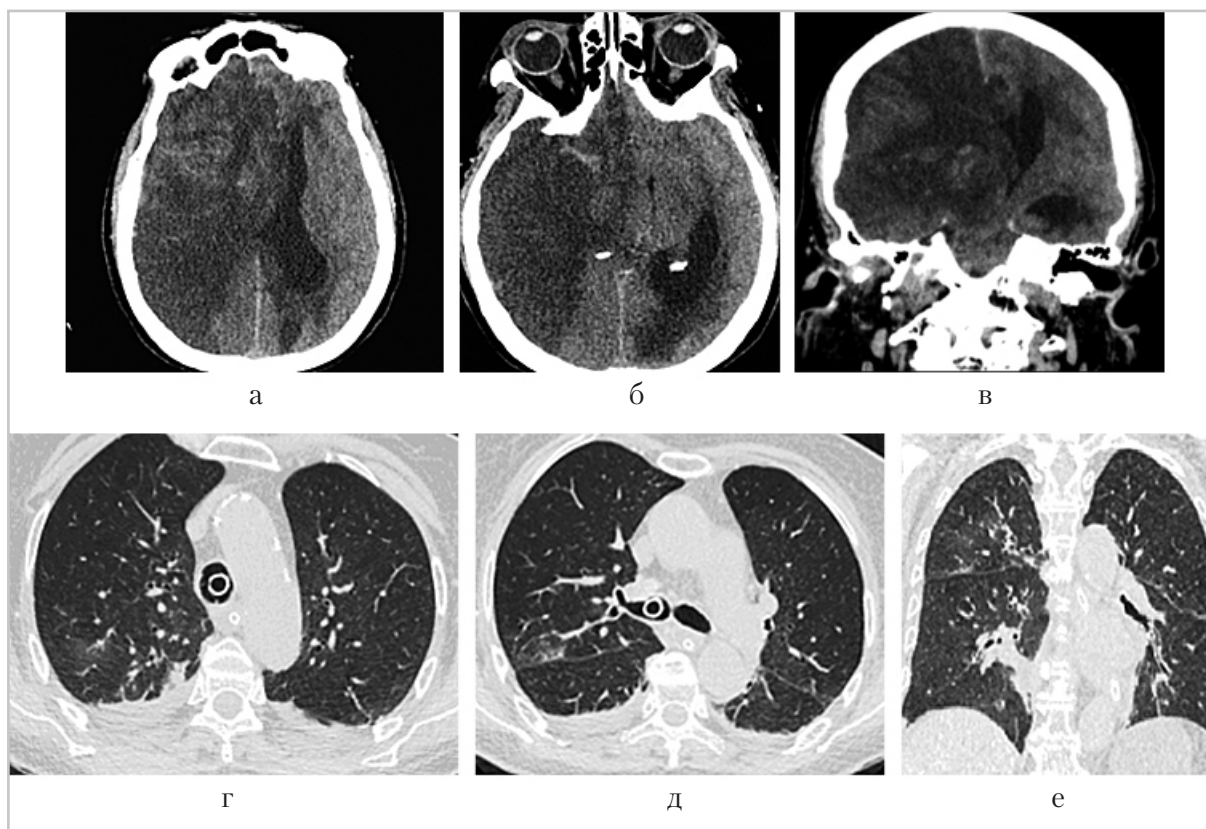


Рис. 1. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а, б, г, д), коронарная (в, е) проекции. Пациентка П., 82 года, обширное ОНМК по ишемическому типу в правом полушарии мозга (бассейн СМА) с признаками геморрагического пропитывания, с дислокацией срединных структур. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ-1)

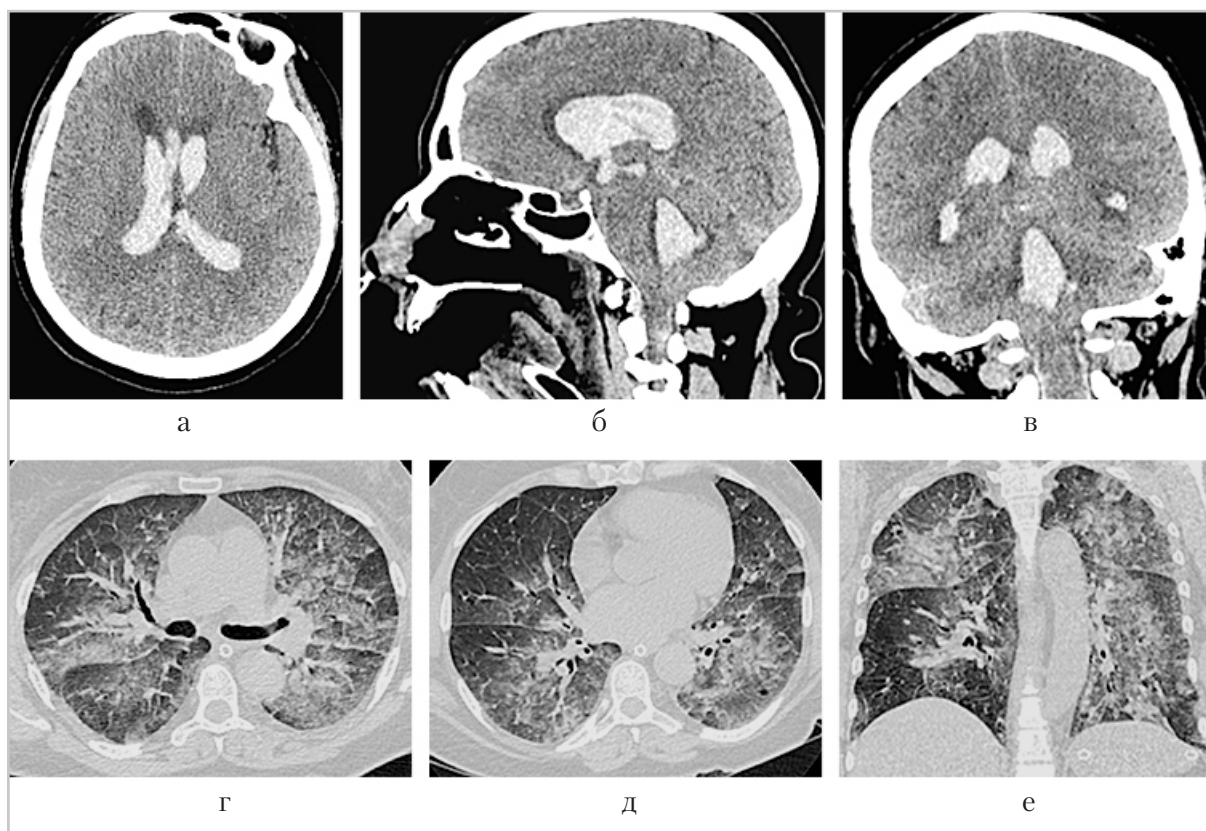


Рис. 2. Компьютерные томограммы головного мозга и органов грудной полости: аксиальная (а, г, д), сагиттальная (б) и коронарная (в, е) проекции. Пациентка С., 52 года, ОНМК по геморрагическому типу в правом полушарии мозга с формированием внутримозговой гематомы в правой лобной доле, с прорывом в желудочки мозга и субарахноидальные пространства на фоне разрыва аневризмы ПМА. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная SARS-CoV-2 (КТ-3)

СоV-2, как правило, возникали в виде крупных инфарктов в основном из-за тромбоза крупных артерий и могли наблюдаться у пациентов с поражением легкой или средней степени тяжести (рис. 1, а – е).

В патогенезе ОНМК по геморрагическому типу первостепенное значение отводилось нарушениям гемостаза, проницаемости гемоваскулярного барьера при воспалительной васкулопатии и неконтролируемой артериальной гипертензии. Особенностью клинических проявлений было: преобладание общемозговых симптомов над очаговыми, симптомов

раздражения мозговых оболочек, у 54 % была высокая температура. Больные, поступающие в клинику с ОНМК по геморрагическому типу (16,9 %), были в 60 % случаев в крайне тяжелом состоянии, кома 1–2 (рис. 2, а – е, рис. 7, а – в).

Наличие выраженной неврологической симптоматики и отсутствие изменений при МСКТ (в первые 3–6 часов) указывали на ишемический характер поражения. К исходу первых суток ишемические очаги обычно становились видимыми на МСКТ, что требовало выполнения МСКТ повторно для прицельного поиска ранних косвенных при-

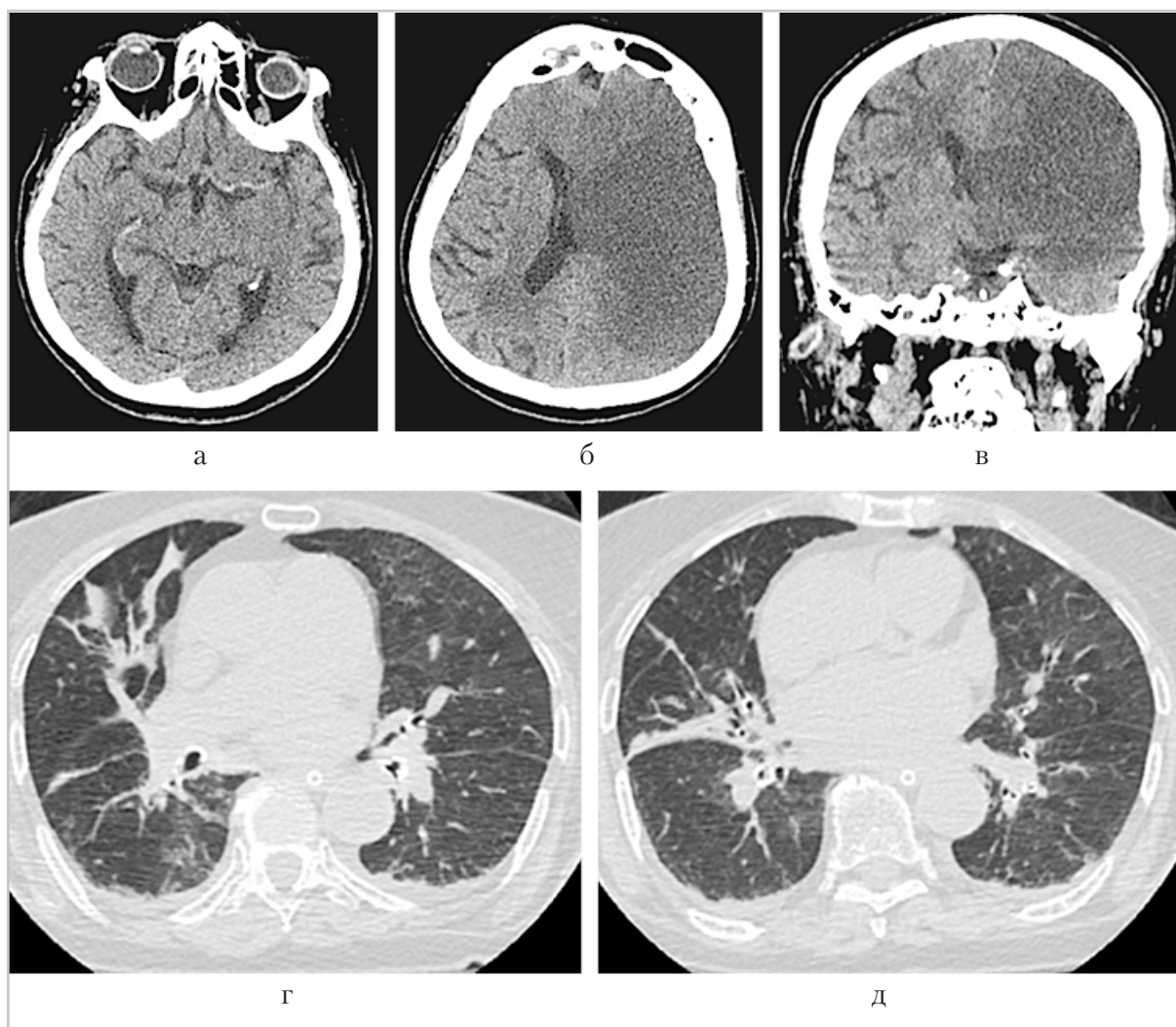


Рис. 3. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а, б, г, д) и коронарная (в) проекции. Пациент Б., 91 год, при поступлении (а) выявлены ранние КТ-признаки ОНМК, симптом «плотной» СМА. Через сутки (б, в) обширный инфаркт мозга в левом полушарии (бассейн ЛСМА) по смешанному типу с дислокацией срединных структур. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ-3)

знаков массивной полушарной ишемии (рис. 3, а — д, рис. 5, а — в).

Кашель и одышка были наиболее частыми респираторными симптомами, которые усилились во время госпитализации по поводу инсульта. Сатурация периферических капилляров кислородом у большинства пациентов была приемлемой (более 90 %). Таким

образом, важно всегда внимательно следить за респираторными проявлениями и обнаруживать их на ранней стадии, чтобы предотвратить ненадлежащее ведение пациентов с COVID-19 и адекватно устранить неврологические осложнения. Примечательно, что пациенты с тяжелой инфекцией COVID-19 были более склонны к развитию неврологиче-

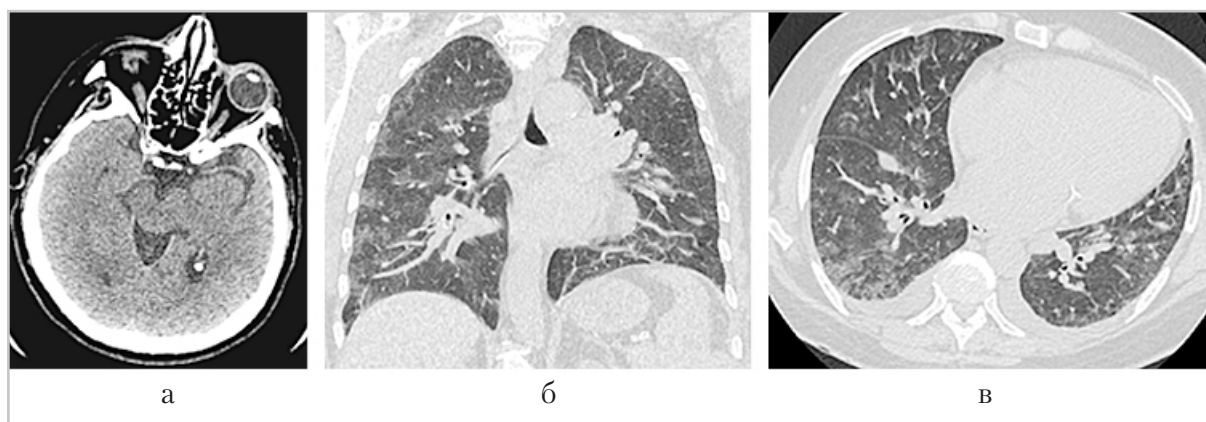


Рис. 4. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а, в) и коронарная (б) проекции. Пациентка В., 66 лет, ОНМК по ишемическому типу в левом полушарии мозга (бассейн ЛСМА), ранние КТ признаки, симптом «плотной» ЛСМА. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ-2)

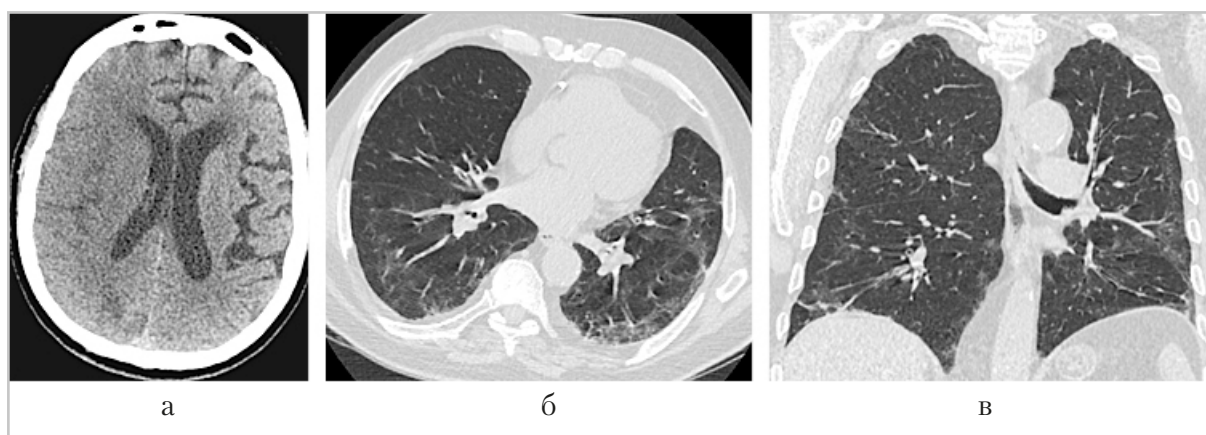


Рис. 5. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а, б) и коронарная (в) проекции. Пациент К., 75 лет, обширный полушарный инфаркт в правом полушарии мозга по ишемическому типу (бассейн РСМА). Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ-2). Больной переведен в отдельный «ковидный» бокс отделения реанимации

ских осложнений, чем пациенты с нетяжелой формой.

Следует учитывать, что у 30 % пациентов с ОНМК коронавирусная инфекция имела бессимптомное течение (рис. 4, а — в), у 45 % больных типичные признаки инфекционного заболевания развились уже после поступления в стационар. В таких случаях своевременная верификация SARS-CoV-2 вносит су-

щественный вклад в логистику и определение дальнейшей тактики лечения. У 45 % больных было характерно преобладание очаговых симптомов, которые развивались до (редко) или в первые дни болезни. Семиотика зависела от области локализации нарушенного кровоснабжения. Прогноз определялся не только размером ишемии, но и особенностями течения вирусной пневмонии. Неблаго-

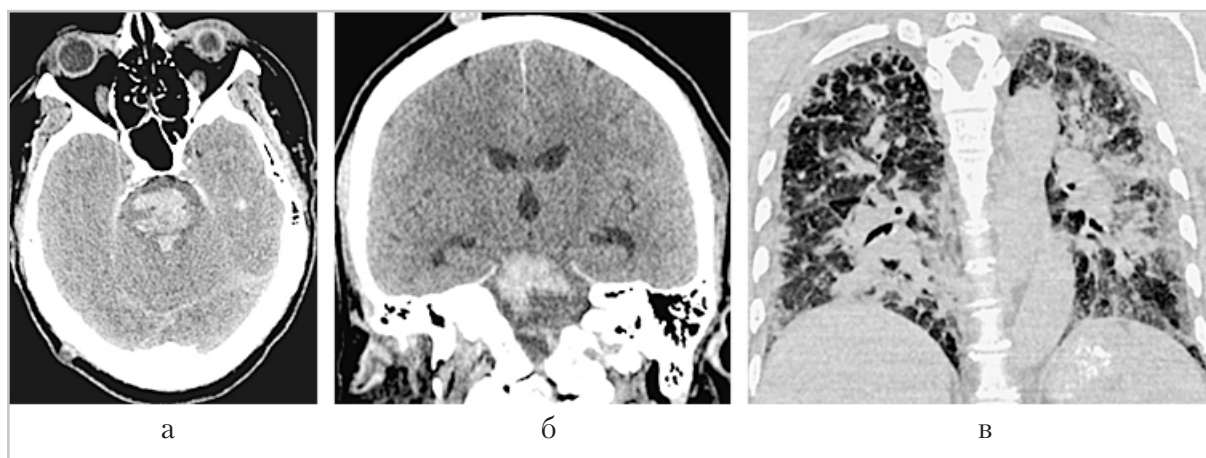


Рис. 6. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а) и коронарная (б, в) проекции. Пациентка К., 52 года, ОНМК по геморрагическому типу в стволе мозга (бассейн ВБА), кома, ИВЛ. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ-3). Больная переведена в отдельный «ковидный» бокс отделения реанимации

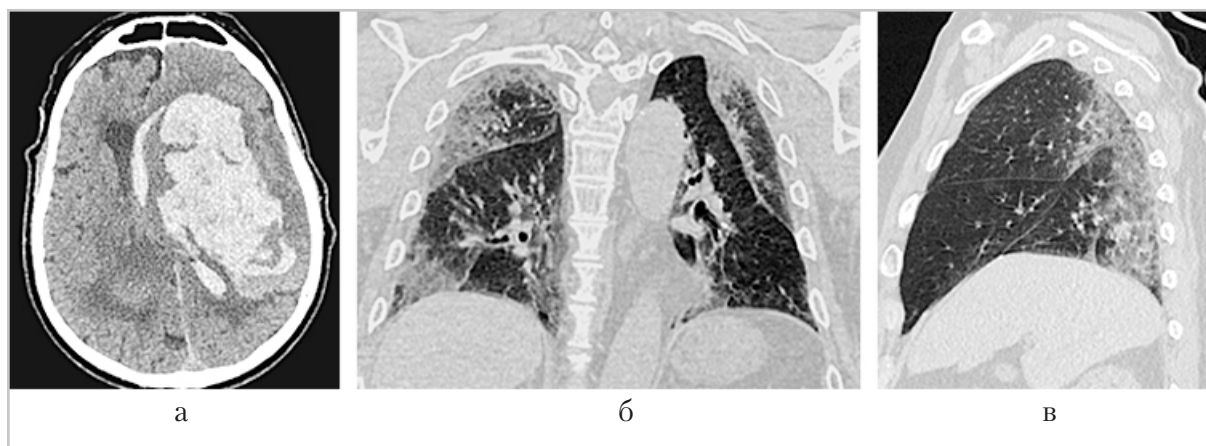


Рис. 7. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а), коронарная (б) и сагиттальная (в) проекции. Пациент П., 71 год. ОНМК по геморрагическому типу с формированием внутримозговой гематомы левого полушария мозга, с прорывом в желудочки мозга, с дислокацией срединных структур. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ 2–3)

приятный исход чаще наблюдался при выраженной гипоксемии, развитии синдрома полиорганной недостаточности, ДВС-синдроме.

Все пациенты, у которых при поступлении в стационар была диагностирована вирусная пневмония, были переведены в специализированные «ко-

видные» госпитали. Пациенты, тяжесть состояния которых не позволяла выполнить перевод, проходили лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии, в специально отведенных для этого боксах до стабилизации состояния.

У 36 % пациентов с массивным полушарным ишемическим инсультом было

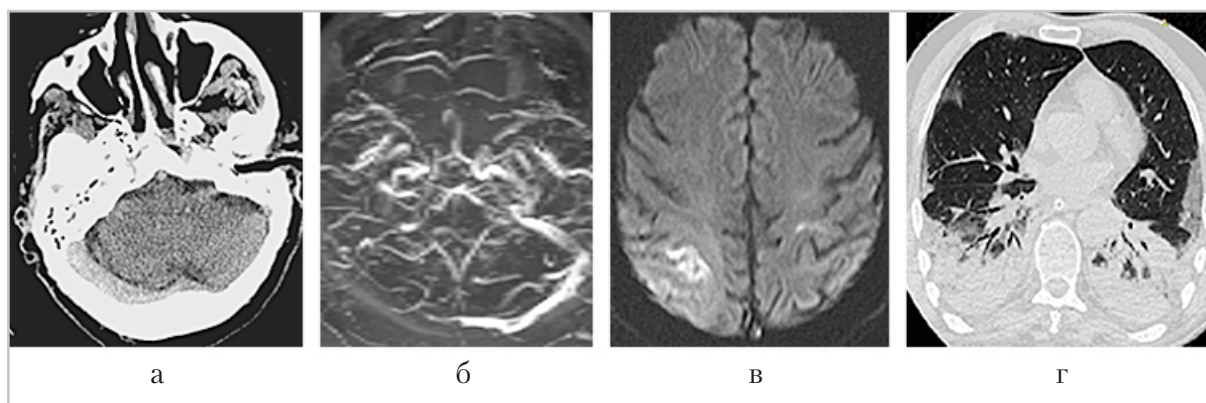


Рис. 8. Компьютерные томограммы головного мозга и легких: аксиальная (а, г) проекция МРТ головного мозга (б, в). Пациентка Д., 82 года, с признаками тромбоза правого поперечного синуса (а, б) и венозного инфаркта в правой теменной доле. Двусторонняя вирусная пневмония, с высокой вероятностью вызванная вирусом SARS-CoV-2 (КТ-3). Больная переведена в отдельный «ковидный» бокс отделения реанимации

характерно злокачественное течение, при котором зона инфаркта обычно составляла не менее 50 % бассейна кровоснабжения СМА. Причиной большинства таких инсультов являлась кардиоэмболическая или тромботическая окклюзия внутренней сонной артерии или сегмента М1 СМА. Смертность у этой категории больных составляла до 80 %, а фактором риска летального исхода являлась латеральная дислокация, превышающая 7 мм. Таким образом, раннее снижение рентгеновской плотности на МСКТ являлось весьма специфическим для необратимого ишемического повреждения головного мозга, если он обнаружен в течение первых 6 ч (рис. 5, а – в).

Общий уровень смертности при ОНМК в сочетании с вирусной пневмонией достигал в отделении неврологии 45,5 %. Наихудший прогноз имели больные со стволовым инсультом (рис. 6, а – в) и которым потребовалась интубация трахеи (рис. 7, а – в). Летальность в этой группе составила 70–90 %.

У 1,5 % больных при поступлении были выявлены КТ-признаки венозно-

го инфаркта, обусловленные тромбозом церебральных венозных структур (рис. 8, а – г). Тромбоз венозных синусов являлся одной из редких причин инсульта, зачастую оставался нераспознанным, одним из факторов риска были протромботические состояния.

Таким образом, ранняя постановка диагноза является фундаментальной основой ведения больных с ОНМК, осложненным пневмонией, вызванной вирусом SARS-CoV-2. Поздняя диагностика и запоздалое начало адекватного лечения могут приводить к неблагоприятному исходу. Ошибки в диагностике пневмоний при коронавирусной инфекции по данным рентгенографии достигают 40–50 %. Причинами, затрудняющими раннюю диагностику ВП у пациентов, поступающих с клиникой ОНМК, являются низкая чувствительность и специфичность визуализации «матового» стекла (60–70 %), низкое качество рентгенограмм (33,1 %), недооценка данных рентгенологического исследования органов грудной клетки рентгенологом (42,6 %). Все это является показанием

для проведения МСКТ легких у пациентов с ОНМК при подозрении на ВП. Преимуществами МСКТ были: высокая разрешающая способность и отсутствие суммационного эффекта, более раннее выявление инфильтративных и очаговых изменений в легочной ткани, особенно при небольшом их размере (очаги) или низкой плотности («матовое» стекло). Применение данного метода продиктовано необходимостью получения максимального количества информации в короткий промежуток времени. Учитывая тяжелый контингент больных, предпочтительно, чтобы кабинет МСКТ был расположен в непосредственной близости к приемному или реанимационному отделению, куда поступают больные с подозрением на ОНМК, оборудован аппаратурой для жизнеобеспечения пациентов (ИБЛ). Исследуемый пациент должен иметь стабилизированные жизненно важные функции с отсутствием риска смерти до окончания сканирования и начала лечения.

Принципиально важным для данной группы больных является выполнение всех рекомендаций Росздравнадзора и Минздрава России в связи с пандемией COVID-19. Любого пациента с подозрением и клинической картиной ОНМК мы должны рассматривать как потенциально инфицированного вирусом SARS-CoV-2 и применять МСКТ, а не рентгенографию при исследовании легких. Предпочтительно использование низкодозных протоколов сканирования.

Заключение

Таким образом, коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома-2 (SARS-CoV-2) и вызываемая им вирусная пневмония наряду с поражением ды-

хательной системы может приводить к расстройствам со стороны центральной и периферической нервной системы. Имеется связь между тяжестью течения коронавирусной инфекции, выраженностью и частотой неврологических нарушений. Ишемические инсульты у пациентов с коронавирусной инфекцией, как правило, возникали в виде крупных инфарктов, в основном из-за тромбоза крупных артерий, и могли наблюдаться у пациентов с поражением легкой или средней степени тяжести. Крайне важно отметить, что большинство пациентов не знали о наличии у них коронавирусной инфекции и не жаловались в первую очередь на респираторные симптомы. Выраженные неврологические расстройства преимущественно осложняли тяжелое течение коронавирусной инфекции. Факторами, потенциально осложняющими течение COVID-19 и способствующими развитию неврологических осложнений, являлись АГ, СД, заболевания сердца и хронические заболевания легких. Открытым остается вопрос о влиянии инфицирования вирусом SARS-CoV-2 на течение хронических прогрессирующих неврологических заболеваний.

Проведенное исследование показало высокую информативность, значимость и преимущества МСКТ в ранней диагностике пневмонии, вызванной вирусом SARS-CoV-2, особенно в случаях тяжелого ее течения и находящимся на ИВЛ. Включение МСКТ в алгоритм лучевой диагностики на раннем госпитальном этапе необходимо. Это позволяет уточнить локализацию и распространенность процесса, выявить дополнительные изменения в участках консолидации и окружающей легочной ткани, своевременно выявить ослож-

нения и обеспечить получение необходимой и достаточной информации о патологических изменениях в легких, сократить сроки обследования и лечения пациентов, ограничить контакты инфицированных пациентов и исключить внутрибольничное распространение коронавирусной инфекции.

Ишемический мозговой инсульт без клинически видимых симптомов инфекционного заболевания может быть первым клиническим проявлением новой коронавирусной инфекции, что подчеркивает (до получения отрицательных результатов лабораторного исследования на SARS-CoV-2) важность оценки всех поступающих пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения как потенциальных носителей вируса SARS-CoV-2 или болеющих коронавирусной инфекцией, что, в свою очередь, обуславливает особенности организации оказания медицинской помощи: логистики, диагностических и лечебных стратегий, противоэпидемических мероприятий.

Список литературы

1. Авдеев С. Н. Пневмония и острый респираторный дистресс-синдром, вызванные вирусом гриппа А/Н1N1 // Пульмонология. Приложение. 2010. № 1. С. 32–46.
2. Беляков Н. А., Рассохин В. В., Ястребова Е. Б. Коронавирусная инфекция COVID-19. Природа вируса, патогенез, клинические проявления. Сообщение 1 // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. 2020. № 12 (1). С. 7–21.
3. Вознюк И. А., Ильина О. М., Коломенцев С. В. Ишемический инсульт как клиническая форма и патогенетическая модель в структуре поражения центральной нервной системы при COVID-19 // Вестник восстановительной медицины. 2020. Т. 98. № 4. С. 90–98.
4. Гусев Е. И., Мартынов М. Ю., Бойко А. Н., Вознюк И. А., Лащ Н. Ю., Сиверцева С. А., Спирин Н. Н., Шамалов Н. А. Новая коронавирусная инфекция (CO-VID-19) и поражение нервной системы: механизмы неврологических расстройств, клинические проявления, организация неврологической помощи // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2020. Т. 120. № 6. С. 7–16.
5. Литвиненко И. В., Одинак М. М., Емелин А. Ю., Базилевич С. Н., Голохвастов С. Ю., Красаков И. В., Лобзин В. Ю., Наумов К. М., Прокудин М. Ю., Самарцев И. Н., Скулябин Д. И., Труфанов А. Г., Цыган Н. В., Янишевский С. Н. Временные методические рекомендации по ведению пациентов с заболеваниями и травмами нервной системы при COVID-19 // Новости неврологии. 2020. № 5. С. 2–8.
6. Пизова Н. В., Пизов Н. А., Скачкова О. А., Соколов М. А., Измайлов И. А., Тарамакин Р. Б. Острые нарушения мозгового кровообращения и коронавирусная болезнь // Медицинский совет. 2020. № 8. С. 18–25.
7. Федин А. И. Неврологическая клиническая патология, ассоциированная с COVID-19 // Новости неврологии. 2020. № 4. С. 2–8.
8. Шмырев В. И., Крыжановский С. М., Демьяновская Е. Г., Бриль А. Д. Неврологические осложнения SARS-CoV-2 и особенности ведения пациентов с неврологическими заболеваниями в период пандемии // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2020. № 2. С. 28–35.
9. Ahmadi Karvigh S., Vahabizad F., Banihashemi G., Sahraian M. A., Gheini M. R., Eslami M., Marhamati H., Irhadi M. S. Ischemic Stroke in Patients with

- COVID-19 Disease: A Report of 10 Cases from Iran. *Cerebrovasc. Dis.* 2021. No. 50. P. 239–244.
10. Bain A. M. Evidence of the impact of the COVID-19 virus on the central nervous system: tissue distribution, host-virus interaction and putative neurotropic mechanisms. *ACS Chem. Neurosci.* 2020. No. 11 (7). P. 995–998.
11. Liotta E. M., Batra A., Clark J. R., Zlobin N. A., Hoffman S. K., Orban Z. S., Korálník I. J. Frequent neurological manifestations and morbidity associated with encephalopathy in patients with COVID-19. *Ann Klin. Translated by Nerol.* 2020. No. 7 (11). P. 2221–2230.
12. Mao L., Wang M., Chen S., He Ts., Chang Ji., Hong S. Neurological manifestations in hospitalized COVID-19 patients in Wuhan, China: a retrospective study of a series of cases. *JAMA Neurol.* 2020. No. 77 (6). P. 683–690.
13. Oxley T. J., Mocha J., Majidi S., Kellner S. P., Shora H., Singh I. P. Stroke of large vessels as a sign of COVID-19 in young people. *N. Engl. J. Med.* 2020. No. 382 (20). e60.
- COVID-19. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny.* 2020. V. 98. No. 4. P. 90–98 (in Russian).
4. Gusev E. I., Martynov M. Ju., Bojko A. N., Voznjuk I. A., Lashh N. Ju., Siverceva S. A., Spirin N. N., Shamalov N. A. New coronavirus infection (COVID-19) and damage to the nervous system: mechanisms of neurological disorders, clinical manifestations, organization of neurological care. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S. S. Korsakova.* 2020. V. 120. No. 6. P. 7–16 (in Russian).
5. Litvinenko I. V., Odinak M. M., Emelin A. Ju., Bazilevich S. N., Golohvastov S. Ju., Krasakov I. V., Lobzin V. Ju., Naumov K. M., Prokudin M. Ju., Samarcev I. N., Skuljabin D. I., Trufanov A. G., Cygan N. V., Janishevskij S. N. Temporary guidelines for the management of patients with diseases and injuries of the nervous system in COVID-19. *Novosti nevrologii.* 2020. No. 5. P. 2–8 (in Russian).
6. Pizova N. V., Pizov N. A., Skachkova O. A., Sokolov M. A., Izmajlov I. A., Taramakin R. B. Acute cerebral circulatory disorders and coronavirus disease. *Medicinskij sovet.* 2020. No. 8. P. 18–25 (in Russian).
7. Fedin A. I. Neurological clinical pathology associated with COVID-19. *Novosti nevrologii.* 2020. No. 4. P. 2–8 (in Russian).
8. Shmyrev V. I., Kryzhanovskij S. M., Dem'janovskaja E. G., Bril' A. D. Kremlevskaja medicina. *Klinicheskij vestn.* 2020. No. 2. P. 28–35 (in Russian).
9. Ahmadi Karvigh S., Vahabizad F., Banihashemi G., Sahraian M. A., Gheini M. R., Eslami M., Marhamati H., Irhadi M. S. Ischemic Stroke in Patients with COVID-19 Disease: A Report of 10 Cases from Iran. *Cerebrovasc. Dis.* 2021. No. 50. P. 239–244.
10. Bain A. M. Evidence of the impact of the COVID-19 virus on the central nervous

References

- system: tissue distribution, host-virus interaction and putative neurotropic mechanisms. *ACS Chem. Neurosci.* 2020. No. 11 (7). P. 995–998.
11. *Liotta E. M., Batra A., Clark J. R., Zlobin N. A., Hoffman S. K., Orban Z. S., Koralknik I. J.* Frequent neurological manifestations and morbidity associated with encephalopathy in patients with Covid-19. *Ann Klin. Translated by Nerol.* 2020. No. 7 (11). P. 2221–2230.
 12. *Mao L., Wang M., Chen S., He Ts., Chang Ji., Hong S.* Neurological manifestations in hospitalized COVID-19 patients in Wuhan, China: a retrospective study of a series of cases. *JAMA Neurol.* 2020. No. 77 (6). P. 683–690.
 13. *Oxley T. J., Mocha J., Majidi S., Kellner S. P., Shora H., Singh I. P.* Stroke of large vessels as a sign of Covid-19 in young people. *N. Engl. J. Med.* 2020. No. 382 (20). e60.

Сведения об авторах

Доровских Галина Николаевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики ПДО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, заведующая отделением лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1», Омск.

Адрес: 644045, г. Омск, ул. Марка Никифорова, д. 4, кв. 12.

Тел.: +7 (913) 965-43-44. Электронная почта: gal-dorovskikh@yandex.ru

ORCID.org/0000-0002-4061-8038

Вклад автора: создание концепции научного направления, утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант, готов подтвердить, что вопросы, относящиеся к достоверности и цельности любой части исследования, должным образом изучены и решены.

Dorovskikh Galina Nikolaevna, M. D. Med., Professor, Department of Radiology of Postgraduate Education in Krasnoyarsk state medical university named after Prof. V. F. Voyno-Yasenetsky, Ministry of Healthcare of Russia, Professor of the Department of Anesthesiology and Resuscitation of the Omsk State Medical University, Ministry of Healthcare of Russia, Head of Department of Radiology, Omsk City Emergency Hospital № 1.

Address: 4-12, ul. Marka Nikiforova, Omsk, 644045, Russia.

Phone number: +7 (913) 965-43-44. E-mail: gal-dorovskikh@yandex.ru

ORCID.org/0000-0002-4061-8038

Author's contribution: creation of the concept of the scientific direction, approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version, I am ready to confirm that issues related to the reliability and integrity of any part of the study have been properly studied and resolved.

Седельников Сергей Сергеевич, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» г. Омска.

Адрес: 644112, г. Омск, ул. Туполева, д. 3, кв. 160.

Тел.: +7 (913) 973 27 52. Электронная почта: treees@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-0369-3933

Вклад автора: поиск публикаций по теме, анализ литературы, написание текста, участие в сборе материала, в обработке материала и обсчете статистических показателей, утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Sedelnikov Sergey Sergeyevich, Radiologist of Radiology Department, Omsk City Emergency Hospital № 1.

Address: 3-160, ul. Tupoleva, Omsk, 644112, Russia.

Phone number: +7 (913) 973-27-52. E-mail: treees@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-0369-3933

Author's contribution: search for publications on the topic, literature analysis, writing the text, participation in the collection of material, participation in the processing of material and calculation of statistical indicators, approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Кожедуб Сергей Анатольевич, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» г. Омска.

Адрес: 644029, г. Омск, ул. Малунцева, д. 9, кв. 19.

Тел.: +7 (913) 971 27 91. Электронная почта: mrtsergey@yandex.ru

ORCID.org/0000-0003-2999-4910

Вклад автора: участие в обработке материала и обсчете статистических показателей, работа с различными изображениями и подписуемыми подписями, экспертная оценка обзора литературы, определение основной направленности обзора, систематизация и финальное редактирование обзора, существенный вклад в концепцию и дизайн исследования.

Kozhedub Sergey Anatoljevich, Radiologist of Radiology Department, Omsk City Emergency Hospital № 1.

Address: 9-19, ul. Maluntseva, Omsk, 644029, Russia.

Phone number: +7 (913) 971-27-91. E-mail: mrtsergey@yandex.ru

ORCID.org/0000-0003-2999-4910

Author's contribution: participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators, work with various images and captions, expert evaluation of the literature review, determination of the main focus of the review, systematization and final editing of the review, a significant contribution to the concept and design of the study.

Билер Янина Ариановна, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» г. Омска.

Адрес: 644112, г. Омск, ул. Перелета, д. 23, кв. 304.

Тел.: +7 (905) 823-07-42. Электронная почта: biler-yana@yandex.ru

ORCID.org/0000-0002-9629-5629

Вклад автора: участие в сборе материала, в обработке материала и обсчете статистических показателей, работа с различными изображениями и подписуемыми подписями, формирование заключения и выводов по материалу.

Belar Yanina Arianovna, Radiologist of Radiology Department, Omsk City Emergency Hospital № 1.

Address: 23-304, ul. Pereleta, Omsk, 644112, Russia.

Phone number: +7 (905) 823-07-42. E-mail: biler-yana@yandex.ru

ORCID.org/0000-0002-9629-5629

Author's contribution: participation in the collection of material, participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators, work with various images and captions, formation of conclusions and conclusions on the material.

Сулим Дмитрий Александрович, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» г. Омска.

Адрес: 644081, г. Омск, ул. Фугенфирова, д. 7, кв. 10.

Тел.: +7 (908) 119-10-53. Электронная почта: chudosulim@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-2309-3409

Вклад автора: участие в сборе материала, в обработке материала и обсчете статистических показателей, работа с различными изображениями и подписуемыми подписями, формирование заключения и выводов по материалу.

Sulim Dmitriy Aleksandrovich, Radiologist of Radiology Department, Omsk City Emergency Hospital № 1.

Address: 7-10, ul. Fugenfirova. Omsk, 644081, Russia.

Phone number: +7 (908) 119-10-53. E-mail: chudosulim@mail.ru

ORCID.org/0000-0003-2309-3409

Author's contribution: participation in the collection of material, participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators, work with various images and captions, formation of conclusions and conclusions on the material.

Поденкова Анастасия Александровна, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики БУЗ ОО «Городская клиническая больница скорой медицинской помощи № 1» г. Омска.

Адрес: 644048, г. Омск, ул. Иртышская набережная, д. 39, кв. 48.
Тел.: +7 (983) 623-93-54. Электронная почта: anastasiapodenkova@gmail.com
ORCID.org/0000-0002-4111-988X

Вклад автора: участие в сборе материала, в обработке материала и обсчете статистических показателей, работа с различными изображениями и подписуемыми подписями, формирование заключения и выводов по материалу.

Podenkova Anastasia Aleksandrovna, Radiologist of Radiology Department, Omsk City Emergency Hospital № 1.
Address: 39-48, ul. Irtyshskaya naberezhnaya. Omsk, 644048, Russia.
Phone number: +7 (983) 623-93-54. E-mail: anastasiapodenkova@gmail.com.
ORCID.org/0000-0002-4111-988X

Author's contribution: participation in the collection of material, participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators, work with various images and captions, formation of conclusions and conclusions on the material.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 02.12.2021 г.
Дата одобрения после рецензирования: 05.12.2021 г.
Дата принятия статьи к публикации: 06.12.2021 г.



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья.

УДК 616-006.484

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-30-44>

Различия скорости кровотока в опухолях глиального ряда на магнитно-резонансных томографах с напряженностью магнитного поля 1,5 и 3,0 Тл методом псевдонепрерывной бесконтрастной перфузии

А. В. Сударикова*, А. И. Баталов, Э. Л. Погосбемян,
Л. М. Фадеева, Н. Е. Захарова, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва

Реферат

Цель работы — оценить универсальность бесконтрастной МР-перфузии (pCASL) в определении скорости кровотока (CBF) глиом головного мозга, используя магнитно-резонансные томографы с разной напряженностью магнитного поля. Было произведено сравнение максимальных и нормированных значений CBF, измеренных методом pCASL на 1,5 и 3,0 Тл МРТ у одних и тех же пациентов с гистологически верифицированными глиомами высокой степени злокачественности (Grade III, IV). Полученные нами данные достоверно сопоставимы, что позволяет считать методику pCASL универсальной для сканеров с разной напряженностью магнитного поля.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, бесконтрастная магнитная резонансная перфузия головного мозга, глиомы головного мозга.

Финансирование исследования и конфликт интересов

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

* Сударикова Анна Вячеславовна, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (967) 021-12-21. Электронная почта: anegreeva@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-5820-5947

Sudarikova Anna Vjacheslavovna, Postgraduate of Department of X-ray and radioisotope diagnostic methods N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (967) 021-12-21. E-mail: anegreeva@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-5820-5947

© А. В. Сударикова, А. И. Баталов, Э. Л. Погосбемян, Л. М. Фадеева, Н. Е. Захарова, И. Н. Пронин.

сов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ORIGINAL ARTICLES

Scientific article.

Differences in Cerebral Blood Flow in Gliomas on Magnetic Resonance Imaging Scanners with Magnetic Field Strengths of 1.5 and 3 T by the Method of Pseudo-Continuous Non-Contrast Perfusion

A. V. Sudarikova*, A. I. Batalov, E. L. Pogosbekyan,
L. M. Fadeeva, N. E. Zakharova, I. N. Pronin

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow

Abstract

The aim of this work is to evaluate the universality of non-contrast MR perfusion (PCASL) in determining the rate of cerebral blood flow (CBF) of brain gliomas using magnetic resonance scanners with different magnetic field strengths. The maximum and normalized CBF values, which received on 1.5 and 3.0 T MRI in the same patients with histologically verified high grade gliomas (III, IV grade), were compared with each other. The data obtained by us are reliably comparable, which allows us to consider pCASL as a universal technique for scanners with different magnetic strengths.

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Non-Contrast Magnetic Resonance Perfusion of the Brain, Brain Gliomas.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Маркирование артериальных спинов (ASL — arterial spin labeling) — это бесконтрастная МР-методика количественного измерения мозгового кровотока (CBF), использующая протоны водоро-

да артериальной крови в качестве эндогенного трейсера [1].

Существуют различные вариации этой методики: импульсная ASL (PASL), непрерывная ASL (CASL)

и псевдодискретная ASL (pCASL), которые основаны на различных способах маркирования артериальных спинов. CASL использует один длинный импульс, PASL использует один или несколько коротких импульсов, а pCASL применяет серию радиочастотных импульсов с частотой примерно один в миллисекунду. pCASL имеет самое высокое отношение сигнал/шум (signal to noise ratio — SNR) и лучшую эффективность маркировки среди трех типов и наиболее предпочтителен для применения в клинической практике [2, 14].

Исходя из рекомендаций Alsop et al. (2015), желательно проводить измерения ASL-перфузии, используя томографы с напряженностью поля 3,0 Тл, хотя удовлетворительные результаты могут быть получены при 1,5 Тл [2]. Преимущества большей напряженности поля заключаются в более высоком отношении сигнал/шум и в эффективности маркирования из-за увеличения времени релаксации T_1 [11]. Более низкое отношение сигнал/шум при 1,5 Тл может быть компенсировано комбинацией уменьшенного пространственного разрешения и/или увеличением времени сканирования.

В настоящее время активно изучается эффективность pCASL в предоперационной дифференциальной диагностике глиом головного мозга, однако большинство исследований проводилось с использованием высокопольных, 3,0 Тл магнитных томографов [1, 4, 6–8, 12, 13], и единичные — на 1,5 Тл [9].

F. Delgado et al. (2018) провели метаанализ 15 исследований, посвященных дифференциальной диагностике глиом высокой и низкой степени злокачественности методом ASL и с использова-

нием двумерной метарегрессии, оценили влияние напряженности магнитного поля (1,5 или 3,0 Тл) на диагностическую эффективность методики ASL и не выявили значимых различий. Однако в их выборке участвовало 12 исследований (80 %), проведенных на 3,0 Тл сканере, и всего 3 (20 %) исследования на 1,5 Тл, при этом в двух из трех исследований на 1,5 Тл сканерах частично отсутствовали анализируемые ими значения максимальной (CBF) и нормированной (nCbf) скоростей кровотока в опухолях [4].

На данный момент в мировой литературе нет научных работ, посвященных оценке клинических различий результатов ASL-перфузии глиом на 1,5 и 3,0 Тл томографах.

Исходя из того, что наибольшее число исследований по дифференциальной диагностике глиом методом ASL-перфузии были проведены на 3,0 Тл МР-томографах, а в большинстве клинических учреждений используются 1,5 Тл МР-томографы, важно оценить, есть ли различие значений CBF при напряженности магнитного поля 1,5 и 3,0 Тл.

Цель: сравнить значения скорости опухолевого кровотока (CBF), измеренные методом pCASL на 1,5 и 3,0 Тл магнитно-резонансных томографах у пациентов с глиомами высокой степени злокачественности.

Материалы и методы

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России. От всех пациентов, вошедших в исследование, было получено письменное информированное согласие на проведение диагностических манипуляций.

Проанализированы данные исследований 53 пациентов (32 мужчины и 21 женщина, средний возраст 49 лет) с ранее не оперированными опухолями глиального ряда различной степени злокачественности, впоследствии получившие хирургическое лечение в условиях ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России с патоморфологической верификацией.

Из них 23 пациента с опухолями Grade III (9 с анапластическими олигодендроглиомами и 14 с анапластическими астроцитомами) и 30 – Grade IV (глиобластомы).

Исследования проводились на МР-сканерах GE Signa HDxt 3,0 Тл и на GE Optima 450 1,5 Тл с использованием головных 8-канальных катушек. Перфузионное ASL-исследование было добавлено в протокол МР-исследования головного мозга, который включал серию стандартных режимов (T2, T2-FLAIR, DWI и T1, в т. ч. T1 после контрастного усиления на 3,0 Тл сканере). Во всех случаях ASL-метод применяли до использования внутривенного контрастного усиления в разные дни на разных аппаратах для избежания возможных артефактов, связанных с изменением релаксационных свойств крови на фоне присутствия контрастного препарата.

Параметры ИП 3D FSE pcASL на 1,5 Тл МРТ: траектория сканирования – 8-заходная спираль. Задержка между маркированием и регистрацией контрольных данных составляла 1525 мс; TR = 4557 мс; TE = 10,7 мс; NEX = 3; толщина среза – 4 мм; FOV = 24 мм; матрица – 512×8 ; разрешение – 3,73 мм; полоса частот – 62,5 Гц. Продолжительность исследования – 4–5 мин. От-

ношение сигнал/шум превышало 100 % при T1 для белого вещества – 1600 мс.

Параметры ИП 3D FSE pcASL на 3,0 Тл МРТ: траектория сканирования – 8-заходная спираль. Задержка между маркированием и регистрацией контрольных данных составляла 1525 мс; TR = 4717 мс; TE = 9,8 мс; NEX = 3; толщина среза – 4 мм; FOV = 24 мм; матрица – 512×8 ; разрешение – 3,49 мм; полоса частот – 62,5 Гц. Продолжительность исследования – 4–5 мин. Отношение сигнал/шум превышало 100 % при T1 для белого вещества – 1800 мс.

Карты скорости мозгового кровотока (BF – blood flow) строили в программе ReadyView – 4,5 (GE Healthcare). Все полученные перфузионные карты с двух томографов совмещались с анатомическими изображениями, а также между собой с использованием программ SyncroView, Integrated Registration (GE Healthcare).

На всех полученных срезах были выделены зоны интереса (минимальный размер 10 мм^2), включающие объем опухоли и интактное белое вещество семиовальных центров контралатерального полушария с последующим определением участков с наиболее высокими показателями кровотока (рис. 1, 2). Измерения кровотока в опухоли нормировали к показателям кровотока в белом веществе контралатерального полушария.

Статистическая обработка полученных оригинальных и нормированных данных проводилась в программе R-project с применением Т-критерия Стьюдента, для которого был выбран предельный уровень значимости $p = 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В ходе данного исследования были проанализированы максимальные абсолют-

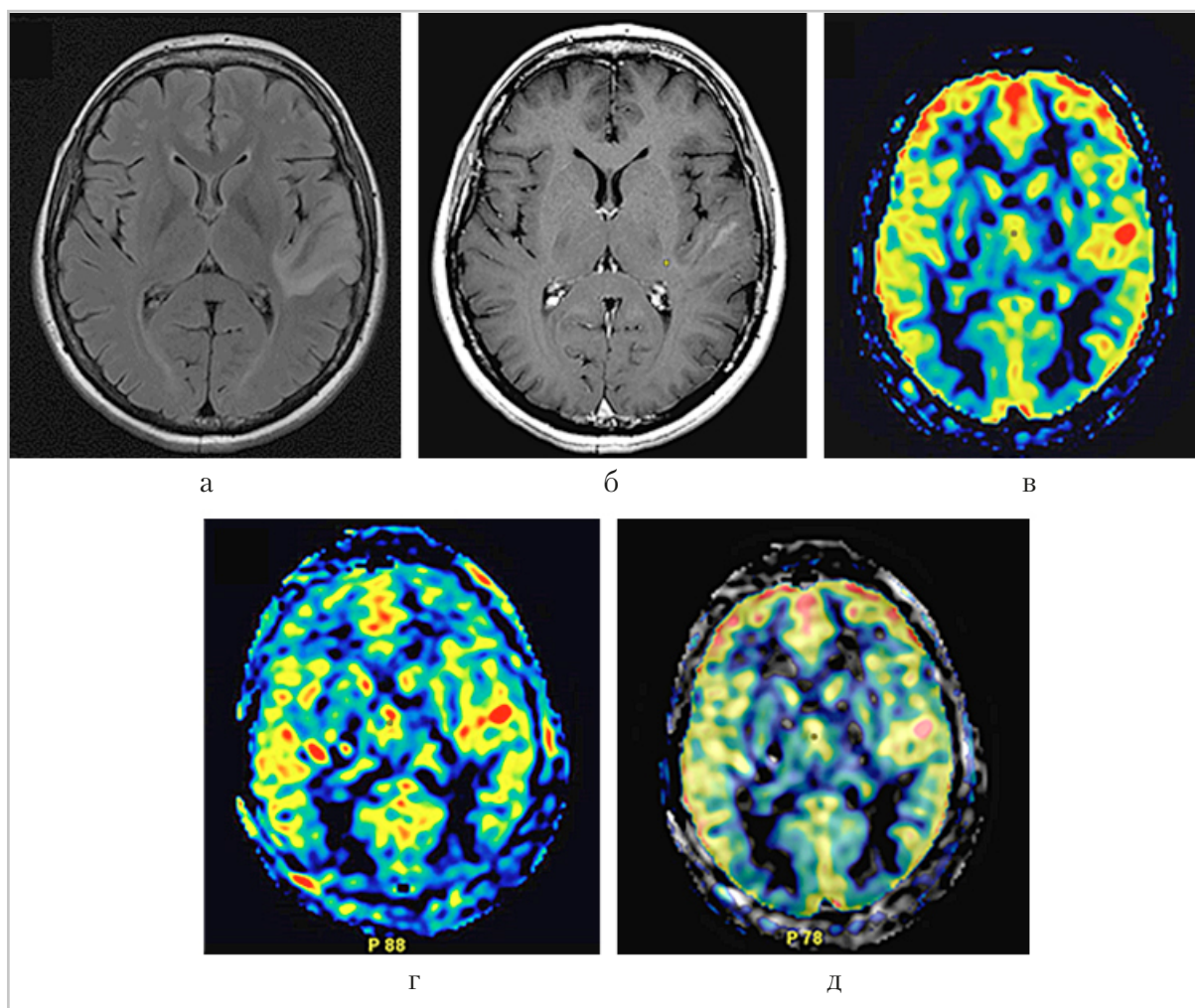


Рис. 1. МР-томограммы пациента с анапластической олигодендроглиомой (Grade III) левой височно-островковой области. МР-изображения в режимах T2-FLAIR (а), T1 после контрастирования (б), перфузионные карты (CBF), полученные с помощью pCASL на 1,5 Тл томографе (в) и на 3,0 Тл томографе (г), изображение, полученное при совмещении перфузионных карт, необходимое для получения значений CBF в одной и той же анатомической области (д)

ные и нормированные к значению CBF белого вещества показатели скорости кровотока в перфузирующихся опухолях, а также значения CBF в белом веществе семиовальных центров здорового полушария головного мозга у одних и тех же пациентов в одних и тех же областях, полученные на МР-сканерах с напряженностью поля 1,5 и 3,0 Тл (рис. 1, а – д). С учетом неоднород-

ности выборки пациентов разделили на две группы по степени злокачественности опухолей: Grade III и IV. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Полученные на 1,5 и 3,0 Тл сканерах значения абсолютных максимальных и нормированных значений кровотока в глиомах высокой степени злокачественности (high grade glioma – HGG) и в белом веществе семиовальных центров

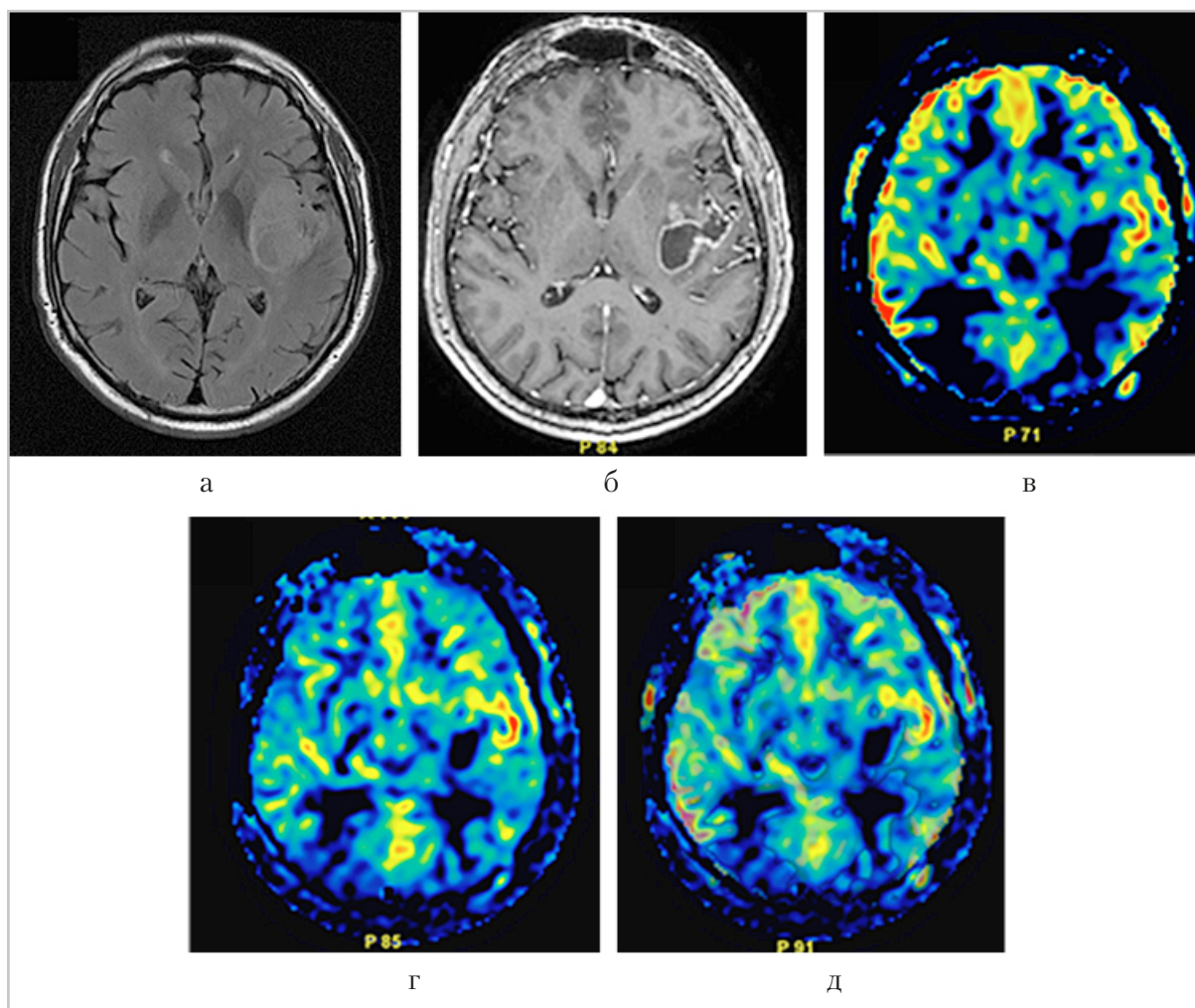


Рис. 2. . МР-томограммы пациента с глиобластомой (Grade IV) левой височно-островковой области. МР-изображения в режимах T2-FLAIR (а), T1 после контрастирования (б), перфузионные карты (CBF), полученные с помощью pCASL на 1,5 Тл томографе (в) и на 3,0 Тл томографе (г), изображение, полученное при совмещении перфузионных карт, необходимое для получения значений CBF в одной и той же анатомической области (д)

контралатерального полушария представлены графически (рис. 3–5).

На рис. 3, 4 представлены зависимости максимальных абсолютных и нормированных значений скорости кровотока в опухолях глиального ряда высокой степени злокачественности, полученных с помощью метода pCASL на МР-томографах с напряженностью поля 1,5 и 3,0 Тл. Эти графики показы-

вают статистически значимую корреляцию между результатами измерений, которую отражают уравнения регрессии с коэффициентами детерминации r^2 для максимальных абсолютных значений кровотока 0,942, а для нормированных – 0,901, $p < 0,05$. Таким образом, значения CBF, измеренные методом pCASL на 1,5 и 3,0 Тл МР-сканерах, с коэффициентами детерминации, близ-

Таблица 1

Максимальные абсолютные и нормированные значения кровотока в глиомах высокой степени злокачественности и в белом веществе семиовальных центров контралатерального полушария

CBF	Макс. абс. значения ASL 1,5 Тл мл/100г/мин	Макс. абс. значения ASL 3,0 Тл мл/100г/мин	Нормированные значения ASL 1,5 Тл	Нормированные значения ASL 3,0 Тл
Grade III				
Среднее	89,107	100,900	4,921	5,382
Ст. отклонение	41,019	47,283	3,405	3,485
Медиана	80,395	94,340	3,766	5,271
min	34,230	29,240	1,447	1,778
max	204,200	231,100	14,131	14,645
Grade IV				
Среднее	152,396	173,803	9,002	10,130
Ст. отклонение	77,129	78,832	4,402	4,579
Медиана	145,300	156,450	7,696	9,412
min	37,770	46,590	2,368	2,596
max	407,600	434,400	21,453	22,803
Белое вещество контралатерального полушария				
CBF	Абс. значения ASL 1,5 Тл мл/100г/мин		Абс. значения ASL 3,0 Тл мл/100г/мин	
Среднее	17,990		18,130	
Ст. отклонение	4,265		3,582	
Медиана	16,960		17,420	
min	10,180		11,020	
max	29,200		25,740	

кими к единице, можно рассматривать как сопоставимые.

При значениях CBF до 100 мл/100г/мин и при значениях от 200 мл/100г/мин данные лежат в пределах 95 % доверительного интервала. При промежуточных значениях CBF от 100 до 200 мл/100г/мин наблюдается большее расхождение в значениях, выходящее за пределы 95 % доверительного интервала.

При сравнении значений перфузии в опухолях Grade III, IV на 1,5 и 3,0 Тл сканерах (непараметрический парный тест Вилкоксона) значения доверительной вероятности (p-value) для максимальных абсолютных и нормированных значений были меньше 0,01. Таким образом, значения скорости опухолевого кровотока (CBF), измеренного методом pCASL на 1,5 и 3,0 Тл магнитно-

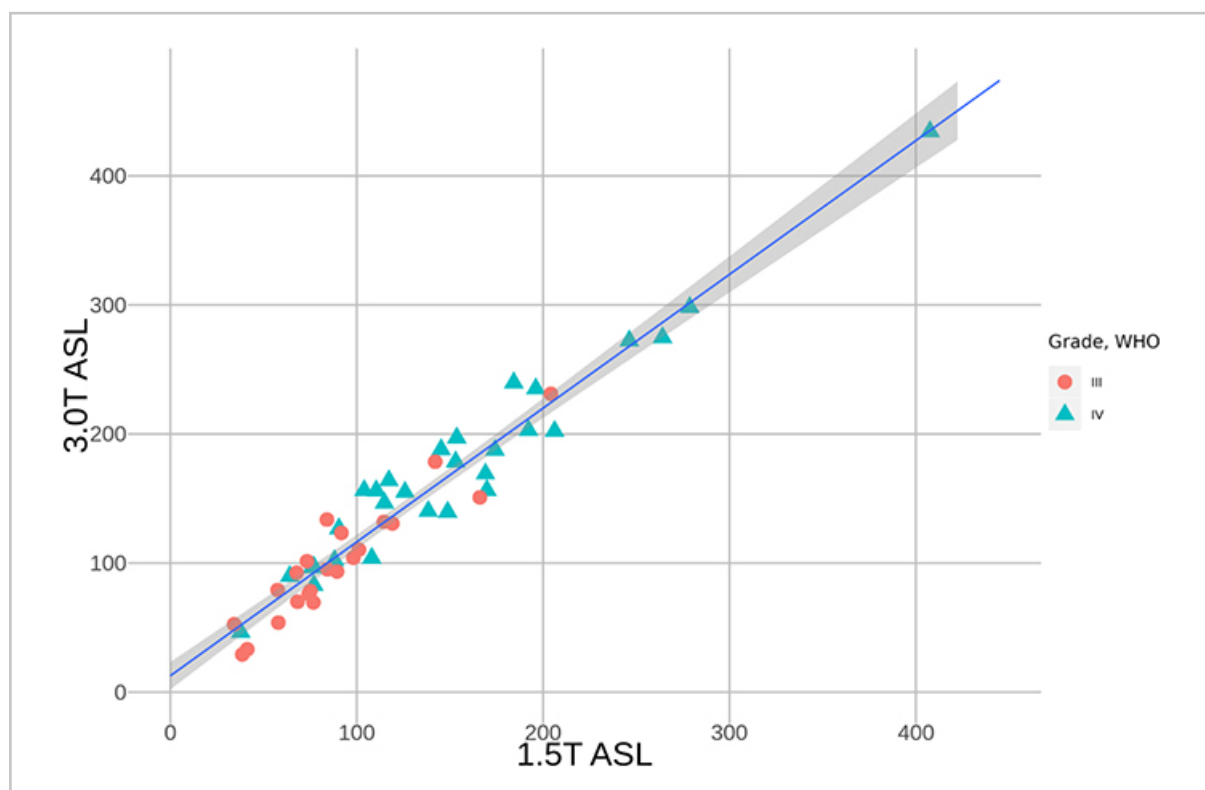


Рис. 3. Зависимость максимальных абсолютных значений скорости кровотока в опухолях глиального ряда высокой степени злокачественности, полученных с помощью метода pCASL на МР-сканерах с напряженностью поля 1,5 и 3,0 Тл. Уравнение регрессии: $y = 13 + x$, $r^2 = 0,942$, $p < 0,01$. Серым цветом показан 95 %-й доверительный интервал

Примечание: опухоли Grade III обозначены кружками, Grade IV — треугольниками.

резонансных томографах, у пациентов с НГГ глиомами головного мозга достоверно отличаются при разделении опухолей по степени злокачественности.

На рис. 5 показана диаграмма рассеяния значений скорости кровотока в условно здоровом белом веществе семиовальных центров. Определяется линейная зависимость между значениями, полученными на 1,5 и 3,0 Тл аппаратах, с коэффициентом детерминации $r^2 = 0,716$. Большинство значений лежит за пределами 95%-го доверительного интервала (показано серым цветом). Таким образом, сравнение значений скорости тканевого кровотока в условно здоровом белом веществе семиовальных цен-

тров, измеренного методом pCASL, на 1,5 и 3,0 Тл МР-томографах у пациентов с глиомами головного мозга, статистически значимых различий не выявило.

Исходя из уравнений регрессий определяется постоянная систематическая погрешность, которая равна 13 мл/100г/мин для абсолютных максимальных значений и 0,84 для нормированных в опухолях, 5,3 мл/100г/мин для условно здорового белого вещества семиовальных центров. Это говорит о том, что метод pCASL на 1,5 Тл аппаратах недооценивает величину мозгового кровотока в пределах систематической погрешности относительно сканеров с полем 3,0 Тл.

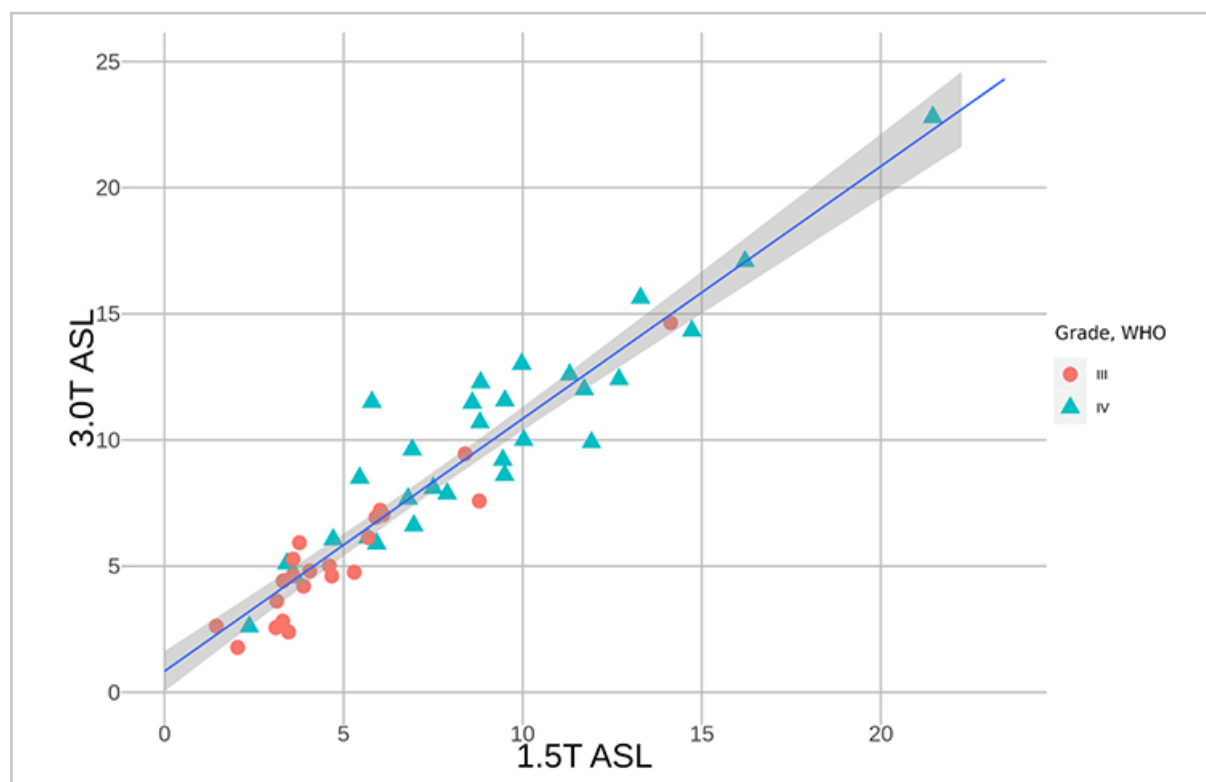


Рис. 4. Зависимость нормированных значений скорости кровотока в опухолях глиального ряда высокой степени злокачественности, полученных с помощью метода pCASL на МР-сканерах с напряженностью поля 1,5 и 3,0 Тл. Уравнение регрессии: $y = 0,84 + x$, $r^2 = 0,901$, $p < 0,01$. Серым цветом показан 95 %-й доверительный интервал

Примечание: опухоли Grade III обозначены кружками, Grade IV — треугольниками.

Одним из возможных применений методики маркирования артериальных спинов является дифференциальная диагностика глиом различной степени злокачественности, от правильной диагностики которых зависит тактика лечения. В мировой литературе существует множество работ, доказывающих, что значения опухолевого кровотока, полученные с помощью ASL-перфузии, могут быть использованы в качестве одного из критериев дифференциальной диагностики глиом [1, 2, 7–9, 10, 13].

Из полученных нами данных можно сделать вывод, что HGG глиомы имеют высокие значения параметра CBF, что соответствует данным исследований дру-

гих авторов, полученных на МР-сканерах с разной напряженностью магнитного поля, представленных в табл. 2. Исследований на 1,5 Тл МР-аппаратах выполнено сравнительно мало, а полученные значения CBF в глиомах в различных публикациях сильно отличаются, что может быть связано с напряженностью магнитного поля, технологиями маркирования, способами измерения скорости кровотока в опухолях.

По результатам оценки полученных нами данных, как уже было сказано выше, в группах глиом высокой степени злокачественности значения максимальных абсолютных и нормированных значений скорости кровотока, измерен-

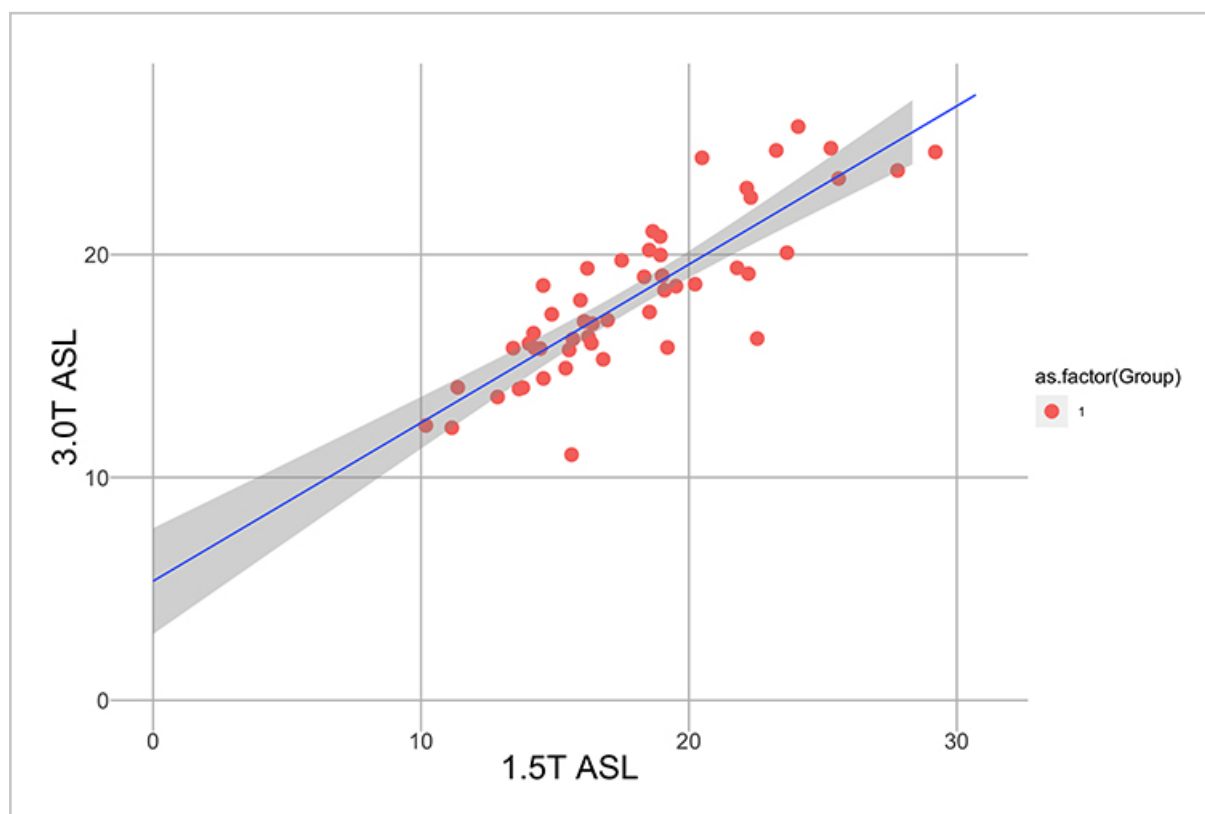


Рис. 5. Зависимость нормированных значений скорости кровотока в белом веществе семиовальных центров условно здорового полушария, полученных с помощью метода pCASL на МР-сканерах с напряженностью поля 1,5 и 3,0 Тл. Уравнение регрессии: $y = 5,3 + 0,71 \times x$, $r^2 = 0,716$, $p < 0,01$. Серым цветом показан 95%-й доверительный интервал

ные на 1,5 и 3,0 Тл томографах, а также значения скорости кровотока в белом веществе семиовальных центров условно здорового вещества достоверно сопоставимы.

Исходя из графиков и табл. 1 определяются более низкие значения кровотока в глиомах Grade III по сравнению с Grade IV как на 1,5 Тл, так и на 3,0 Тл томографах. В исследовании А. И. Баталова и др. (2018) была обнаружена значимая разница в показателях CBF и pCBF в этих группах с $p < 0,001$. Однако проведенный ими ROC-анализ показал достаточно низкую информативность ASL-перфузии в дифференциальной диагностике глиом Grade III, IV [1].

Полученные нами постоянные систематические погрешности при измерениях, вероятно, связаны с тем, что у МР-томографов с меньшей напряженностью магнитного поля более низкое отношение сигнал/шум, так как существуют некоторые ограничения методики ASL. Первое из них — это влияние дробной маркировки на интенсивность визуализации ($< 1\%$ необработанного сигнала), из-за которого перфузионные карты могут иметь низкое качество даже после длительного усреднения сигнала. Второе ограничение связано с относительно коротким временем затухания сигнала. Время прохождения артериального потока крови от маркированной области

Таблица 2

Усредненные максимальные абсолютные и нормированные значения кровотока в глиомах высокой степени злокачественности по полученным данным и данным других авторов

	Вариация методики ASL	Напряженность магнитного поля, Тл	Max CBF HGG, мл/100г/мин	nCBF HGG
Данные, полученные в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России	3D-pCASL	3	142,35 ± 75,82	8,08 ± 4,33
Данные, полученные в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России	3D-pCASL	1,5	125,09 ± 70,99	7,24 ± 4,11
Ma, Wang et al. (2017) [8]	3D-pCASL	3	88,03 ± 37,16	5,41 ± 3,74
Shen, Zhao et al. (2016) [10]	3D-pCASL	3	73,93 ± 23,74	2,02 ± 0,61
Zeng, Jiang et al. (2017) [13]	3D-pCASL	3	168,82 ± 70,43	2,19 ± 0,87
А.И. Баталов и др. (2018) [1]	3D-pCASL	3	153,64 ± 93,13	8,51 ± 5,32
Morana, Tortora et al. (2018) [9]	PASL	1,5	—	1,37 ± 0,26

к визуализируемым срезам сравнимо с временем релаксации T1 крови. В результате чего количество меченых спинов значительно уменьшается ко времени, когда они достигают ткани мозга, что приводит к дальнейшим трудностям в обнаружении перфузионного сигнала и к наличию возможных ошибок в количественной оценке параметров перфузии.

Увеличение напряженности магнитного поля обеспечивает не только

повышение отношения сигнал/шум, но и дает преимущество для маркирования спинов. Из-за увеличения времени релаксации T1 потеря спинового мечения во время прохождения по сосудам шеи и головы уменьшается, а накопление меченых спинов в ткани мозга увеличивается по сравнению с 1,5 Тл, что дает больший перфузионный сигнал. Таким образом, увеличение времени релаксации T1 в сочетании с увеличенным отношением сигнал/шум может привести к значительно-

му улучшению перфузионного сигнала, обеспечивая повышенное пространственное и временное разрешение [11].

Авторы работы по сравнению 3,0 Тл и 7,0 Тл ASL-перфузии Ivanov et al. (2020) выявили преимущество в пространственном и временном разрешении 7,0 Тл томографа перед 3,0 Тл и связывают это с повышенным отношением сигнал/шум [5].

Необходимо учесть тот факт, что чем больше напряженность магнитного поля томографа, тем лучше визуализация анатомических структур головного мозга и тем чувствительнее методика в оценке сосудистых структур, что также объясняет полученные нами результаты [3].

Во всех исследуемых нами группах определялась статистически значимая ($p < 0,01$) линейная корреляция между значениями CBF на 1,5 и 3,0 Тл МРТ, а систематические погрешности составили всего 13 мл/100г/мин для абсолютных максимальных значений и 0,84 для нормированных значений скорости кровотока. Учитывая это, можно считать, что результаты проведенного нами исследования соотносятся с рекомендациями Alsop et al. (2015) и рекомендациями консенсуса ISMRM Perfusion Study Group и консорциума European ASL in Dementia от октября 2012 года о равнозначном использовании 1,5 и 3,0 Тл МР-томографов при компенсации более низкого отношения сигнал/шум на 1,5 Тл сканере за счет комбинации уменьшенного пространственного разрешения и/или увеличения времени сканирования [2].

Таким образом, методику pCASL можно считать универсальной для аппаратов с разной напряженностью магнитного поля.

Выводы

Методика ASL-перфузии является информативной и может помочь в дифференциальной диагностике опухолей головного мозга, в том числе глиального ряда, независимо от напряженности магнитного поля МР-томографа.

В данном исследовании выявлена статистически значимая корреляция между значениями скорости кровотока в опухолях, полученными на аппаратах с разной напряженностью поля, что говорит о том, что данный метод можно использовать в клинической практике как на 1,5 Тл, так и на 3,0 Тл томографах.

Список литературы / References

1. Баталов А. И., Захарова Н. Е., Погосбекян Э. Л., Фадеева Л. М., Горяйнов С. А., Баев А. А., Шульц Е. И., Чёлушкин Д. М., Потанов А. А., Пронин И. Н. Бесконтрастная asl-перфузия в предоперационной диагностике супратенториальных глиом // «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 2018. Т. 82. № 6. С. 15–22.
Batalov A. I., Zaharova N. E., Pogosbekjan E. L., Fadeeva L. M., Goryaynov S. A., Baev A. A., Shul'ts E. I., Chelushkin D. M., Potapov A. A., Pronin I. N. Non-contrast ASL Perfusion in Preoperative Diagnosis of Supratentorial Gliomas. Problems of neurosurgery named after N. N. Burdenko. 2018. V. 82. No. 6. P. 15–22 (in Russian).
2. Alsop D. C., Detre J. A., Golay X. et al. Recommended implementation of arterial spin-labeled Perfusion mri for clinical applications: A consensus of the ISMRM Perfusion Study group and the European consortium for ASL in dementia. Magn Reson Med. 2015. V. 73. No (1). P. 102–116.
3. De Cockler L. J., Lindenholz A., Zwanenburg J. J. et al. Clinical vascular imaging

- in the brain at 7T. *NeuroImage*. 2018. V. 168. P. 452–458.
4. *Falk Delgado A., De Luca F., van Westen D., Falk Delgado A.* Arterial spin labeling MR imaging for differentiation between high- and low-grade glioma—a meta-analysis. *Neuro Oncol.* 2018. V. 20. No. (11). P. 1450–1461.
 5. *Ivanov D., Gardumi A., Haast RAM, Pfeuffer J., Poser B. A., Uhda K.* Comparison of 3T and 7T ASL techniques for concurrent functional perfusion and BOLD studies. *NeuroImage*. 2017. V. 156. P. 363–376.
 6. *Lin Y., Li J.* Comparison of Intravoxel Incoherent Motion Diffusion-Weighted MR Imaging and Arterial Spin Labeling MR Imaging in Gliomas. 2015. V. 2015. P. 234245.
 7. *Luan J., Wu M., Wang X., Qiao L., Guo G., Zhang C.* The diagnostic value of quantitative analysis of ASL, DSC-MRI and DKI in the grading of cerebral gliomas: a meta-analysis. 2020. V. 15. No. (1). P. 204.
 8. *Ma H., Wang Z., Xu K. et al.* Three-dimensional arterial spin labeling imaging and dynamic susceptibility contrast perfusion-weighted imaging value in diagnosing glioma grade prior to surgery. *Experimental and therapeutic medicine*. 2017. V. 13. No. (6). P. 2691–2698.
 9. *Morana G., Tortora D., Staglian S. et al.* Pediatric astrocytic tumor grading: comparison between arterial spin labeling and dynamic susceptibility contrast MRI perfusion. *Neuroradiology*. 2018. V. 60. No. (4). P. 437–446.
 10. *Shen N., Zhao L., Jiang J. et al.* Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging analysis of diffusion and micro-perfusion in grading gliomas and comparison with arterial spin labeling for evaluation of tumor perfusion. *Journal of magnetic resonance imaging: JMIR*. 2016. V. 44. No. (3). P. 620–632.
 11. *Wang J., Alsop D. C., Li L. et al.* Comparison of quantitative perfusion imaging using arterial spin labeling at 1.5 and 4.0 Tesla. *Magn Reson Med*. 2002. V. 48. No. (2). P. 242–254.
 12. *Xiao H. F., Chen Z. Y., Lou X. et al.* Astrocytic tumour grading: a comparative study of three-dimensional pseudocontinuous arterial spin labelling, dynamic susceptibility contrast-enhanced perfusion-weighted imaging, and diffusion-weighted imaging. *European radiology*. 2015. V. 25. No. (12). P. 3423–3430.
 13. *Zeng Q., Jiang B., Shi F., Ling C., Dong F., Zhang J.* 3D Pseudocontinuous Arterial Spin-Labeling MR Imaging in the Preoperative Evaluation of Gliomas. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2017. V. 38. No. (10). P. 1876–1883.
 14. *Zhang N., Gordon M. L., Goldberg T. E.* Cerebral blood flow measured by arterial spin labeling MRI at resting state in normal aging and Alzheimer's disease. *Neuroscience and biobehavioral reviews*. 2017. V. 72. P. 168–175.

Сведения об авторах

Сударикова Анна Вячеславовна, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (967) 021-12-21. Электронная почта: anegreeva@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-5820-5947

Вклад автора: разработка концепции — формирование идеи, цели и написание текста.

Sudarikova Anna Vjacheslavovna, Postgraduate of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (967) 021-12-21. E-mail: anegreeva@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-5820-5947

Author's contribution: concept development — formation of an idea, goals and writing a text.

Баталов Артем Игоревич, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России. Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-86. Электронная почта: abatalov@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-8924-7346

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Batalov Artem Igorevich, Ph. D. Med., Radiologist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-86. E-mail: abatalov@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-8924-7346

Author's contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Погосбекян Эдуард Леонидович, медицинский физик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России. Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-86. Электронная почта: epogosbekyan@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4803-6948

Вклад автора: участие в обработке материала и обсчете статистических показателей.

Pogosbekyan Eduard Leonidovich, Med. Physicist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-86

E-mail: epogosbekyan@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4803-6948

Author's contribution: participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators.

Фадеева Людмила Михайловна, ведущий инженер отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России. Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-86. Электронная почта: lmf@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-3240-5585

Вклад автора: существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение данных или их анализ и интерпретацию.

Fadeeva Liudmila Mikhailovna, Leading Engineer of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-86. E-mail: lmf@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-3240-5585

Author's contribution: significant contribution to the concept and design of the study, data acquisition or analysis and interpretation.

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник, отделение рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России. Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-86. Электронная почта: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Zakharova Natalia Evgen'evna, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-86. E-mail: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Author's contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-86. Электронная почта: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Pronin Igor` Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-86. E-mail: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Author's contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 14.12.2021 г.

Дата одобрения после рецензирования: 25.12.2021 г.

Дата принятия статьи к публикации: 25.12.2021 г.



МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья.

УДК 616-073.8, 612.824.1

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-45-62>

Опыт применения методик магнитно-резонансной миелографии у пациентов с неврологической и нейрохирургической патологией

О. Б. Богомякова*,¹, Л. М. Василькив¹, Ю. А. Станкевич¹,
А. А. Савелов¹, А. А. Тулунов^{1,2}

¹ ФГБУ НИ «Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск

² ФГБУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

Реферат

Цель исследования — изучить возможности клинического применения методик МР-миелографии в статическом и динамическом режимах у пациентов с различной неврологической и нейрохирургической патологией, сопровождающейся расстройствами ликвородинамики. На МР-томографах Philips 1,5 и 3,0 Тл представлен расширенный протокол исследования пациентов с расстройствами ликвородинамики. Протокол включает помимо рутинных последовательностей (T1-, T2-ВИ, FLAIR) методики тонкосрезовой МР-миелографии в статическом режиме (CSF-DRIVE, 3D-MYUR) с подавлением сигнала от мягких тканей, кинеметодику МР-миелографии (CSF-PCA) в оптимальной проекции и методику фазового контраста с количественной оценкой потока ликвора на уровне патологии и на смежных уровнях. Проведена оценка диагностической значимости предложенного протокола исследования. Расширенный протокол исследования был применен у пациентов с идиопатической нормотензивной гидроцефалией, обструктивной гидроцефалией, аномалией Киари I типа, у пациентов с сирингомиелией на уровне шейного отдела спинного мозга и показал высокую эффективность в оценке ликвородинамики у пациентов неврологического и нейрохирургического профиля. Применение расширенного подхо-

* **Богомякова Ольга Борисовна**, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск.

Адрес: 630058, г. Новосибирск, ул. Русская, д. 29, кв. 98.

Тел.: +7 (962) 823-61-52. Электронная почта: bogom_o@tomo.nsc.ru

ORCID.org/0000-0002-8880-100X

Bogomyakova Olga Borisovna, Ph. D. Med, researcher assistant of the laboratory «MRI TECHNOLOGIES» The Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.

Address: 29-98, Russkaya ul., Novosibirsk, 630058, Russia.

Phone number: +7 (962) 823-61-52. E-mail: bogom_o@tomo.nsc.ru

ORCID.org/0000-0002-8880-100X

© О. Б. Богомякова, Л. М. Василькив, Ю. А. Станкевич, А. А. Савелов, А. А. Тулунов.

да позволяет наиболее полно оценить состояние ликворной системы, проходимость ликворных путей (наличие дополнительных перегородок/мембран, частичных/полных стенозов и сужений), а также до- и постоперационные морфофункциональные изменения.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, миелография, ликвородинамика, гидроцефалия, мальформация Киари.

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. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

MEDICAL TECHNOLOGY

Scientific article.

Experience of Application of Magnetic Resonance Myelography Methods in Patients with Neurological and Neurosurgical Pathology

O. B. Bogomyakova*,¹, L. M. Vasilkiv¹, Yu. A. Stankevich¹,
A. A. Savelov¹, A. A. Tulupov^{1, 2}

¹ The Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

² Novosibirsk State University, Russia

Abstract

Purpose — to study the possibilities of clinical application of MR-myelography techniques in static and dynamic modes in patients with various neurological and neurosurgical pathologies accompanied by CSF dynamics disorders. On the Philips 1.5 and 3.0 T MRI scanners, an extended protocol for examination of patients with cerebrospinal fluid disorders was presented. The protocol includes, in addition to routine sequences (T1-, T2-WI, FLAIR), thin-slice MP-myelography in a static mode (CSF-DRIVE, 3D-MYUR) with soft tissues signal suppression. Also, a cinema-technique of MR myelography (CSF-PCA) in the optimal projection and a phase-contrast method with a quantitative assessment of the cerebrospinal fluid flow at the pathology level and at adjacent levels were performed. The assessment of the diagnostic significance of the proposed research protocol was carried out. The extended study protocol was applied in patients with idiopathic normotensive hydrocephalus, obstructive hydrocephalus, Chiari malformation type I, in patients with syringomyelia at the level of the cervical spinal cord and showed high efficiency in assessing of cerebrospinal fluid dynamics in patients with a neurological and neurosurgical profile. The use of extended approach allows to more fully evaluate the state of the cerebrospinal fluid system, the patency of the cerebrospinal fluid (the presence of additional septa / membranes, partial / complete stenosis and narrowing), as well as pre- and postoperative morfo-functional changes.

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Myelography, Cerebrospinal Fluid Dynamics, Hydrocephalus, Chiari Malformation.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Различные неврологические и нейрохирургические заболевания могут сопровождаться морфологическими изменениями ликворных путей головного и спинного мозга, которые проявляются различными формами гидроцефалии, арахноидальными кистами головного и спинного мозга, базальными ликвореями и спинальными ликворными фистулами, а также «блокадой» субарахноидальных пространств головного и спинного мозга. Вместе с морфологическими изменениями ликворных путей развиваются и ликвородинамические нарушения (циркуляция и резорбция цереброспинальной жидкости).

Поэтому оценка изменений цереброспинальной жидкости важна для неврологов и нейрохирургов для планирования и оценки оперативного и консервативного лечения.

На сегодняшний день методы лучевой диагностики являются одними из наиболее информативных для верификации диагноза. Магнитно-резонансная томография (МРТ) занимает особое положение среди них, так как имеет ряд преимуществ, главное из которых — оптимальное сочетание безопасности проведения исследования и его информативности [1]. Этот метод является одним из самых перспективных, быстроразвивающихся и наиболее востребованных клиницистами во всем мире. Особые

последовательности при использовании данного метода позволяют подавить сигнал от мягких тканей, оставляя ярким сигнал от жидкости. Особое распространение получили методики бесконтрастной магнитно-резонансной (МР) миелографии и МР-ангиографии. Кроме того, возможно получение тонкосрезовых изображений для исследования ликворной системы, а также количественная оценка потока с применением метода фазоконтрастной магнитно-резонансной томографии [11, 14, 17]. Однако требуется оценка эффективности данных методик и возможности их применения в диагностической практике [2].

Цель: изучить возможности клинического применения методик МР-миелографии в статическом и динамическом режимах у пациентов с различной неврологической и нейрохирургической патологией, сопровождающейся расстройствами ликвородинамики.

Материалы и методы

Все обследования были выполнены на 1,5 Тл МР-томографе Achieva (Philips), 1,5 Тл и 3,0 Тл томографах Ingenia (Philips). Изначально проводилось рутинное обследование, которое включало стандартные последовательности: T1-, T2-ВИ, FLAIR, бесконтрастные МР-миелографию и МР-ангиографию в тол-

стом срезе. Далее в зависимости от выявленной патологии и/или направления врача пациентам выполнялась прицельная оценка ликворной системы и ликвородинамики.

В качестве дополнительных методик применялись: методики тонкосрезовой МР-миелографии в статическом режиме — CSF-DRIVE (cerebrospinal fluid driving equilibrium — управляемое равновесие, восстановление продольной намагниченности импульсом), трехмерная миелография (3D-myelography — 3D-MYUR), кинометодика МР-миелографии (cerebrospinal fluid phase-contrast angiography — CSF-PCA) и методика количественной оценки потока ликвора — фазоконтрастная МРТ (cerebrospinal fluid quantitative flow — CSF-QF).

3D-MYUR и CSF-DRIVE — сильно взвешенные по T2-ВИ времени релаксации последовательности высокого разрешения [13], позволяющие получить яркий сигнал от ликвора на фоне подавления сигнала от мягких тканей и имеющие толщину среза 1–1,5 мм.

Технические характеристики методики представлены в табл. 1.

Методика фазового контраста использует сдвиг по фазе прецессии спинов, который возникает, когда спины перемещаются в присутствии градиента поля [6, 17]. Выполняется одновременно с кардиосинхронизацией по ЭКГ. Используя биполярный градиент, получают дважды фазовые изображения одного и того же среза (с компенсацией движения и без нее). Далее одно выражение вычитается из другого, оставляя сигнал только от движущейся жидкости [17]. При движении протонов с потоком возникают фазовые эффекты, дающие яркий или темный сигнал от потока. Важной является ориентация среза наиболее перпендикулярно току жидкости. Для получения информативного изображения также необходимо указывать порог кодирования скорости Venc (velocity encoding threshold). Оптимальные Venc для исследования ликворотока в головном мозге в норме составляют от 5 до 20 см/с в зависимо-

Таблица 1

Технические характеристики параметров статических тонкосрезовых методик МР-миелографии: 3D-MYUR, CSF-DRIVE

Параметр	3D-MYUR	CSF-DRIVE
TR	1104 мс	1500 мс
TE	662 мс	200 мс
FA	900	900
Матрица	230 × 230	230 × 230
Толщина среза	1,5 мм	1 мм
Количество срезов	100–120	10–20
Количество усреднений	2	1
Длительность исследования	3 мин 21 с	1 мин 09 с
Ориентация среза	Фронтальная с последующей 3D-реконструкцией	Сагиттальная, фронтальная, аксиальная

сти от уровня исследования [3, 6, 14]. Программа постпроцессинга позволяет визуализировать пульсовое движение цереброспинальной жидкости, оценить скоростные параметры потока жидкости в плоскости среза (мгновенные значения скорости в отдельные фазы сердечного цикла и средний поток). Данная методика может быть выполнена в CSF-PCA на различных интракраниальных и экстракраниальных уровнях, однако информативность методики снижается на уровне позвоночного канала грудных и поясничных сегментов. Технические характеристики методики представлены в табл. 2.

С использованием такого подхода (рутинные методики в комплексе с оценкой ликвородинамики) проведен анализ состояния ликворной системы у пациентов с идиопатической сообщающейся гидроцефалией (15 человек),

обструктивной гидроцефалией — состояние после эндоскопической вентрикулоцистерностомии дна III желудочка (6 человек), аномалией Киари I типа (16 пациентов, 4 из которых после оперативного вмешательства — декомпрессии задней черепной ямки), сирингомиелией на уровне шейного отдела спинного мозга (5 человек). В качестве референсных значений использовались количественные данные группы контроля, полученные в ранее проведенных исследованиях (2016). Процедура привлечения к обследованию была построена строго в соответствии с международными требованиями, которые включают в себя: информированность обследуемого, его согласие на проведение обследования в полном объеме и обеспечение конфиденциальности. Все исследования соответствовали этическим стандартам, разработанным в соответствии

Таблица 2

**Технические характеристики параметров динамических методик
МР-миелографии: CSF-QF и CSF-PCA**

Параметр	CSF-QF	CSF-PCA
TR	12 мс	21 мс
TE	7,2 мс	8,0 мс
FA	150	100
Матрица	256 × 179	256 × 162
Толщина среза	4 мм	10 мм
Количество срезов	1 (slab)	1 (slab)
Количество усреднений	2	2
Длительность исследования	3 мин 02 с	5 мин 25 с
Коэффициент скорости ликворотока	5–15 см/с (в зависимости от исследуемого уровня)	5–7 см/с
Ориентация среза	Наиболее перпендикулярно току ликвора	Сагиттальная или фронтальная

с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266. Кроме того, исследования проводились под контролем локального этического комитета ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН.

Результаты и обсуждение

Оптимизирован протокол исследования пациентов с неврологической и нейрохирургической патологией, сопровождающейся расстройствами ликвородинамики.

Тонкосрезовая миелография (CSF-DRIVE, 3D-MYUR) с толщиной среза

1–1,5 мм обладает высокой чувствительностью за счет тонких срезов, подавления сигнала от мягких тканей и высокой контрастности между тканью и жидкостью. Данная методика позволила получить дополнительную информацию о морфологическом состоянии ликворных пространств, выявить их взаимосвязь с придаточными пазухами носа в случае с назальной ликвореей, определить уровень расположения миндалин мозжечка и сообщение ликворных пространств на уровне базальных цистерн и большого затылочного отверстия. Ее применение дополнило диагностическую оценку проходимости ликворных структур (отверстий Мажанди и Монро, IV желудочка, водопровода мозга), в том числе — при сдавлении извне (рис. 1, а, б).

У пациентов с гидроцефалией данные методики позволили определить

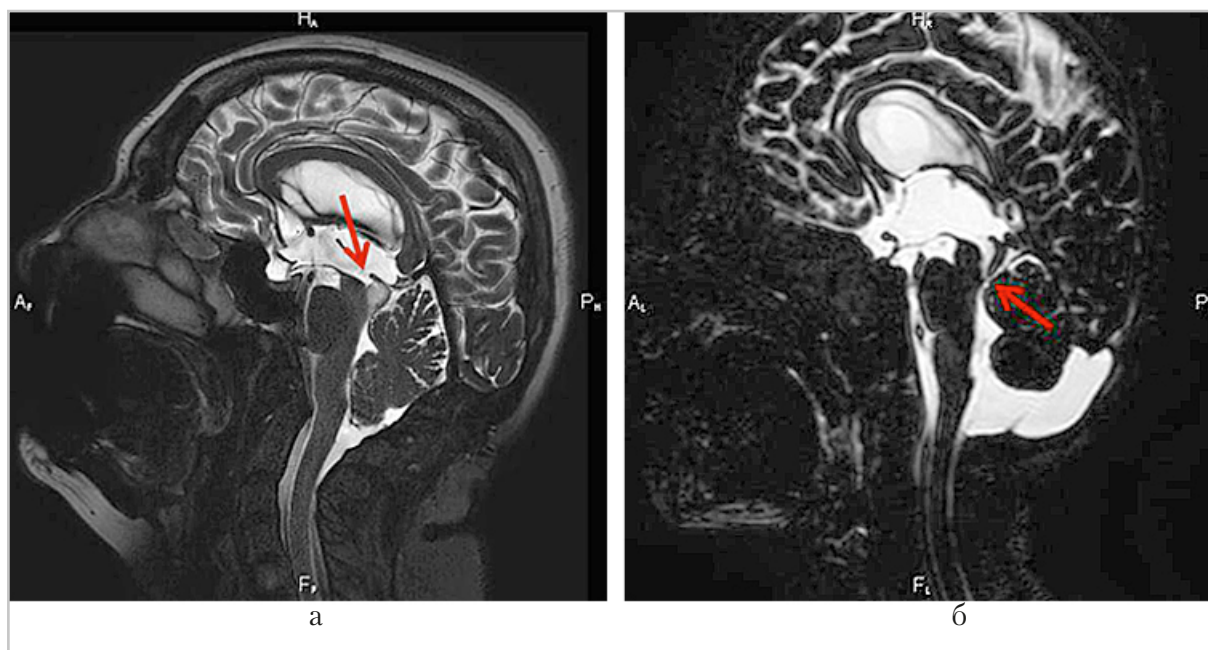


Рис. 1. МР-томограммы. Тонкосрезовая методика CSF-DRIVE в сагиттальной плоскости: а — визуализируется объемное образование пластинки четверохолмия с полным блоком току ликвора на уровне водопровода мозга (стрелка); б — выраженное сужение дистальных отделов водопровода мозга у ребенка с гидроцефалией (стрелка)

наличие/отсутствие и уровень обструкции, поствоспалительные спаечные и/или кистозные изменения субарахноидальных пространств (рис. 2, *а, б*).

В случае перенесенного оперативного вмешательства возможно было проследить стому дна III желудочка и ее размеры (рис. 3, *а, б*).

У пациентов с сирингомиелией на уровне шейного и/или грудного отделов спинного мозга выполнение подобного протокола позволило оценить размеры полости, ее внутренние контуры (для исключения пристеночного солидного компонента и дифференциального диагноза с ассоциированной с опухолью кистой), наличие дополнительных перегородок/перемычек и сообщение с полостью центрального канала (рис. 4, *а, б*).

Методика CSF-PCA в сагиттальной или фронтальной проекции позволила оценить проходимость ликворных путей и состоятельность стомы дна III желудочка в виде пульсирующего потока ликвора на интересующем уровне (рис. 5, *а — г*). На рисунке ниже представлены МР-томограммы пациента 17 лет, перенесшего эндоскопическую вентрикулоцистерностомию дна III желудочка по поводу внутренней хронической тетравертикулярной прогрессирующей гидроцефалии. На рутинных изображениях отсутствовала отчетливая визуализация стомы (рис. 5, *а*), при этом на специализированных методиках прослеживался сигнал от пульсации ликвора: на тонкосрезовой методике CSF-DRIVE в области стомы определялась

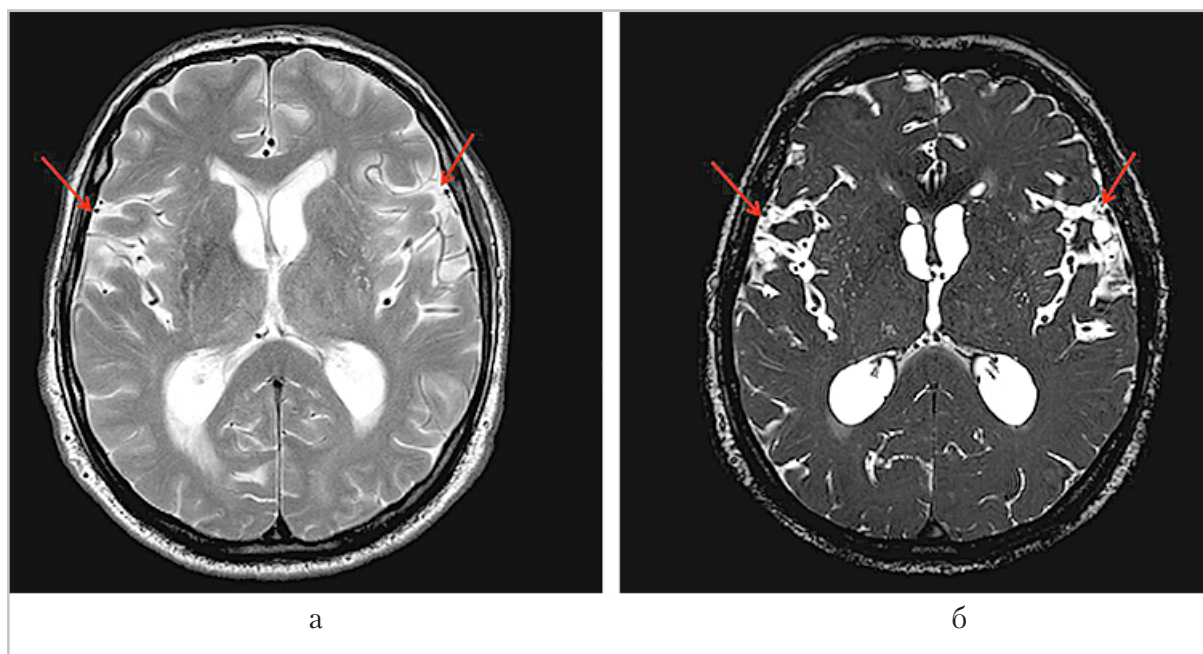


Рис. 2. МР-томограммы пациента 76 лет с прогрессирующей клиникой гипертензионно-гидроцефального синдрома, с перенесенным лептоменингитом в анамнезе: *а* — рутинное T2-ВИ в аксиальной плоскости — расширение боковых желудочков головного мозга, перивентрикулярное повышение интенсивности сигнала в белом веществе, субарахноидальное пространство в области латеральных борозд без значимых изменений (*стрелки*); *б* — тонкосрезовая методика CSF-DRIVE в аксиальной плоскости: визуализируются мелкокистозные и спаечные изменения в области боковых щелей (*стрелки*)

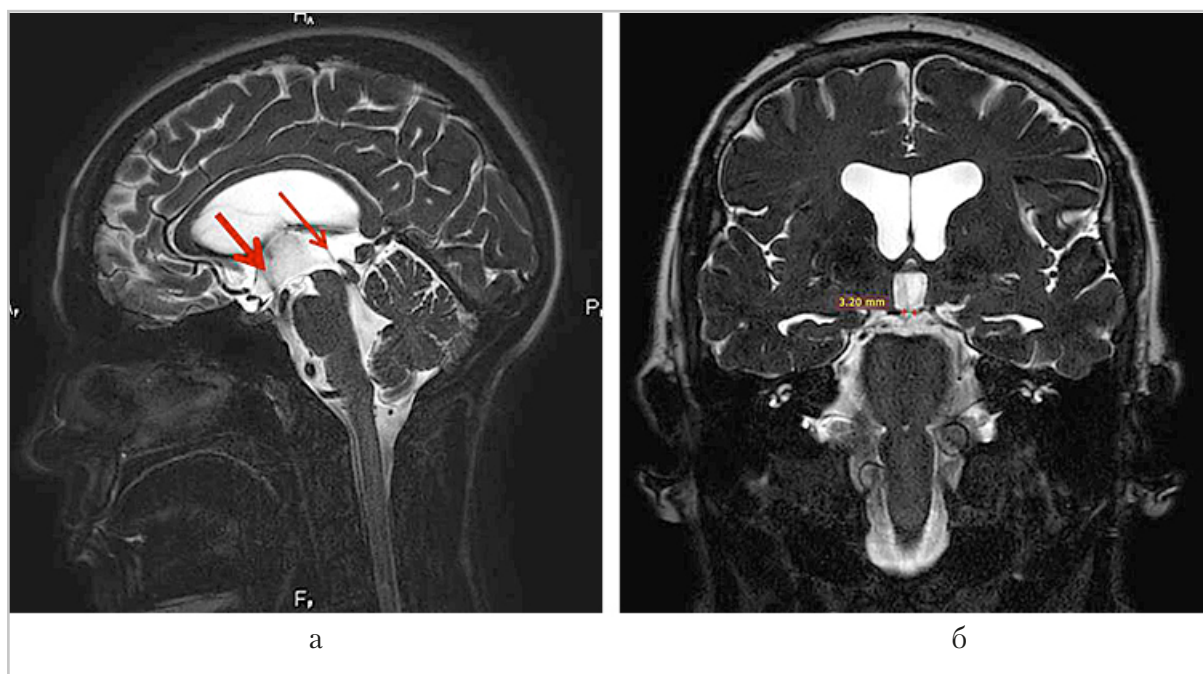


Рис. 3. МР-томограмма. Тонкосрезовая методика CSF-DRIVE: *а* — в сагиттальной плоскости определяется гипердинамическая пульсация ликвора перпендикулярно дну III желудочка в области стомы у пациентки с оперированной гидроцефалией (*толстая стрелка*), симптом потери сигнала от турбулентного потока ликвора на уровне средней трети водопровода мозга (*тонкая стрелка*); *б* — во фронтальной плоскости определяется дефект дна III желудочка

линейная зона снижения интенсивности сигнала — синдром «потери сигнала» за счет гипердинамической пульсации ликвора (рис. 5, *б*), на CSF-PCA в аксиальной и сагиттальной плоскостях, ориентированных по дну III желудочка, в области стомы определялся яркий, гиперинтенсивный сигнал от пульсирующего потока ликвора (рис. 5, *в, г*).

Методика фазоконтрастной МРТ в аксиальном срезе позволила оценить количественные параметры потока ликвора на различных уровнях, уточняя наличие функциональных изменений.

Так, у пациентов с идиопатической сообщающейся гидроцефалией не было выявлено окклюзии ликворных путей, определялось расширение желудочково-вой системы головного мозга с увели-

чением индекса Эванса до $0,39 \pm 0,05$, отмечалась сглаженность вершечных борозд в теменной области. Со стороны количественных параметров ликвородинамики отмечалось увеличение значений объемной скорости потока ликвора на уровне водопровода мозга, IV желудочка и отверстия Мажанди: средние значения краниокаудального потока ликвора составили $0,31 \pm 0,10$ мл/с, $0,39 \pm 0,21$ мл/с и $0,38 \pm 0,18$ мл/с соответственно (в норме — $0,11 \pm 0,01$ мл/с, $0,05 \pm 0,02$ мл/с и $0,07 \pm 0,02$ мл/с, $p < 0,01$). Также отмечалось снижение значений объемной скорости потока ликвора на уровне базальных цистерн: на уровне предмостовой цистерны до $0,27 \pm 0,18$ мл/с, мозжечково-мозговой цистерны до $0,52 \pm 0,21$ мл/с (в норме —

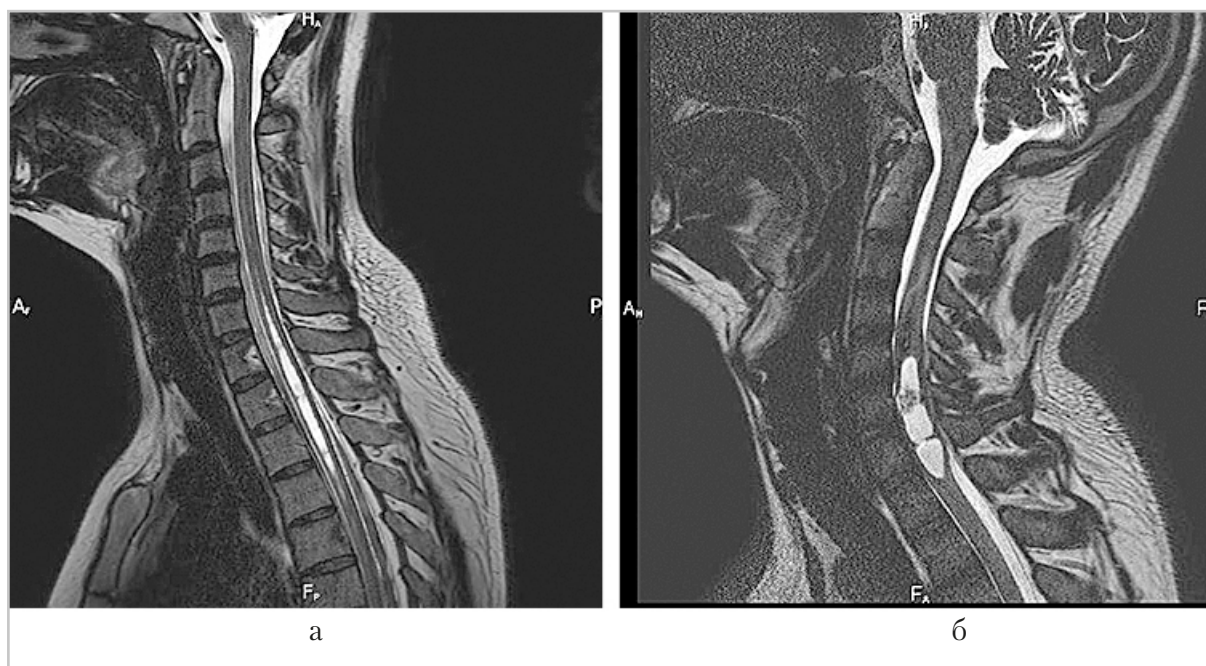


Рис. 4. МР-томограммы. Методика CSF-DRIVE в сагиттальном срезе: *а* — пациентка с сирингомиелитической полостью на уровне С7 — Th4 позвонков; *б* — интрадуральное интрамедуллярное образование (эпендимомы) в структуре спинного мозга на уровне С6 позвонка, ассоциированное с кистозной полостью (на уровне С5 — Th1 позвонков)

$0,52 \pm 0,11$ мл/с и $0,94 \pm 0,12$ мл/с соответственно $p < 0,05$).

В данной группе пациентов отмечалось усиление оттока ликвора на уровне водопровода мозга и одновременное уменьшение скоростных параметров на уровне базальных цистерн, что говорит о нарушении внутричерепного соответствия и ухудшении механизмов всасывания ликвора. Подобные изменения согласуются с литературными данными, где в ряде исследований отмечается усиление потока ликвора на уровне водопровода мозга примерно в 10 раз, а также его снижение на шейном уровне примерно в 2 раза [7].

При этом у взрослых больных с открытой и обструктивной формой гидроцефалии длительность пульсации каудального (антеградного) движения ликвора была значительно укорочена

по сравнению с группой контроля. Пиковая диастолическая скорость ликвора, как правило, увеличена, в то время как пиковая систолическая скорость обычно не изменена, вследствие чего результирующий и средний объемный потоки могут быть направлены краниально [4, 10, 18].

У пациентов с обструктивной гидроцефалией и наличием стомы дна III желудочка в случае окклюзии на уровне водопровода мозга или IV желудочка отсутствовала визуализация сигнала от потока ликвора на этих уровнях; в случае стеноза/сдавления водопровода мозга отмечалось снижение объемного потока ликвора с преобладанием ретроградной (каудокраниальной) составляющей до 0,04 мл/с и 0,08 мл/с — антеградный и ретроградный поток (в норме — $0,11 \pm 0,01$ мл/с и $0,09 \pm$

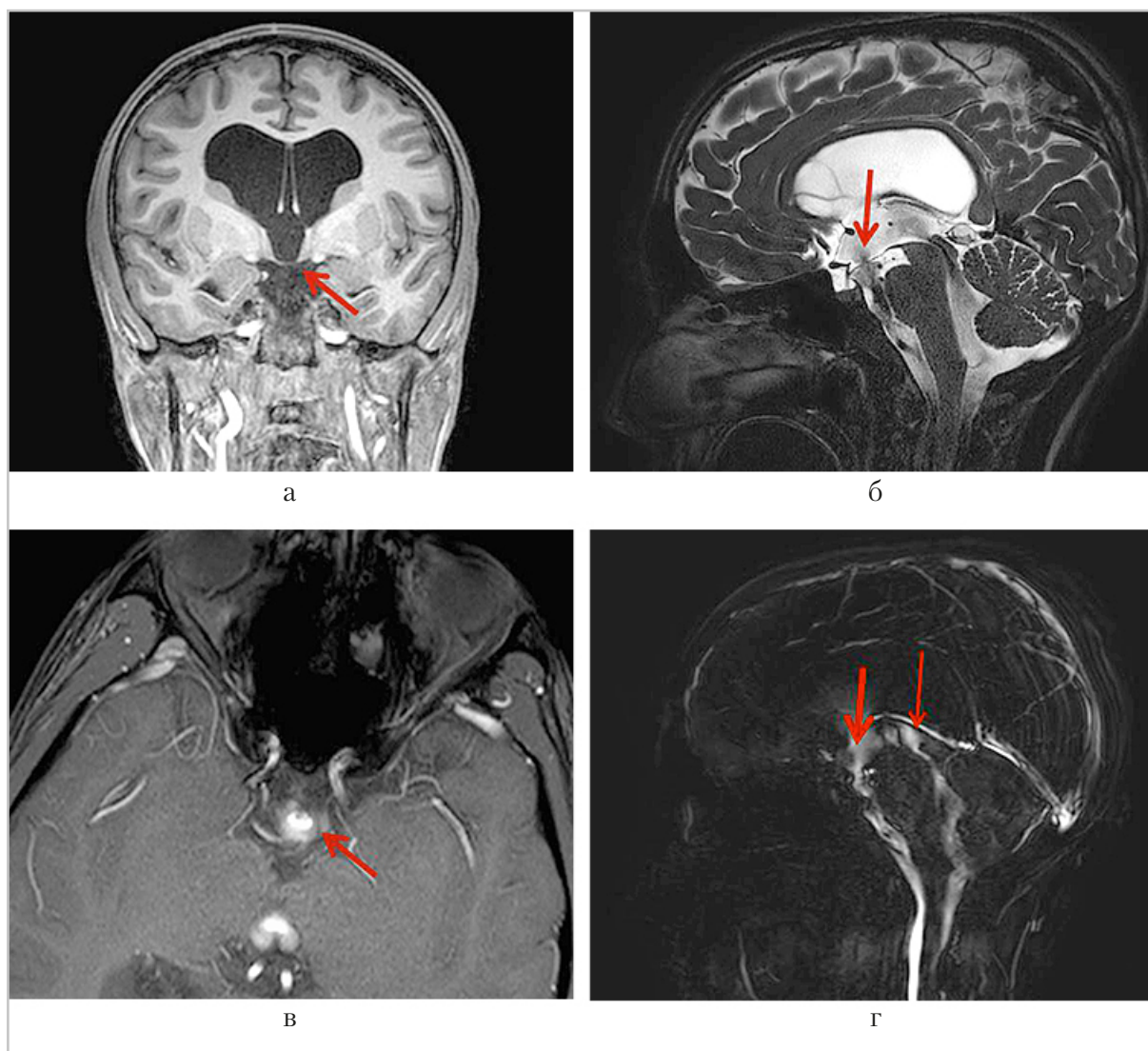


Рис. 5. МР-томограммы пациента, перенесшего эндоскопическую вентрикулоцистерностомию дна III желудочка: *а* — неотчетливая визуализация стомы дна III желудочка на T1-ВИ во фронтальной плоскости (стрелка); *б* — методика CSF-DRIVE в сагиттальной плоскости, гипердинамическая пульсация ликвора в области дна III желудочка на уровне стомы (стрелка); *в* — динамическая методика CSF-PCA в аксиальной плоскости, яркий сигнал от потока ликвора в области стомы (стрелка); *г* — методика CSF-PCA в сагиттальной плоскости, гиперинтенсивный сигнал от потока ликвора в области стомы (толстая стрелка) и водопровода мозга (тонкая стрелка)

0,01 мл/с соответственно). При этом отчетливо определялась пульсация ликвора на уровне стомы со значительным преобладанием антеградной составляющей объемного потока: в среднем около 0,81 мл/с и 0,54 мл/с (краниокаудальная

и каудокраниальная объемная скорость потока ликвора соответственно), что говорит о состоятельности стомы. Ниже представлены МР-томограммы пациентки 29 лет с образованием пластинки четверохолмия (предположительно га-

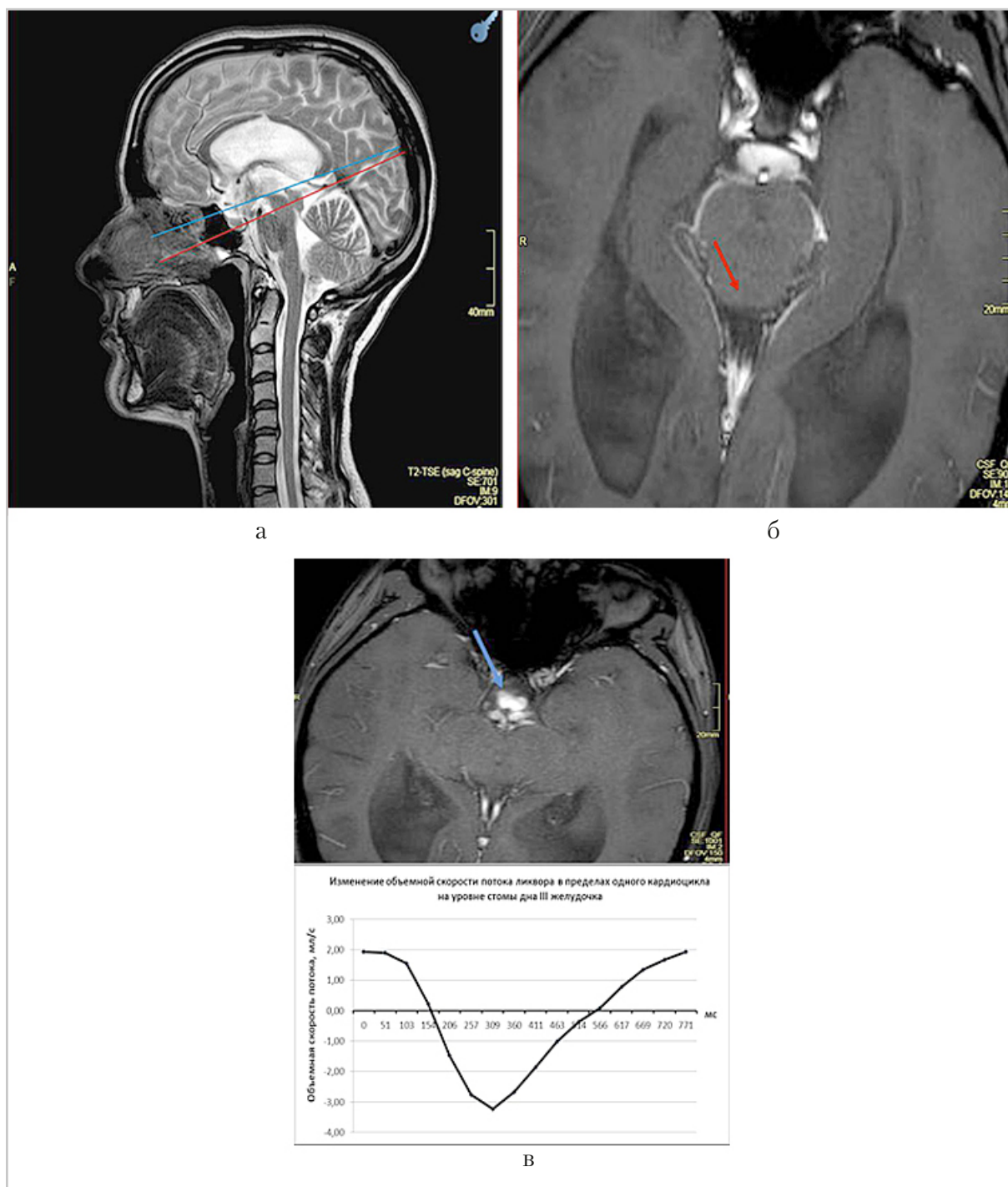


Рис. 6. МР-томография пациентки с образованием пластинки четверохолмия: а — Т2-ВИ в сагиттальной плоскости — утолщение пластинки четверохолмия; б — CSF-QF в аксиальной плоскости — отсутствие сигнала от потока ликвора в области водопровода мозга (стрелка); в — CSF-QF в аксиальной плоскости — в области стомы дна III желудочка визуализируется гиперинтенсивный сигнал от потока ликвора (стрелка), на графике представлен характер изменения объемной скорости потока ликвора на уровне стомы в течение одного сердечного цикла

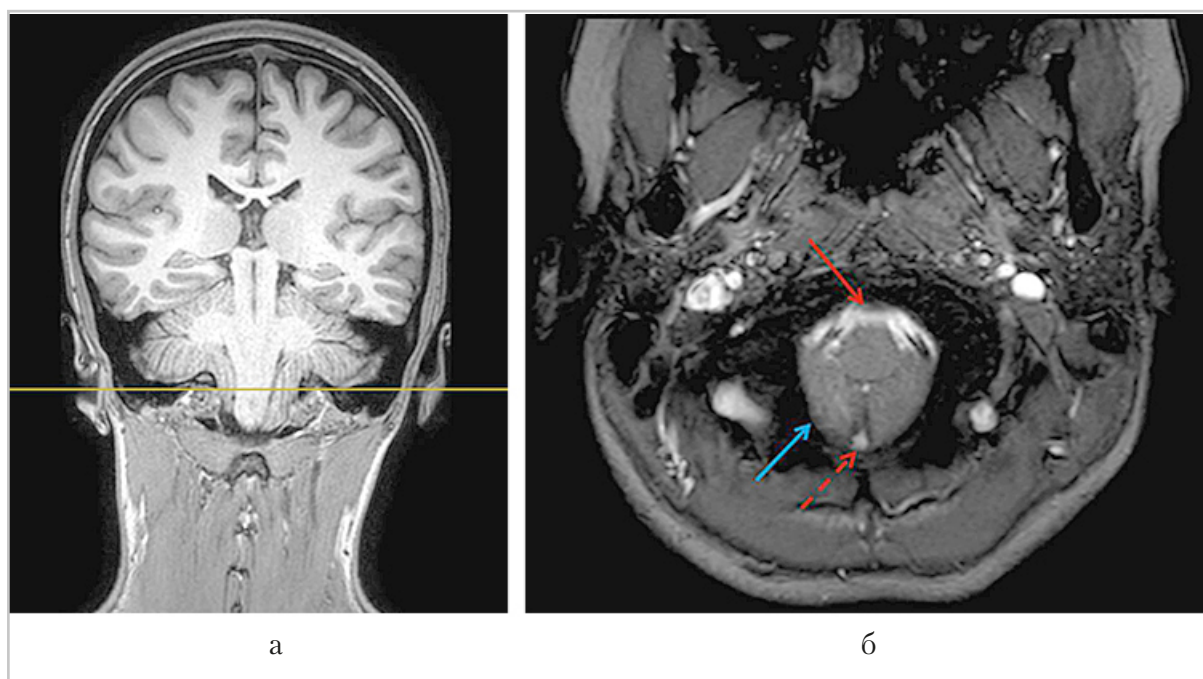


Рис. 7. МР-томограммы пациентки с аномалией Киари I типа: *а* — T1-ВИ во фронтальной плоскости — визуализируется расположение миндалин мозжечка ниже уровня большого затылочного отверстия; *б* — CSF-QF в аксиальной плоскости на уровне большого затылочного отверстия — гиперинтенсивный сигнал от пульсирующего ликвора в переднем компартменте субарахноидального пространства (*красная стрелка*), в заднем компартменте визуализируются миндалины мозжечка (*синяя стрелка*) с небольшим участком пульсирующего ликвора между ними (*красная пунктирная стрелка*)

мартома), перенесшей эндоскопическую вентрикулоцистерностомию дна III желудочка (рис. 6, *а — в*).

На рутинных T2-ВИ определялось утолщение пластинки четверохолмия, вызывающее сдавление водопровода мозга (рис. 6, *а*). На динамических изображениях CSF-QF в аксиальной плоскости (кодирующий коэффициент скорости потока 10 см/с) не дифференцировался сигнал от потока ликвора в области водопровода мозга (рис. 6, *б*), но визуализировался гиперинтенсивный сигнал в области стомы дна III желудочка, при этом преобладала краниокаудальная (антеградная) пульсовая волна объемной скорости потока ликвора (рис. 6, *в*).

У пациентов с аномалией Киари I типа при дооперационном исследовании отмечалось выраженное (субтотальное) снижение скоростных параметров на уровне заднего компартмента субарахноидального пространства большого затылочного отверстия, вплоть до полного отсутствия сигнала от потока: значение объемной скорости потока в среднем составляло $0,001 \pm 0,001$ мл/с (в норме — $0,32 \pm 0,06$ мл/с). Также отмечалось снижение скоростных показателей на смежных уровнях ($p < 0,05$): отверстие Мажанди — до $0,02 \pm 0,01$ мл/с (норма — $0,07 \pm 0,02$ мл/с), субарахноидальное пространство C2–C3 шейного уровня — до $0,82 \pm 0,34$ мл/с (норма — $1,25 \pm 0,18$ мл/с). После декомпресс-

сии задней черепной ямки скоростные параметры потока ликвора увеличивались (с тенденцией к нормализации) на уровне заднего компартмента большого затылочного отверстия (до 0,19–0,28 мл/с), отверстия Мажанди (до 0,05–0,06 мл/с), субарахноидального пространства шейной области (до 0,92–1,05 мл/с). Ниже представлены МР-томограммы пациентки 15 лет с аномалией Киари I типа (рис. 7, а, б).

При проведении фазоконтрастной МРТ определялась пульсация ликвора преимущественно в переднем компартменте субарахноидального пространства, задний компартмент субтотально обтурирован эктопированными миндалинами мозжечка, с небольшим участком, на котором прослеживалась пульсация ликвора.

Согласно литературным данным, у пациентов с мальформацией Киари I отмечено значимое повышение максимального систолического и диастолического движения спинного мозга у пациентов с сирингомиелией и эктопией миндалин, что может служить причиной обструкции большого затылочного отверстия из-за внезапного смещения вниз (каудально) спинного мозга в систолу и снижения сопротивления от цереброспинальной жидкости в диастолу [8, 15]. Кроме того, даже при нормальных или незначительно измененных скоростных показателях у пациентов с аномалией Киари I отмечается увеличение пиков скоростей потока и пространственная неоднородность скоростей, которая уменьшается после проведения декомпрессии задней черепной ямки [5].

Измерение скоростных параметров потока у таких пациентов на до- и послеоперационном этапе может играть важную роль в оценке эффективности про-

веденного лечения, а также в качестве длительного постоперационного мониторинга. Нормализация или увеличение скорости потока на уровне большого затылочного отверстия у таких пациентов может служить важным диагностическим критерием.

У пациентов с сирингомиелией оценка ликвородинамики позволила предположить дальнейший прогноз: наличие активного пульсирующего потока ликвора в просвете полости предполагает высокую вероятность прогрессирования заболевания. Так, измерения, проведенные на шейном, грудном и поясничном уровнях у пациентов с посттравматической сирингомиелией, показали увеличение скорости потока ликвора при стенозе позвоночного канала. Результаты свидетельствовали о том, что характер движения ликвора при посттравматических поражениях спинного мозга может изменить тактику терапевтического лечения [12]. Измерения скорости движения ликвора в сирингомиелитической полости чаще характеризуются прерывистостью как в систолу, так и в диастолу, однако сами значения скоростей потока минимальны [9, 16]. При усилении пульсаций и ускорениях потока высока вероятность прогрессирования заболевания.

Заключение

В ходе проведенных исследований было отмечено, что методики магнитно-резонансной миелографии позволяют не только качественно, но и количественно оценивать морфофункциональные характеристики ликворной системы в условиях нормы и при различных расстройствах ликвородинамики, обладают высокой информативностью и помогают расширить диагностические возможности рутинной практики.

Список литературы

1. Анисимов Н. В., Батова С. С., Пирогов Ю. А. Магнитно-резонансная томография: управление контрастом и междисциплинарные приложения / под ред. Ю. А. Пирогова. М.: Физический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2013. 244 с.
2. Петрайкин А. В., Сморчкова А. К., Сергунова К. А., Ахмад Е. С., Семенов Д. С., Кудрявцев Н. Д., Блохин И. А., Морозов С. П., Владзимирский А. В., Маер Р. Ю. Применение модифицированной МРТ-последовательности Time-SLIP для визуализации движения ликвора в водопроводе мозга и шейном отделе позвоночного канала // Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 2019. Т. 83. № 6. С. 64–71.
3. Bogomyakova O., Stankevich Y., Mesropyan N., Shraybman L., Tulupov A. Evaluation of the flow of cerebrospinal fluid as well as gender and age characteristics in patients with communicating hydrocephalus, using phase-contrast magnetic resonance imaging. *Acta Neurologica Belgica*. 2016. V. 116. No. 4. P. 495–501. DOI: 10.1007/s13760-016-0608-3
4. Bradley W. G. Magnetic Resonance Imaging of Normal Pressure Hydrocephalus. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 2016. V. 37. No. 2. P. 120–128. DOI: 10.1053/j.sult.2016.01.005
5. Buell T., Heiss J., Oldfield E. Pathogenesis and Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics of the Chiari I Malformation. *Neurosurg Clin N Am*. 2015. No. 26. P. 495–499. DOI: 10.1016/j.nec.2015.06.003
6. Capel C., Baroncini M., Gondry-Jouet C., Bouzerar R., Czosnyka M., Czosnyka Z., Baledent O. Cerebrospinal fluid and cerebral blood flows in idiopathic intracranial hypertension. *Acta Neurochir Suppl*. 2018. V. 126. P. 237–241. DOI: 10.1007/978-3-319-65798-1_48
7. Czosnyka M., Pickard J. D., Keong N. C. H., Czosnyka Z., Price S. J., Pena A. Imaging normal pressure hydrocephalus: theories, techniques, and challenges. *Neurosurg Focus*. 2016. V. 41 (September): E11. DOI: 10.3171/2016.7.FOCUS16194
8. Frick R., Eide P. K. Comparative observational study on the clinical presentation, intracranial volume measurements, and intracranial pressure scores in patients with either Chiari malformation Type I or idiopathic intracranial hypertension. *J. Neurosurg*. 2017. V. 126. P. 1312–1322. DOI: 10.3171/2016.4.JNS152862
9. Honey C. M., Martin K. W., Heran M. K. S. Syringomyelia fluid dynamics and cord motion revealed by serendipitous null point artifacts during Cine MRI. *Am. J. of Neuroradiology*. 2017. V. 38. No. 9. P. 1845–1847. DOI: 10.3174/ajnr.A5328
10. Keong N., Pena A., Price S., Czosnyka M., Czosnyka Z., Pickard J. Imaging normal pressure hydrocephalus: theories, techniques, and challenges. *Neurosurg Focus*. 2016. V. 41. No. 3. E11. DOI: 10.3171/2016.7.FOCUS16194
11. Longatti P. The Liebau phenomenon: a translational approach to new paradigms of CSF circulation and related flow disturbances. *Child's Nervous System*. 2018. V. 34. No. 2. P. 227–233. DOI: 10.1007/s00381-017-3653-1
12. McCluggage S. G., Oakes W. J. The Chiari I malformation: JNSPG 75th Anniversary Invited Review Article. *J. of Neurosurgery: Pediatrics*. 2019. V. 24. No 3. P. 217–226. DOI: 10.3171/2019.5.PEDS18382
13. Mohammad S. A., Osman N. M., Ahmed K. A. The value of CSF flow studies in the management of CSF disorders in children: a pictorial review. *Insights into Imaging*. 2019. V. 10. No. 3. DOI 10.1186/s13244-019-0686-x

14. *Qvarlander S., Ambarki K., Wahlin A., Jacobsson J., Birgander R., Malm J., Eklund A.* Cerebrospinal fluid and blood flow patterns in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2017. V. 135. No. 5. P. 576–584. DOI: 10.1111/ane.12636
15. *Raybaud C.* MR assessment of pediatric hydrocephalus: a road map. *Childs Nervous System.* 2016. V. 32. No. 1. P. 19–41. DOI: 10.1007/s00381-015-2888-y
16. *Vinje V., Brucker J., Rognes M.E., Mardal K.A., Haughton V.* Fluid dynamics in syringomyelia cavities: Effects of heart rate, CSF velocity, CSF velocity waveform and craniovertebral decompression. *The Neuroradiol. J.* 2018. V. 31. No. 5. DOI: 10.1177/1971400918795482
17. *Yamada S., Tsuchiya K., Bradley W. G., Law M., Winkler M. L., Borzage M. T., Miyazaki M., Kelly E. J., McComb J. G.* Current and emerging MR imaging techniques for the diagnosis and management of CSF flow disorders: a review of phase-contrast and time-spatial labeling inversion pulse. *Am. J. of Neuroradiology.* 2015. V. 36. No. 4. P. 623–630. DOI: 10.3174/ajnr.A4030
18. *Yin L. K., Zheng J. J., Zhao L., Hao X. Z., Zhang X. X., Tian J. Q., Zheng K., Yang Y. M.* Reversed aqueductal cerebrospinal fluid net flow in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2017. V. 136. No. 5. P. 434–439. DOI: 10.1111/ane.12750
19. *D. S., Kudryavtsev N. D., Blokhin I. A., Morozov S. P., Vladzimirskiy A. V., Maer R. Yu.* Application of a modified Time-SLIP MRI sequence for visualization of cerebrospinal fluid movement in the cerebral aqueduct and cervical spinal canal. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko.* 2019. V. 83. No. 6. P. 64–71 (in Russian). DOI: 10.17116/neiro20198306164
20. *Bogomyakova O., Stankevich Y., Mesropyan N., Shraybman L., Tulupov A.* Evaluation of the flow of cerebrospinal fluid as well as gender and age characteristics in patients with communicating hydrocephalus, using phase-contrast magnetic resonance imaging. *Acta Neurologica Belgica.* 2016. V. 116. No. 4. P. 495–501. DOI: 10.1007/s13760-016-0608-3
21. *Bradley W. G.* Magnetic Resonance Imaging of Normal Pressure Hydrocephalus. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI.* 2016. V. 37. No. 2. P. 120–128. DOI: 10.1053/j.sult.2016.01.005
22. *Buell T., Heiss J., Oldfield E.* Pathogenesis and Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics of the Chiari I Malformation. *Neurosurg Clin N Am.* 2015. No. 26. P. 495–499. DOI: 10.1016/j.nec.2015.06.003
23. *Capel C., Baroncini M., Gondry-Jouet C., Bouzerar R., Czosnyka M., Czosnyka Z., Baledent O.* Cerebrospinal fluid and cerebral blood flows in idiopathic intracranial hypertension. *Acta Neurochir Suppl.* 2018. V. 126. P. 237–241. DOI: 10.1007/978-3-319-65798-1_48.
24. *Czosnyka M., Pickard J. D., Keong N. C. H., Czosnyka Z., Price S. J., Pena A.* Imaging normal pressure hydrocephalus: theories, techniques, and challenges. *Neurosurg Focus.* 2016. V. 41 (September): E11. DOI: 10.3171/2016.7.FOCUS16194
25. *Fric R., Eide P. K.* Comparative observational study on the clinical presentation,

References

- intracranial volume measurements, and intracranial pressure scores in patients with either Chiari malformation Type I or idiopathic intracranial hypertension. *J. Neurosurg.* 2017. V. 126. P. 1312–1322. DOI: 10.3171/2016.4.JNS152862
9. Honey C. M., Martin K. W., Heran M. K. S. Syringomyelia fluid dynamics and cord motion revealed by serendipitous null point artifacts during Cine MRI. *Am. J. of Neuroradiology.* 2017. V. 38. No. 9. P. 1845–1847. DOI: 10.3174/ajnr.A5328
10. Keong N., Pena A., Price S., Czosnyka M., Czosnyka Z., Pickard J. Imaging normal pressure hydrocephalus: theories, techniques, and challenges. *Neurosurg Focus.* 2016. V. 41. No. 3. E11. DOI: 10.3171/2016.7.FOCUS16194
11. Longatti P. The Liebau phenomenon: a translational approach to new paradigms of CSF circulation and related flow disturbances. *Child's Nervous System.* 2018. V. 34. No. 2. P. 227–233. DOI: 10.1007/s00381-017-3653-1
12. McCluggage S. G., Oakes W. J. The Chiari I malformation: JNSPG 75th Anniversary Invited Review Article. *J. of Neurosurgery: Pediatrics.* 2019. V. 24. No 3. P. 217–226. DOI: 10.3171/2019.5.PEDS18382
13. Mohammad S. A., Osman N. M., Ahmed K. A. The value of CSF flow studies in the management of CSF disorders in children: a pictorial review. *Insights into Imaging.* 2019. V. 10. No. 3. DOI 10.1186/s13244-019-0686-x
14. Qvarlander S., Ambarki K., Wahlin A., Jacobsson J., Birgander R., Malm J., Eklund A. Cerebrospinal fluid and blood flow patterns in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2017. V. 135. No. 5. P. 576–584. DOI: 10.1111/ane.12636
15. Raybaud C. MR assessment of pediatric hydrocephalus: a road map. *Childs Nervous System.* 2016. V. 32. No. 1. P. 19–41. DOI: 10.1007/s00381-015-2888-y
16. Vinje V., Brucker J., Rognes M. E., Mardal K. A., Haughton V. Fluid dynamics in syringomyelia cavities: Effects of heart rate, CSF velocity, CSF velocity waveform and craniovertebral decompression. *The Neuroradiol. J.* 2018. V. 31. No. 5. DOI: 10.1177/1971400918795482
17. Yamada S., Tsuchiya K., Bradley W. G., Law M., Winkler M. L., Borzage M. T., Miyazaki M., Kelly E. J., McComb J. G. Current and emerging MR imaging techniques for the diagnosis and management of CSF flow disorders: a review of phase-contrast and time-spatial labeling inversion pulse. *Am. J. of Neuroradiology.* 2015. V. 36. No. 4. P. 623–630. DOI: 10.3174/ajnr.A4030
18. Yin L. K., Zheng J. J., Zhao L., Hao X. Z., Zhang X. X., Tian J. Q., Zheng K., Yang Y. M. Reversed aqueductal cerebrospinal fluid net flow in idiopathic normal pressure hydrocephalus. *Acta Neurol Scand.* 2017. V. 136. No. 5. P. 434–439. DOI: 10.1111/ane.12750

Сведения об авторах

Богомякова Ольга Борисовна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск.

Адрес: 630058, г. Новосибирск, ул. Русская, д. 29, кв. 98.

Тел.: +7 (962) 823-61-52. Электронная почта: bogom_o@tomo.nsc.ru

ORCID.org/0000-0002-8880-100X

Вклад автора: существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение данных или их анализ и интерпретацию.

Bogomyakova Olga Borisovna, Ph. D. Med., researcher assistant of the laboratory «MRI TECHNOLOGIES» The Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.
Address: 29-98, Russkaya ul., Novosibirsk, 630058, Russia.
Phone number: +7 (962) 823-61-52. E-mail: bogom_o@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-8880-100X
Author's contribution: literature analysis, text writing, significant contribution to the concept and design of the study, data acquisition or analysis and interpretation.

Василькив Любовь Михайловна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск.
Адрес: 630030, г. Новосибирск, ул. Заречная, д. 8, кв. 221.
Тел.: +7 (913) 799-72-60. Электронная почта: vasilkiv@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0003-1838-8130
Вклад автора: участие в сборе материала, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Vasilkiv Lyubov Mikhailovna, Ph. D. Med., researcher assistant of the laboratory «MRI TECHNOLOGIES» The Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.
Address: 8-221, Zarechnaya ul., Novosibirsk, 630030, Russia.
Phone number: +7 (913) 799-72-60. E-mail: vasilkiv@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0003-1838-8130
Author's contribution: participation in the collection of material, approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Станкевич Юлия Александровна, кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск.
Адрес: 630117, г. Новосибирск, ул. Шатурская, д. 2/2, кв. 125.
Тел.: +7 (923) 135-84-77. Электронная почта: stankevich@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-7959-5160
Вклад автора: участие в обработке материала и обчете статистических показателей, поиск публикаций по теме, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Stankevich Yuliya Aleksandrovna, Ph. D. Med., researcher assistant of the laboratory «MRI TECHNOLOGIES» The Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.
Address: 2/2-125, Shaturskaya ul., Novosibirsk, 630117, Russia.
Phone number: +7 (923) 135-84-77. E-mail: stankevich@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-7959-5160
Author's contribution: participation in the processing of the material and calculation of statistical indicators, search for publications on the topic, approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Савелов Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск.
Адрес: 630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3А.
Тел.: +7 (913) 919-36-28. Электронная почта: as@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-5332-2607
Вклад автора: анализ литературы, написание текста, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Savelov Andrei Aleksandrovich, Ph. D. of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher of the laboratory «MRI TECHNOLOGIES» the Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk.
Address: 3A, Institutskaya ul., Novosibirsk, 630090, Russia.
Phone number: +7 (913) 919-36-28. E-mail: as@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-5332-2607
Author's contribution: literature analysis, text writing, approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Тулупов Андрей Александрович, доктор медицинских наук, профессор РАН, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией «МРТ ТЕХНОЛОГИИ» ФГБУ НИ «Международный томографический центр» СО РАН, Новосибирск; заместитель директора Института медицины и психологии В. Зельмана НГУ.

Адрес: 630090, г. Новосибирск, ул. Терешковой, д. 31, кв. 17.
Тел.: +7 (903) 932-39-80. Электронная почта: taa@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-1277-4113

Вклад автора: создание концепции научного направления, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Tulupov Andrei Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Head of the laboratory «MRI TECHNOLOGIES» the Institute International Tomography Center of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk; Deputy Director of the Institute of Medicine and Psychology V. Zelman NSU.

Address: 31-17, Tereshkovoi ul., Novosibirsk, 630090, Russia.
Phone number: +7(903) 932-39-80. E-mail: taa@tomo.nsc.ru
ORCID.org/0000-0002-1277-4113

Author's contribution: creation of the concept of the scientific direction, approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 15.10.2021 г.
Дата одобрения после рецензирования: 28.11.2021 г.
Дата принятия статьи к публикации: 29.11.2021 г.



МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья.

УДК 616-007.21

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-63-76>

Автоматический алгоритм магнитно-резонансной морфометрии в диагностике фокальной кортикальной дисплазии

А. М. Шевченко*, Э. Л. Погосбекян, А. И. Баталов, Е. И. Шульц,
А. Н. Тюрина, Л. М. Фадеева, М. В. Шевченко, П. А. Власов,
Н. Е. Захарова, А. Г. Меликян, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России,
Москва

Реферат

Целью исследования было создание оригинального алгоритма МР-морфометрии для выявления зон фокальной кортикальной дисплазии, для улучшения дооперационной диагностики и оптимизации тактики хирургического лечения.

На основании использования программ ANTs и FSL был разработан алгоритм МР-морфометрии. С его помощью были сгенерированы карты z-показателя размытия перехода серого и белого вещества и толщины коры (Junction and thickness maps).

Создан алгоритм автоматического обнаружения зон фокальной кортикальной дисплазии, на котором яркие участки мозга на z-картах являются признаками ФКД (утолщение коры и нарушение перехода серого и белого вещества). Таким образом, метод МР-морфометрии является перспективной методикой для дополнительной оценки патологических изменений при фокальной кортикальной дисплазии.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография, магнитно-резонансная морфометрия, фокальная кортикальная дисплазия, толщина коры, размытие серого-белого вещества.

* **Шевченко Александр Михайлович**, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 12504, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (925) 488-83-60. Электронная почта: shevchenko@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4779-2370

Shevchenko Alexander Mikhailovich, postgraduate student of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (925) 488-83-60. E-mail: shevchenko@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4779-2370

© А. М. Шевченко, Э. Л. Погосбекян, А. И. Баталов, Е. И. Шульц, А. Н. Тюрина, Л. М. Фадеева, М. В. Шевченко, П. А. Власов, Н. Е. Захарова, А. Г. Меликян, И. Н. Пронин.

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. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

MEDICAL TECHNOLOGY

Scientific article.

Automatic Algorithm of Magnetic Resonance Morphometry in the Diagnosis of Focal Cortical Dysplasia

A. M. Shevchenko*, E. L. Pogosbekyan, A. I. Batalov, E. I. Shultz, A. N. Tyurina, L. M. Fadeeva, M. V. Shevchenko, P. A. Vlasov, N. E. Zakharova, A. G. Melikyan, I. N. Pronin

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia

Abstract

The purpose of the study — to create an original algorithm of MR-morphometry for identifying FCD zones. Based on the use of the ANTs and FSL programs, an algorithm for MR morphometry was developed. It was used to generate maps of the z-index of the blur of the transition of gray and white matter and the thickness of the crust (Junction and thickness maps).

An algorithm for automatic detection of focal cortical dysplasia zones has been developed. The MRI morphometry method is a promising technique for additional assessment of pathological changes in focal cortical dysplasia.

Key words: Magnetic Resonance Imaging, Magnetic Resonance Morphometry, Focal Cortical Dysplasia, Cortical Thickness, Gray-White Matter Blur.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

МР-морфометрия структур головного мозга получила широкое распространение в связи с внедрением в клиническую практику воксельного анализа данных

(VBM-voxel-based morphometry) [1] при исследовании таких заболеваний, как фокальная кортикальная дисплазия (ФКД), болезнь Альцгеймера, шизофрения [7]. Анализ изображений этим методом основывается на постобработке 3D-MP-изображений, выполненных с изотропным вокселем. При MP-морфометрии большое значение отводится постобработке данных с помощью специальных математических пакетов и приложений для персонального компьютера. С помощью таких программ производится дополнительный анализ структур головного мозга в попытке избежать «субъективизма» врача-нейрорентгенолога при визуальном способе оценки структур головного мозга. Существует множество разновидностей таких программных приложений со своими положительными и отрицательными характеристиками [6, 10]. Главной задачей исследования стала разработка оригинального алгоритма морфометрии, способного выявлять признаки ФКД, такие как утолщение коры и нарушение перехода серого и белого

вещества, с целью дооперационной оценки зон ФКД и улучшения планирования тактики хирургического лечения.

Материалы и методы

С целью разработки оригинального алгоритма MP-морфометрии было исследовано 15 здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 54 лет (средний возраст 37 лет). На основе стандартного протокола МРТ с добавлением последовательности FSPGR было исследовано 10 пациентов в возрасте от 2 до 16 лет (средний возраст 8 лет) с ФКД II типа.

У 7 пациентов ФКД локализовалась в лобной и по одному случаю с локализацией в теменной, височной и затылочной долях (табл.).

Всем пациентам выполнен видео-ЭЭГ-мониторинг. При этом у трех пациентов начало приступа достоверно не удалось установить.

1. Получение исходных данных МРТ

В ходе разработки алгоритма морфометрии начальная постобработка дан-

Клинические данные десяти пациентов с подтвержденной фокальной кортикальной дисплазией

№	Возраст/ пол	Зона хирургической резекции (доля мозга)	Тип ФКД	Трансмантий- ный тяж	Исход по ENGELE
1	13/ж	левая лобная	IIВ	+	IA
2	4/ж	правая лобная	IIВ	—	IV
3	16/ж	правая лобная	IIВ	+	IID
4	9/м	левая теменная	IIВ	+	IIA
5	10/ж	левая лобная	IIВ	—	—
6	5/ж	правая затылочная	IIA	+	—
7	16/м	правая височная	IIВ	+	—
8	9/ж	правая лобная	IIВ	+	—
9	2/ж	левая лобная	IIВ	+	IA
10	4/м	левая лобная	IIВ	—	—

ных МРТ была выполнена в программе ANTs. Последующие элементарные преобразования изображений (такие, как вычитание из одного изображения другого, бинаризация, сглаживание, создание двоичной маски) были выполнены в программах ANTs и FSL [6, 8]. Для исследования применяли FSPGR с изотропным вокселем $1 \times 1 \times 1$ мм³.

Расчет морфометрических карт включал следующие шаги: постобработку МРТ, вычисление параметрических карт зон перехода серого-белого вещества, расчет толщины коры, автоматический поиск зон ФКД.

2.1. Постобработка МРТ

Постобработка МРТ-изображений выполнялась автоматически с помощью скрипта `antsCorticalThickness.sh` из программного пакета ANTs. Сначала проводились нормализация и коррекция интенсивности МР-сигнала структур мозга (шаг 1). Далее этот скрипт вычислял параметрическую карту, где интенсивность вокселя равна толщине коры (в миллиметрах) в выбранном месте. Помимо параметрической карты толщины коры, данный скрипт генерировал множество вспомогательных файлов, среди которых бинарная маска мозга, бинарные и вероятностные карты сегментации на серое, белое вещество и спинномозговую жидкость (шаг 2). Для работы скрипта `antsCorticalThickness.sh` использовалось FSPGR, а также вспомогательные файлы: шаблон с усредненным изображением мозга здоровых добровольцев и вероятностные карты, определяющие на шаблоне маску мозга, серое/белое вещество и т. п. Вспомогательные файлы были взяты из файловой системы MICCAI2012-Multi-Atlas-Challenge-Data. Усредненный шаблон был получен на основе FSPGR у

25 здоровых добровольцев. Вероятностные карты этой файловой системы были рассчитаны после ручной разметки каждого из изображений.

Часто скрипт `antsCorticalThickness.sh` генерировал некорректные результаты из-за того, что относительная толщина костей черепа у детей и у взрослых сильно различается (отношение толщины черепа в переднезаднем направлении к размеру мозга). В представленной работе МРТ детей сопоставлялись с усредненным шаблоном МРТ взрослых путем аффинных и нелинейных трансформаций входного изображения, для определения границы мозга на FSPGR.

На одном из первых этапов скрипт `antsCorticalThickness.sh` вычисляет маску мозга пациента и в дальнейшем работает с FSPGR, на котором удалены кости черепа и субарахноидальные пространства. Во всех случаях, когда `antsCorticalThickness.sh` давал ошибочные результаты, маска мозга вычислялась некорректно. Исправление маски на начальном этапе работы `antsCorticalThickness.sh` позволило на последующих этапах получить корректные результаты с параметрическими картами толщины коры и сегментации на серое и белое вещество.

Скрипт `antsCorticalThickness.sh` выполняет коррекцию неоднородности магнитного поля на FSPGR исследуемого. Все математические операции по FSPGR, которые далее будут описаны в тексте, выполнялись на МРТ с коррекцией неоднородности магнитного поля, а также с удалением внемозговых структур.

2.2. Вычисление параметрических карт зон перехода серого-белого вещества

Используя результаты сегментации на серое и белое вещество, для каждо-

го здорового добровольца и больного с ФКД мы вычислили индивидуальные пограничные значения интенсивности МР-сигнала по FSPGR, которые были рассчитаны по формуле:

$$GM_mean + 0,5 \times GM_sd \\ \text{и } WM_mean - 0,5 \times WM_sd,$$

где GM_mean — среднее значение интенсивности сигнала на T1-ВИ в сером веществе здоровых добровольцев и больных с ФКД, GM_sd — стандартное отклонение интенсивности сигнала на FSPGR в сером веществе здоровых добровольцев и больных с ФКД, WM_mean — среднее значение интенсивности сигнала на FSPGR в белом веществе здоровых добровольцев и больных с ФКД, WM_sd — стандартное отклонение интенсивности сигнала на FSPGR в белом веществе здоровых добровольцев и больных с ФКД (шаг 3).

Чтобы найти участки переходов из серого в белое вещество, на анализируемом FSPGR всем вокселям вне области коры мозга, а также всем вокселям, интенсивность которых не попадала в интервал пограничных значений, было присвоено нулевое значение интенсивности. Полученное изображение бинаризовали, т. е. всем ненулевым вокселям было присвоено значение интенсивности, равное единице. Затем изображение сгладнили с помощью функции трехмерной свертки с ядром $5 \times 5 \times 5$ вокселей (шаг 4).

Сравнение с контрольной группой (шаг 5). Чтобы компенсировать вариативность толщины зон переходов серого-белого вещества в разных областях мозга, полученное сглаженное изображение сравнивали с контрольной группой здоровых добровольцев, обследо-

ванных на том же магнитно-резонансном томографе (МРТ), как и для пациентов с патологией. Следует отметить, что на этом шаге использовались данные центра нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко, а не файловая система MICCAI2012-Multi-Atlas-Challenge-Data, данные которой использовались на предыдущем этапе. Использование файловой системы MICCAI2012-Multi-Atlas-Challenge-Data на шаге 5 было невозможно из-за того, что изображения были получены на других томографах и с другими настройками сканирования.

Набор данных и их обработка для контрольной группы проводилась так же, как описано в шагах 1–4. Затем по FSPGR здоровых добровольцев с удаленными внемозговыми структурами был реконструирован усредненный шаблон. Это построение выполнялось с помощью скрипта `antsMultivariateTemplateConstruction.sh` из программного пакета ANTs. Все сглаженные изображения переходов серое-белое вещество у здоровых добровольцев с помощью аффинных и нелинейных преобразований были переведены в пространство полученного шаблона, по ним затем было вычислено усредненное изображение юкстакортикальной области.

Расчет карты z-показателя (шаг 6). По сглаженным изображениям переходов серое-белое вещество была рассчитана параметрическая карта, где интенсивность в каждом вокселе с индексом $[i, j, k]$ равна стандартному отклонению по вокселям с такими же индексами $[i, j, k]$ для группы здоровых добровольцев. На заключительном этапе из сглаженного изображения переходов серое-белое вещество исследуемого пациента вычитается аналогичное усредненное изображение группы здоровых добровольцев,

а затем делится на параметрическую карту стандартных отклонений сглаженных изображений группы здоровых добровольцев. Чтобы снизить влияние ошибок корегистрации на границе анатомии, карта стандартных отклонений предварительно сглаживалась с помощью гауссового фильтра с ядром $6 \times 6 \times 6$ мм. Яркие участки в полученном изображении соответствуют областям с менее четкой границей между серым и белым веществом, а также с более широкой переходной зоной по сравнению с контрольной группой.

Тем не менее оказалось, что подкорковые структуры и перивентрикулярные области могут иметь повышенную яркость на карте z-показателя, если интенсивность их сигнала попадает в диапазон значений интенсивностей, рассчитанных на шаге 2.1, и отличается от величин, полученных в группе здоровых добровольцев. Эти изменения представлены на рис. 1.

2.3. Расчет толщины коры

С помощью скрипта `antsCorticalThickness.sh` для каждого испытуемого была вычислена параметрическая карта толщины коры. Как и на этапе 2.1, все параметрические карты были переведены в пространство усредненного шаблона изображений здоровых добровольцев (шаг 7).

Далее проводилось сравнение с контрольной группой здоровых добровольцев. Для компенсации изменчивости толщины коры в разных областях мозга выполнялись те же математические операции, что и при вычислении z-оценки параметрических карт зон переходов серое-белое вещество: из карты толщины коры исследуемого пациента вычитали карту средних значений тол-

щины коры в группе здоровых добровольцев (шаг 8). Получившееся изображение делили на карту стандартных отклонений толщины коры по группе здоровых добровольцев, которую предварительно сгладили гауссовым фильтром с ядром $6 \times 6 \times 6$ мм (шаг 9).

На усредненном изображении контрольной группы всем вокселям с нулевыми значениями (т. е. где ни один из вокселей здоровых добровольцев контрольной группы не имеет серого вещества) было присвоено значение, равное средней интенсивности ненулевых вокселей. Таким образом, любая аномалия толщины коры может оцениваться в участках, где есть отклонение от данных контрольной группы. В противном случае необычно глубокие борозды очень сильно отличались бы от данных контрольной группы, даже если толщина коры была

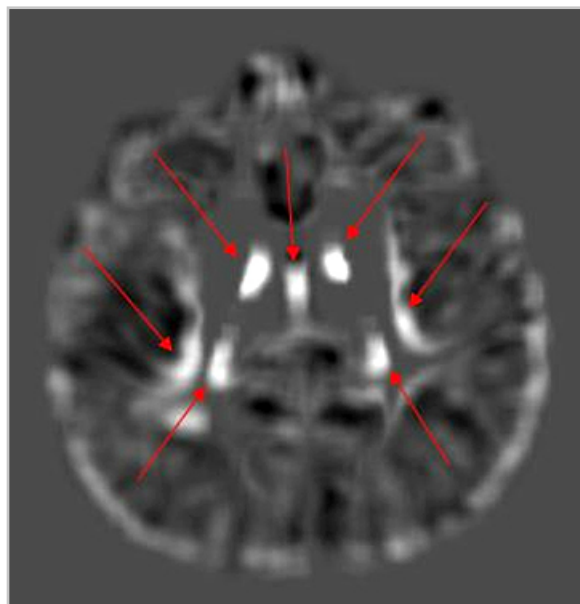


Рис. 1. Изображение соединения на основе FSPGR, z-показатель перехода серого и белого вещества. Зоны аномальной повышенной яркости в перивентрикулярных областях, не являющиеся областями фокальной кортикальной дисплазии (стрелки)

нормальной в этой локализации. На полученном изображении z-оценки яркие зоны определяли области с аномально увеличенной толщиной коры.

3. Автоматический поиск зон ФКД

Зоны ФКД можно автоматически оконтурить по z-картам толщины коры и переходов серое-белое вещество. Для этого нами был написан скрипт на Matlab, который выделяет аномально яркие связанные области на параметрических картах. Яркость таких областей определяли как выбросы в распределении интенсивностей вокселей изображения. Используя формулу Тьюки, мы определили нижнюю границу яркости аномальных вокселей:

$$I = Q_3 + k (Q_3 - Q_1),$$

где k — это параметрический коэффициент, который по умолчанию равен 1,5, Q_1 — первый квартиль, а Q_3 — третий квартиль.

Из формулы видно, что чем выше значение параметра k , тем меньшее количество и объем областей выделяет программа. На z-картах, построенных по T1-ВИ здоровых добровольцев, также присутствовали аномально яркие связанные области, определенные с использованием формулы Тьюки. Единственное отличие таких областей от зон ФКД у пациентов — их объемы существенно меньше объемов зон ФКД. При применении значений ниже пороговых будут выявляться множественные яркие участки на z-картах у здоровых добровольцев, которые распределены по всему изображению объема мозга. У пациентов с ФКД, как правило, выявляется один наиболее крупный яркий участок выше пороговых значений и множество мелких ярких

участков, которые будут распределены по всему изображению объема мозга. Поэтому мы решили использовать второй параметр в скрипте для Matlab — пороговый объем: программа оконтуривала только те яркие области z-карт, у которых объем был больше 50 мм³. В наших последующих работах мы постараемся подобрать оптимальные значения параметра k и минимального объема зон ФКД, чтобы чувствительность и специфичность автоматической разметки по z-картам были максимальными. Полученные z-показатели можно совмещать с анатомическими структурными FSPGR головного мозга, чтобы определить конкретную локализацию ФКД (рис. 3). Эта операция проводилась в программе Mango, при этом можно использовать любую цветовую гамму.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования разработан автоматический алгоритм, который позволяет оценить признаки ФКД по двум признакам: размытие перехода серого и белого вещества и утолщения коры с помощью использования программ ANTs и FSL (рис. 2).

Алгоритм дает возможность измерения толщины коры в миллиметрах путем измерения кратчайшего расстояния от центральной точки коры до белого вещества либо до субарахноидальных пространств.

После создания алгоритма морфометрии были проанализированы МРТ-данные 10 здоровых добровольцев. При этом визуальная оценка показала, что аномально ярких зон, которые бы могли говорить о признаках ФКД, не было выявлено.

У всех 10 пациентов с ФКД по данным морфометрии были выявлены ано-

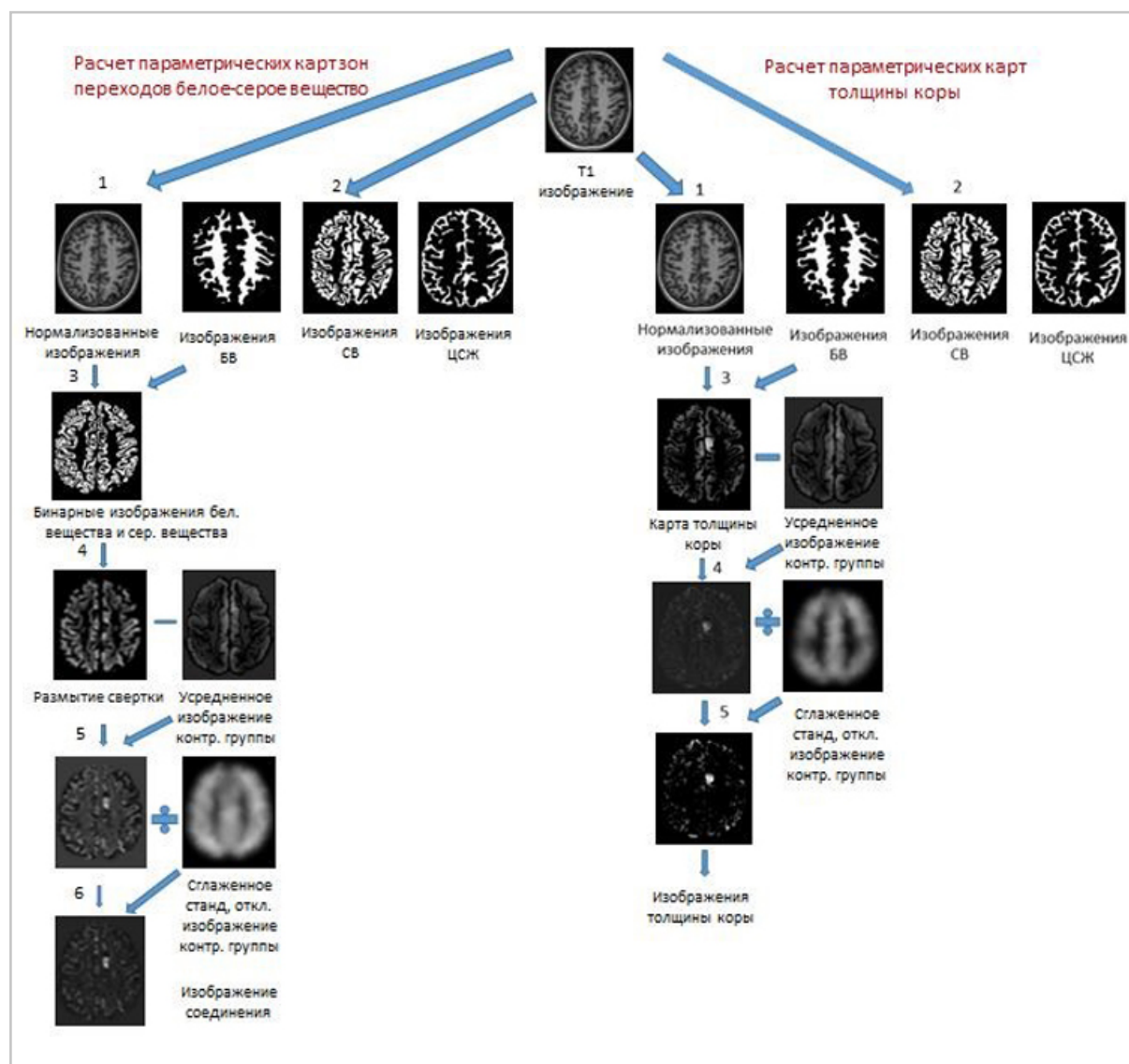


Рис. 2. Этапы обработки изображений, необходимых для расчета морфометрических изображений. Предварительная обработка: 1 — нормализация и коррекция интенсивности, 2 — сегментация. Вычисление параметрических карт зон переходов серое-белое вещество: 3 — фильтрация и преобразование в двоичное изображение; содержащее воксели интерфейса серое вещество — белое вещество; 4 — свертка; 5 — сравнение с контрольной группой; 6 — расчет карты z-показателя. Расчет толщины коры: 3 — построение параметрической карты толщины коры; 4 — сравнение с контрольной группой; 5 — расчет карты z-показателя

мально яркие области на z-картах по признаку утолщения коры и нарушения перехода серого и белого веществ (рис. 3).

После хирургического лечения сопоставлены зоны резекции и anomalно

яркие зоны МР-морфометрии, на которых зоны резекции полностью совпали с anomalно яркими зонами. У трех пациентов, у которых на видео-ЭЭГ-мониторинге не удалось локализовать начало приступа, на z-карте выявля-

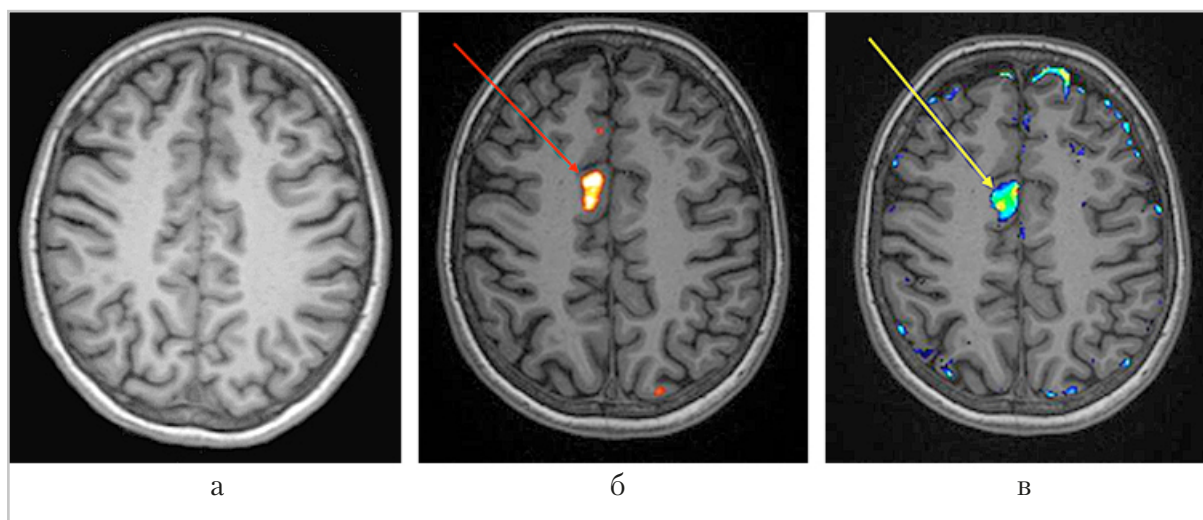


Рис. 3. МРТ пациентки 12 лет с ФКД II в режиме FSPGR. На МР-томограммах в режиме FSPGR (а) явных участков утолщения коры либо нарушения границы перехода серого и белого вещества не отмечается. При совмещении FSPGR с z-картами визуализируется участок (красная стрелка) нарушения границы перехода серого и белого (б) и участок (желтая стрелка) утолщения коры (в) в левой лобной доле, не определяемые на нативном изображении

ли аномально яркие участки по обоим признакам ФКД.

МР-морфометрия является перспективной технологией визуализации неочевидных зон ФКД. Особенно это важно в диагностике ФКД I типа, при которой, как правило, нет четкой границы аномалии, что затрудняет визуальную оценку МРТ у таких пациентов. При этом исход лечения напрямую зависит от радикальности удаления ФКД. С целью улучшения верификации ФКД разработан алгоритм автоматического обнаружения дисплазии на основе интенсивности сигнала карт z-показателя утолщения коры и нарушения границы перехода серого и белого вещества. В исследовании Seok-Jun Hong et al. (2014) [9] были представлены результаты применения автоматической МР-морфометрии в диагностике ФКД II типа с разработанным оригинальным алгоритмом МР-

морфометрии с чувствительностью 74 % и специфичностью 100 %. Основываясь на анализе вышеописанного исследования и многих других, мы пытались оптимизировать автоматический алгоритм МР-морфометрии и подобрать наиболее оптимальные пороговые значения для получения высокой чувствительности и специфичности поиска зон ФКД. В литературе упомянуто несколько видов программ, с помощью которых проводится морфометрия. В исследовании Bo Jin et al. (2018) [2] на этапах сегментации и создания маски применялась программа FreeSurfer [3], обработка данных на которой занимает от 20 до 40 ч в зависимости от мощности персонального компьютера. В проведенном исследовании авторами разработан алгоритм с использованием комбинации программ ANTs и FSL длительностью от 1,5 до 2 ч для выполнения всех этапов морфометрии (от нормализации изображе-

ний до получения z-карт). Хорошо известно, что существуют определенные трудности применения МР-морфометрии. Исходные FSPGR изображения должны быть хорошего качества и без каких-либо артефактов. Последние являются основной причиной некорректной морфометрии. В нашей работе использован FSPGR с изотропным вокселем $1 \times 1 \times 1$ мм³, хотя при визуальной оценке МР-изображений нарушение границ перехода серого и белого вещества более отчетливо видно на T2-ВИ и T2-FLAIR. Так, Cuixia Feng et al. [4] применили МР-морфометрический анализ на основе T2-FLAIR в проведении морфометрии, однако малая выборка пациентов не позволяет сделать определенных выводов. Дальнейшее исследование оптимальных импульсных последовательностей для проведения МР-морфометрии может улучшить диагностическую значимость методики. При создании алгоритма морфометрии мы столкнулись с рядом трудностей. Первая заключалась в том, что на этапе построения маски мозга у пациентов особенно раннего возраста, до 10 лет, некорректно генерировалась маска мозга, так как кости черепа детей намного тоньше костей взрослого человека. В таких случаях мы создавали маску мозга вручную, которую впоследствии совмещали с маской черепа взрослого здорового добровольца. Вторая проблема заключалась в том, что у некоторых пациентов крупные артерии в головном мозге, которые выглядели на FSPGR как яркие области, вносили определенную погрешность в работу скрипта `antsCorticalThickness.sh`. Для удаления артерий использованы дополнительные изображения, полученные с использованием импульсной последовательности

SWAN [5], на которых артерии выглядят сильно ярче окружающих их тканей. Яркие области исключались, используя выбранное нами пороговое значение интенсивности сигнала. Также корректную работу `antsCorticalThickness.sh` нарушал аномально яркий МР-сигнал областей подкорковых структур, перивентрикулярных областей или оставшиеся на изображении фрагменты костей черепа. Их исключение делалось благодаря применению порогового значения интенсивности по FSPGR (рис. 1).

Выводы

МР-морфометрия является перспективной технологией дополнительной оценки зон ФКД.

Созданный нами автоматический алгоритм МР-морфометрии характеризуется приемлемым временем для реконструкции и продемонстрировал свою диагностическую информативность при использовании на группе десяти пациентов с ФКД.

Продолженные исследования позволяют определить клиническую значимость нового метода.

Список литературы / References

1. Ananth H., Popescu I., Critchley H. D., Good C. D., Frackowiak R. S., Dolan R. J. Cortical and subcortical gray matter abnormalities in schizophrenia determined through structural magnetic resonance imaging with optimized volumetric voxel-based morphometry. *Am. J. Psychiatry*. 2002. V. 159. P. 1497–1505.
2. Jin B., Krishnan B., Adler S., Wagstyl K., Hu W., Jones S., Najm I., Alexopoulos A., Zhang K., Zhang J., Ding M., Wang S. Automated detection of focal cortical dysplasia type II with surface-based magnetic resonance imaging postprocessing and machine

- learning. *Epilepsia*. 2018. V. 59. No. 5. P. 982–992.
3. *Fischl B.* FreeSurfer. *Neuroimage*. 2012. V. 62. No. 2. P. 774–81.
4. *Feng C., Zhao H., Li Y., Wen J.J.* Automatic localization and segmentation of focal cortical dysplasia in FLAIR-negative patients using a convolutional neural network. *Appl Clin Med Phys*. 2020. V. 21. No. 9. P. 215–226.
5. *Haacke E. M., Mittal S., Neelavalli Z. Wu.* Susceptibility-Weighted Imaging: Technical Aspects and Clinical Applications // *AJNR Am. J. Neuroradiol*. 2009. V. 30. № 1. P. 19–30.
6. *Jenkinson M., Beckmann C.F., Behrens T. E. J., Woolrich M. W., Smith S. M.* FSL. *NeuroImage*. 2012. V. 62. No. 2. P. 782–790.
7. *Matsuda H.* MRI morphometry in Alzheimer's disease. *Ageing Res Rev*. 2016. V. 30. P. 17–24.
8. *Tustison N.J., Holbrook A.J., Avants B. B., Roberts J. M., Cook P. A., Reagh Z. M., Duda J. T., Stone J. R., Gillen D. L., Yassa M. A.* The ANTs Longitudinal Cortical Thickness Pipeline View for the Alzheimer's Disease. *J. Alzheimers Dis*. 2019. V. 71. No. 1. P. 165–183.
9. *Hong S., Kim H., Schrader D., Bernasconi N., Bernhardt B. C., Bernasconi A.* Automated detection of cortical dysplasia type II in MRI-negative epilepsy. *Neurology*. 2014. V. 83. No. 1. P. 48–55.
10. *Chen X., Qian T., Marchal B., Zhang G., Yu T., Ren Zh., Ni D., Liu C., Fu Y., Chen N., Li K.* Quantitative volume-based morphometry in focal cortical dysplasia: A pilot study for lesion localization at the individual level. *European J. of Radiology*. 2018. V. 105. P. 240–245.

Сведения об авторах

Шевченко Александр Михайлович, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 12504, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (925) 488-83-60. Электронная почта: shevchenko@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4779-2370

Вклад автора: разработка концепции — формирование идеи, цели и ключевых задач.

Shevchenko Alexander Mikhailovich, postgraduate student of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (925) 488-83-60. E-mail: shevchenko@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4779-2370

Author contributions: concept development is the formation of an idea, a goal and key tasks.

Погосбекян Эдуард Леонидович, медицинский физик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 12504, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (985) 246-43-68. Электронная почта: epogosebkyan@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4803-6948

Вклад автора: разработка методологии — разработка и дизайн методологии.

Pogosebkyan Eduard Leonidovich, medical physicist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (925) 488-83-60. E-mail: epogosebkyan@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4803-6948

Author contributions: methodology development — methodology development and design.

Баталов Артем Игоревич, научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 12504, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (916) 066-20-50. Электронная почта: abatalov@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-8924-7346

Вклад автора: проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Batalov Artem Igorevich, researcher of physicist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (916) 066-20-50. E-mail: abatalov@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-8924-7346

Author contributions: research — analysis and interpretation of the data obtained.

Шульц Евгений Игоревич, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.

Тел.: +7 (916) 607-36-95. Электронная почта: eshults@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-5406-944X

Вклад автора: проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Shults Evgenij Igorevich, Ph. D. Med., Radiologist, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (916) 607-36-95. E-mail: eshults@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-5406-944X

Author contributions: research — analysis and interpretation of the data obtained.

Тюрина Анастасия Николаевна, младший научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (916) 634-25-22. Электронная почта: aturina@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-2333-7867

Вклад автора: проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Tyurina Anastasiya Nikolaevna, Junior Researcher of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (916) 634-25-22. E-mail: aturina@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-2333-7867

Author contributions: research — analysis and interpretation of the data obtained.

Фадеева Людмила Михайловна, ведущий инженер отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (917) 595-30-93. Электронная почта: lmf@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-3240-5585

Вклад автора: разработка методологии — разработка и дизайн методологии.

Fadeeva Liudmila Mikhailovna, Leading Engineer of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (917) 595-30-93. E-mail: lmf@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-3240-5585

Author contributions: methodology development — methodology development and design.

Шевченко Мария Владимировна, ординатор отделения функциональной диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 12504, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (968) 896-84-09. Электронная почта: maria_iii@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-6884-4520

Вклад автора: проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Shevchenko Maria Vladimirovna, resident of the Department of Functional Diagnostics, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (968) 896-84-09. E-mail: maria_iii@mail.ru

ORCID.org/0000-0002-6884-4520

Author contributions: research — analysis and interpretation of the data obtained.

Власов Павел Александрович, доктор второго нейрохирургического отделения ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (926) 586-47-23. Электронная почта: pvlasov@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-2381-8609

Вклад автора: проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Vlasov Pavel Alexandrovich, Doctor of the Second Neurosurgical Department, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (926) 586-47-23. E-mail: pvlasov@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-2381-8609

Author contributions: research — analysis and interpretation of the data obtained.

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-55. Электронная почта: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Zakharova Natalia Evgen'evna, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow, Neurosurgical Department, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-55. E-mail: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Author contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Меликян Арменак Григорьевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий вторым нейрохирургическим отделением ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (499) 972-85-55. Электронная почта: Melikian@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-0737-5983

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Melikyan Armenak Grigorievich, M. D. Med., Professor, Head of the Second Neurosurgical Department, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-55. E-mail: Melikian@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-0737-5983

Author contributions: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д.16.

Тел.: +7 (499) 972-85-55. Электронная почта: Pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Pronin Igor` Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (499) 972-85-55. E-mail: Pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Author contributions: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 26.11.2021 г.

Дата одобрения после рецензирования: 23.12.2021 г.

Дата принятия статьи к публикации: 23.12.2021 г.



ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзорная статья.

УДК 616-001.31

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-77-90>

Диффузионно-тензорная и диффузионно-куртозисная магнитно-резонансная томография в оценке диффузного аксонального повреждения (обзор литературы)

Р. М. Афандиев*, Н. Е. Захарова, Э. Л. Погосбекян, А. А. Потапов, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва

Реферат

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) является главной причиной инвалидизации и смертности людей трудоспособного возраста, а функциональные нарушения после травмы могут сохраняться в самые продуктивные годы жизни пострадавших. Одним из основных видов ЧМТ является диффузное аксональное повреждение (ДАП). Распространенность ДАП часто недооценивается при компьютерной томографии (КТ) и рутинной магнитно-резонансной томографии (МРТ). В таких случаях диффузионно-тензорная (ДТ МРТ) и диффузионно-куртозисная магнитно-резонансная томография (ДК МРТ) дают дополнительную информацию о целостности вещества головного мозга, которая не может быть оценена с помощью стандартной МРТ. В данном обзоре мы рассмотрели вклад методов ДТ МРТ и ДК МРТ в понимание патофизиологии и прогноза ДАП в помощь специалистам, заинтересованным в планировании новых исследований и участвующим в оказании помощи пациентам с ЧМТ.

Ключевые слова: диффузное аксональное повреждение, черепно-мозговая травма, магнитно-резонансная томография, диффузионно-тензорная магнитно-резонансная томография, диффузионно-куртозисная магнитно-резонансная томография.

Финансирование исследования и конфликт интересов

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

* Афандиев Рамин Малик оглы, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (919) 999-88-21. Электронная почта: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Afandiev Ramin Malik ogly, Postgraduate of Department of X-ray and radioisotope diagnostic methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, 16, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

© Р. М. Афандиев*, Н. Е. Захарова, Э. Л. Погосбекян, А. А. Потапов, И. Н. Пронин.

сов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Review article.

Diffusion-tensor and Diffusion-kurtosis Magnetic Resonance Imaging in the Assessment of Diffuse Axonal Injury (Literature Review)

R. M. Afandiev*, N. E. Zakharova, E. L. Pogosbekyan, A. A. Potapov, I. N. Pronin

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow

Abstract

Traumatic brain injury (TBI) is the main cause of disability and mortality among young people, and neurological dysfunctions can persist many years after injury. One of the main type of TBI is diffuse axonal injury (DAI). The prevalence of diffuse axonal injury is often underestimated in computed tomography (CT) and routine magnetic resonance imaging (MRI). In such cases, diffusion-tensor MRI (DT MRI) and diffusion-kurtosis MRI (DK MRI) provide additional information about the integrity of the brain tissue, which cannot be obtained using standard MRI. In this review, we examined the contribution of DT MRI and DK MRI methods to understanding the pathophysiology and prognosis of DAI to help experts interested in planning new studies and participating in the care of patients with TBI.

Key words: Diffuse Axonal Injury; Traumatic Brain Injury; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-Tensor Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-Kurtosis Magnetic Resonance Imaging.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Черепно-мозговая травма (ЧМТ) является одной из основных социально значимых проблем здравоохранения из-за ее большой распространенности. Травматические повреждения головного мозга мо-

гут привести к снижению качества жизни, инвалидизации и летальным исходам. В связи с этим диагностика, а также оказание своевременной и адекватной медицинской помощи пострадавшим

имеют важное значение для минимизации серьезных социальных и экономических последствий ЧМТ [10].

У пациентов с ДАП часто выявляется несоответствие между клиническим статусом (чаще при средней тяжести и тяжелой травме) и результатами первичных данных КТ с отсутствием или минимальными патологическими изменениями на изображениях. Более того, некоторые пациенты полностью функционально восстанавливаются, а другие остаются тяжелыми инвалидами. Таким образом, очень важно понимать патофизиологию ДАП и способствовать разработке современных неинвазивных методов нейровизуализации для более точного определения распространенности повреждений головного мозга.

ДАП является одним из самых тяжелых видов ЧМТ, для которого характерны растяжение аксонов, их отек, разрывы, формирование ретракционных аксональных шаров с последующим развитием валлеровской дегенерации [6]. После прямого повреждения аксонов определяются микроскопические множественные изменения, включающие гибель клеток, синаптическую дисфункцию, активацию глиальных клеток и патологическое отложение белков (бета-амилоида и тау-белков). Механизм повреждения основан на инерции мозга: при быстром и сильном ускорении, замедлении и ротации мозговые структуры с разной плотностью (серое и белое вещество) испытывают разной степени силы сдвиг и напряжение, растягивающие и повреждающие аксоны [10]. Чаще поражаются мозолистое тело, свод, ствол головного мозга, подкорковое белое вещество и субкортикальные отделы белого вещества. В ре-

зультате повреждения у пострадавших уровень сознания моментально может снижаться до комы (шкала комы Глазго (ШКГ) ≤ 8), в таких случаях повышается вероятность поражения ствола мозга, и прогноз исхода для этого пациента ухудшается.

Цель: рассмотреть вклад методов ДТ МРТ и ДК МРТ в понимание патофизиологии и прогноза ДАП в помощь специалистам, заинтересованным в планировании новых исследований и участвующим в оказании помощи пациентам с ЧМТ.

Нейровизуализационные исследования пациентов с ЧМТ основаны на данных компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Методом выбора для первичного обследования является КТ — быстрый и точный метод для выявления жизнеугрожающих повреждений и состояний, требующих незамедлительного нейрохирургического вмешательства.

Часто определяется несоответствие между результатами КТ и клинической картиной у пациентов с ДАП. По некоторым данным, петехиальные кровоизлияния в области мозолистого тела и субкортикальной локализации обнаруживаются только у 10 % всех пациентов с ДАП [16].

МРТ, несмотря на то что она менее доступна и требует более длительного времени сканирования, чем КТ, является более точным методом для оценки изменений вещества головного мозга при травматических повреждениях, поскольку лучше идентифицирует анатомические особенности и имеет более высокое пространственное разрешение (рис. 1).

Современные методы нейровизуализации, такие как диффузионно-тензорная (ДТ МРТ), в которой исполь-

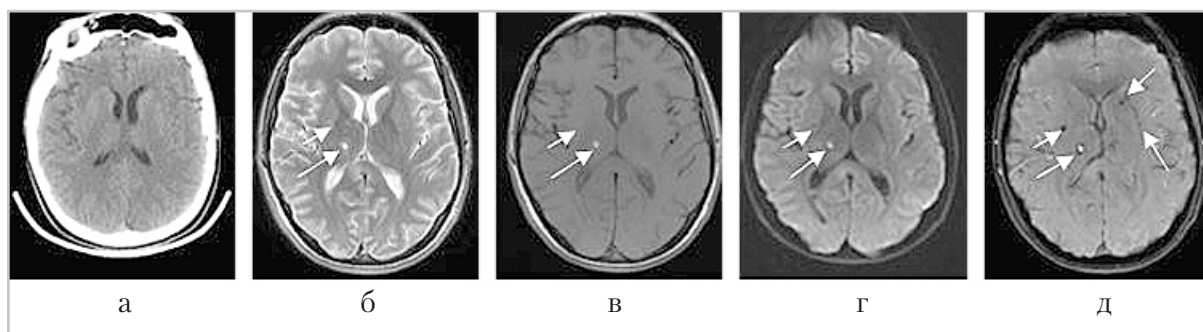


Рис. 1. Компьютерная томограмма (а) и магнитно-резонансные томограммы (б – д) головного мозга пациента с ДАП через 11 дней после травмы в дорожно-транспортном происшествии: а – КТ, б – режим Т2-ВИ, в – Т1, г – ДВИ, д – SWAN. На аксиальной КТ (а) очаговых изменений головного мозга не определяется. На сериях аксиальных МР-томограмм (б – д) выявляется многоочаговое травматическое поражение головного мозга (ДАП) (белые стрелки)

зуется гауссовская модель диффузии воды, и диффузионно-куртозисная магнитно-резонансная томография (ДК МРТ) на основе негауссовской модели, более чувствительны в оценке изменений в областях мозга, которые кажутся неповрежденными на рутинных последовательностях МРТ, особенно у пациентов с ДАП [16].

ДТ МРТ позволяет получить информацию, касающуюся амплитуды и направленности (анизотропии) диффузии воды в тканях. По данным исследований [2, 19] было выявлено, что параметры фракционной анизотропии (ФА) в мозолистом теле и по ходу кортикоспинальных трактов при тяжелом ДАП коррелируют с исходами. В связи с этим ДТ МРТ зарекомендовала себя как надежный метод исследования микроструктуры белого вещества мозга. Также ДТ МРТ используется при реконструкции волокон белого вещества мозга, что позволяет визуализировать степень повреждения основных, функционально значимых, трактов в остром периоде травмы и последующую их дегенерацию [19].

Для получения количественной характеристики диффузии вдоль различных направлений была предложена тензорная модель. Измеряя МР-сигнал в каждом вокселе, по крайней мере, в 6 различных направлениях диффузионного градиента МРТ, можно определить диффузию воды вдоль любого направления для данного вокселя.

Коэффициент ФА характеризует степень выраженности одного основного направления диффузии. Коэффициент средней диффузии (СД) показывает среднее значение диффузии по всем направлениям в выбранном вокселе [5]. Другими количественными параметрами ДТ МРТ являются радиальный (РД) и аксиальный коэффициенты диффузии (АД). АД — это диффузия вдоль главного направления тензора, а РД равна диффузии усредненной по двум другим направлениям тензора.

Некоторые параметры сканирования МР-изображений влияют на точность вычисления диффузионных коэффициентов. Для большинства исследований мозга значение фактора диффузии $b = 1000 \text{ с/мм}^2$ является на-

и более адекватным и приводит к эффективному компромиссу между чувствительностью и соотношением сигнал/шум. В идеале изображения должны быть получены с высоким изотропным пространственным разрешением (1–2 мм³) и как можно большим количеством направлений градиента (оптимальное — не менее 32). Однако существует компромисс между оптимальными параметрами полученных данных и временем сканирования.

Существует несколько методов получения параметров при ДТ МРТ: с использованием зон интереса, воксельного анализа и трактографии.

При анализе области интереса (ROI) параметры диффузии получают из заданной области мозга или вокруг определенной анатомической структуры. После определения ROI получают средние значения параметров диффузии воды (измеряемый коэффициент диффузии (ИКД), АД, РД, ФА). Одним из преимуществ этого метода является то, что можно оценивать даже небольшие области мозга. Анализ области интереса выявляет даже незначительные изменения и, таким образом, является одним из самых разумных и простых, доступных аналитических методов [9].

Mac Donald et al. (2007) [15] продемонстрировали, что ДТ МРТ может обнаруживать повреждение белого вещества головного мозга у мыши при ДАП и определять приблизительное время травмы. Эти авторы получили параметры диффузии с помощью анализа ROI в мозолистом теле и наружной капсуле и сравнили результаты с данными гистологической и электронной микроскопии. Показатели анизотропии были ниже в группе животных с травматическим повреждением головного моз-

га. Во время ранней острой фазы (менее одного дня) АД была снижена, а повреждение аксонов было подтверждено морфологически. Во время подострой фазы (от одной недели до одного месяца после травмы) уменьшение анизотропии сопровождалось увеличением АД, РД и СД, что отражало преобладание демиелинизации и отека при морфологической оценке. Авторы предположили, что, если подобная механика присутствует при ЧМТ человека, эти изменения ДТ МРТ могут быть использованы для клинических исследований [15].

В другом исследовании Edlow et al. (2016) [8] было проанализировано 11 пострадавших с ЧМТ в острой (менее семи дней) и подострой (от восьми дней до выписки) стадиях и сопоставлены результаты ДТ МРТ со шкалой инвалидности (disability rating scale). 11 областей интереса были выбраны на основе предыдущих исследований, которые продемонстрировали связь между ФА и функциональными или когнитивными исходами при ЧМТ. Во время острой фазы значения ФА были ниже, чем в подострой стадии, по мнению авторов, из-за отека мозга. Следовательно, показатели в подостром периоде с большей вероятностью отражают структурную целостность аксонов. Таким образом, эти авторы предположили, что оптимальное время сбора данных ДТ МРТ для прогноза ЧМТ может быть во время подострой стадии травмы [8].

Воксельный анализ — метод, который подходит для глобального анализа паренхимы мозга и особенно полезен для сравнений больших групп пациентов без значительных искажений анатомии мозга, поэтому чаще используется у пациентов с легкой ЧМТ. Воксельный анализ стал популярным, потому что его

автоматическая постобработка требует минимального вмешательства и меньшей зависимости от опыта исследователя [9].

Исследование Xu J. et al. (2007) [18] показало обширные изменения в основных трактах белого вещества внутри и между полушариями у пациентов с ДАП. Авторы выполнили как анализ ROI, так и воксельный анализ у девяти пациентов с последствиями ЧМТ (через четыре года после травмы) и у 11 здоровых добровольцев. Результаты показали значительно более низкие значения ФА в мозолистом теле, внутренней и наружной капсулах, верхних и нижних продольных пучках и в своде в группе пациентов с последствиями ЧМТ [18].

Lipton et al. (2008) [14] ретроспективно проанализировали 17 пациентов с легкой ЧМТ и когнитивными нарушениями, которым сделали МРТ-исследования в период от восьми месяцев до трех лет после травмы, и сравнили этих пациентов с контрольной группой из 10 человек. На основе воксельного анализа было показано несколько областей с более низкими значениями ФА и высокой СД в белом веществе с обеих сторон, особенно в мозолистом теле, подкорковом белом веществе и внутренних капсулах [14].

В работе Chu Z. et al. (2010) [7] применялся анализ на основе вокселей и анализ ROI у 10 пациентов-подростков с легкой ЧМТ, которых исследовали в течение одной недели после травмы и сравнивали с контрольной группой. Результаты показали увеличение ФА и снижение РД во многих областях мозга, что может быть связано с аксональным цитотоксическим отеком и отражать острое повреждение [7].

Трехмерное моделирование трактов белого вещества, известное как

трактография, все чаще используется в клинической практике при предоперационной оценке пациентов с опухолями. Визуализация функционально значимых трактов помогает при планировании операций для минимизации послеоперационных осложнений. Трактография позволяет визуализировать белое вещество, и эта информация может быть особенно полезной в анатомо-функциональных исследованиях, потому что различные пучки белого вещества отвечают за специфические когнитивные, языковые, поведенческие и моторные функции. Использование ДТ МРТ при ЧМТ позволяет определить количественные и качественные изменения волокон белого вещества мозга, что дает возможность глубже проникнуть в основы патогенеза травмы.

Алгоритмы трактографии можно условно разделить на две категории: детерминированные и вероятностные (рис. 2). FACT (fiber assignment by continuous tracking) — это детерминированный метод на основе ДТ МРТ, который давно интегрирован в нейрохирургическую практику и довольно активно используется в современных нейронавигационных системах. Алгоритм FACT получил распространение вследствие высокой информативности, простоты проведения и постобработки. С помощью этой модели в каждом вокселе возможно оценить только одно направление волокна [1]. Однако ранее было доказано, что до 90 % вокселей белого вещества в головном мозге содержат пересекающиеся волокна [13].

Существуют некоторые важные недостатки, которые необходимо учитывать при анализе детерминированной трактографии. Этот метод оценивает анатомию проводящих путей мозга на

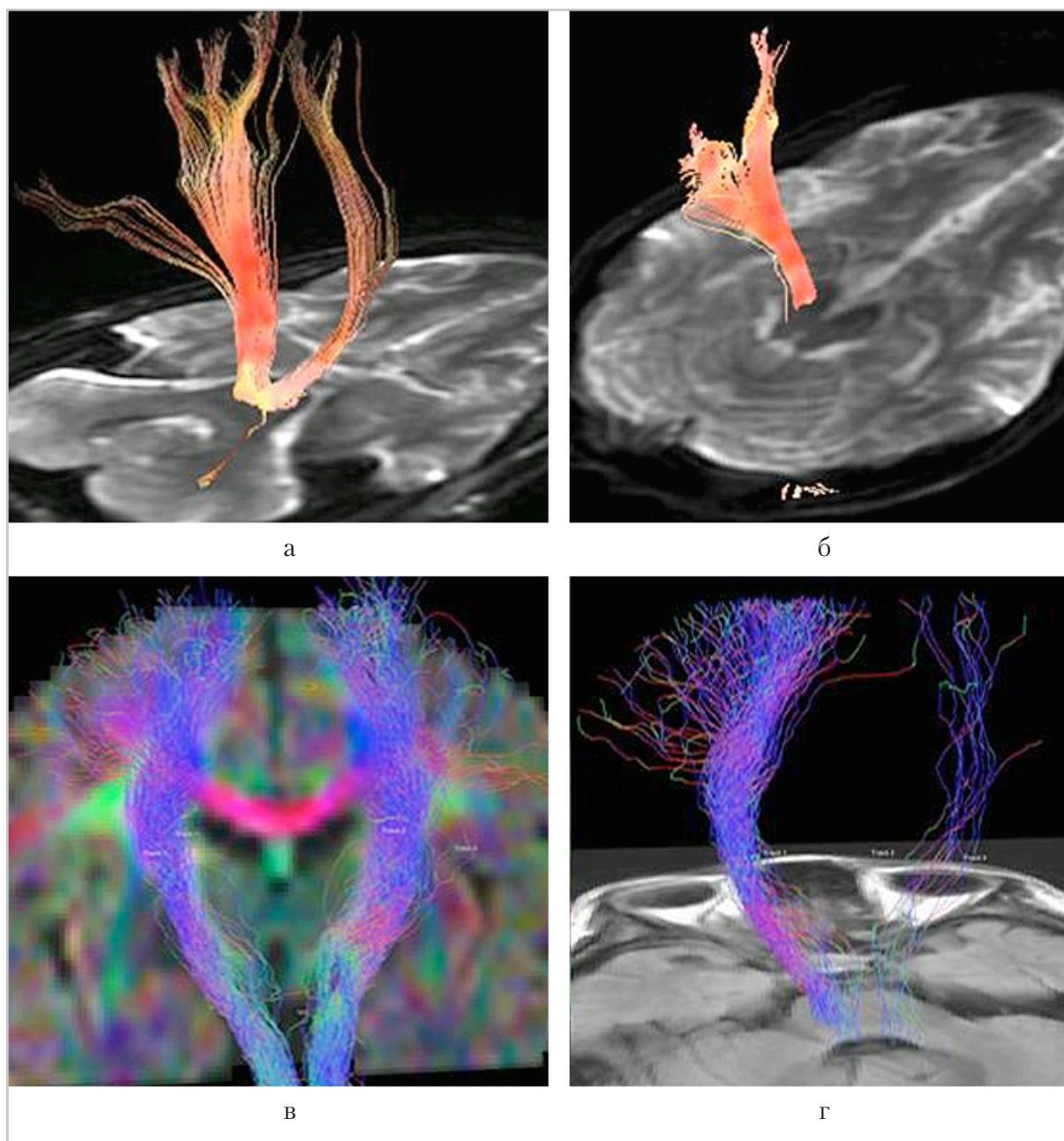


Рис. 2. FACT (а, б) и HARDI-CSD-трактография (в, г). Трехмерная реконструкция кортикоспинальных трактов пациентки с ДАП через 11 дней после травмы (а, в) в дорожно-транспортном происшествии и в динамике через 2 мес, где определяется отсутствие волокон одного из кортикоспинальных трактов (б). HARDI-CSD-трактография визуализирует большее количество волокон в острый период травмы (в) и в динамике (г) в отличие от FACT (а, б)

макроуровне. Воксели имеют толщину 1 мм, тогда как диаметр аксона – микрон. При помощи данного метода невозмож-

но отличить афферентные пучки от эфферентных. Более того, предположение об однородных однонаправленных

тензорах нереально, потому что многие области мозга содержат более одного пучка пересекающихся волокон. Пересекающиеся и расходящиеся волокна приводят к неверным оценкам направления, и их реконструкция невозможна.

В исследование Захаровой Н. Е. и соавт. (2010) [3] были включены 14 пациентов с тяжелым ДАП (ШКТ ≤ 8 в остром периоде) на 3–17-е сутки после ЧМТ. Динамические ДТ МРТ этим пациентам были выполнены с 3-й до 33-й недели после травматического повреждения. Спустя 3 месяца после ЧМТ оценивались исходы у пациентов по шкале исходов Глазго. В результате исследования трактография показала нарастание асимметрии кортикоспинальных трактов и почти полное отсутствие визуализации восходящих волокон мозолистого тела через 3–20 недель после травмы у 5 пациентов с неблагоприятными исходами. Частичная потеря и истончение волокон мозолистого тела отмечались у 6 пациентов. У 2 пациентов с хорошим восстановлением и умеренной инвалидизацией при динамических исследованиях не отмечалось грубых изменений структуры мозолистого тела. Авторы исследования пришли к выводу, что показатели ФА достоверно отражают степень интегрированности проводящих волокон белого вещества мозга, а использование ДТ МРТ позволяет выявлять качественные и количественные изменения трактов белого вещества мозга и оценивать их клиническое и прогностическое значение при ДАП [2, 3].

Оценка негауссовской характеристики диффузии в головном мозге возможна при помощи более сложных методов исследования, например, ДК МРТ. Впервые использовать куртозис для описания

диффузионных свойств биологической ткани было предложено Jensen et al. в 2005 году [12]. Диффузионный куртозис получается путем разложения в ряд Тейлора спада диффузионного сигнала по гауссовой модели. Таким образом можно получить новые параметры, характеризующие структурные изменения в веществе мозга. Идея использовать куртозисное разложение вместо обычной гауссовой диффузионной модели возникла потому, что в ряде случаев классическая гауссова модель показывала свою несостоятельность. По мнению авторов, модель куртозиса, позволяющая описать негауссовую диффузию, оказалась перспективной в изучении белого вещества головного мозга.

ДК МРТ позволяет оценить изотропные структуры (не имеющие направления), включая кору и базальные ганглии, а также дает возможность реконструировать пересекающиеся волокна белого вещества, что является важным ограничением ДТ МРТ. Одним из алгоритмов реконструкции трактов является HARDI-CSD (high angular resolution diffusion imaging — constrained spherical deconvolution).

HARDI-CSD трактография — это вероятностный метод с использованием разложения по сферическим функциям с высоким угловым разрешением, который позволяет преодолеть недостатки FACT-алгоритма. HARDI-CSD позволяет визуализировать состояние проводящих путей головного мозга при различных патологических процессах, провести количественную оценку проводящих путей (определение плотности нервных волокон в тракте, площади поперечного сечения тракта). Данная модель является наиболее точной из существующих в настоящее время (рис. 2).

В ряде исследований с помощью ДК МРТ изучались патоморфологические изменения в головном мозге после ЧМТ [11, 20]. В исследовании Zhuo et al. (2012) [20] на крысах было показано, что средний куртозис позволяет определить изменения в микроструктуре белого и серого вещества мозга во время подострого периода ЧМТ, что было подтверждено гистологически [20]. В работе Grossman et al. (2013) [11], исследовавших пациентов с легкой ЧМТ, было выявлено статистически значимое снижение среднего куртозиса в таламусе в группе пациентов с нарушением когнитивных функций по сравнению с контрольной группой здоровых добровольцев. Считается, что средний куртозис в целом отображает гетерогенность микроструктуры мозга.

В исследовании Захаровой Н. Е. и соавт. (2019) [4] впервые были изучены параметры диффузионно-куртозисной МРТ у пациентов с тяжелым ДАП. 12 пациентам с тяжелым ДАП была выполнена ДК МРТ (11 в коме, 1 в сопоре) и 8 здоровым добровольцам (контрольная группа). Первые МРТ-исследования пациентам выполнены на 5–19-е сутки после травматического повреждения. Динамическое исследование было проведено 7 пациентам. Были получены параметры для серого (средний, аксиальный и радиальный куртозис, куртозисная анизотропия) и белого вещества (ФА, фракция аксональной воды, аксиальная и радиальная экстрааксональная диффузия и извитость экстрааксонального пространства). Области интереса были выделены в проекции семиовальных центров, колоне и валике мозолистого тела, переднем и заднем бедре внутренней капсулы, скорлупе, таламусе, на уровне среднего мозга и моста. Результаты

исследования показали, что имеются обширные изменения как белого, так и серого вещества мозга в остром периоде ЧМТ. По мнению авторов, ДК МРТ дает новую информацию о патологических процессах при ДАП, что углубляет понимание патофизиологии травмы мозга. Новые параметры смогут стать биомаркерами повреждения мозга, а также возможными предикторами исходов [4].

В недавнем исследовании Stenberg et al. (2021) [17] оценивалась связь между показателями ДТ МРТ, ДК МРТ и стойкими посттравматическими симптомами (соматические, эмоциональные, когнитивные расстройства и нарушение сна) через 3 месяца после легкой ЧМТ. Пациентам была выполнена МРТ в течение 72 часов после травмы. Пациенты со стойкими посттравматическими симптомами имели более низкую ФА при ДТ МРТ (в 2,7 % всех вокселей) и ДК МРТ (в 6,9 % всех вокселей), а также более высокий радиальный коэффициент диффузии (в 0,3 % всех вокселей), чем пациенты без стойких посттравматических симптомов. Пациенты, у которых позже развились стойкие посттравматические расстройства, имели худшую микроструктурную целостность белого вещества в острой фазе, чем здоровые добровольцы из контрольной группы и пациенты без стойких посттравматических симптомов. Таким образом, авторы предполагают, что определенные характеристики белого вещества мозга могут служить биомаркерами неблагоприятного исхода после легкой ЧМТ.

В свою очередь, у ДК МРТ есть несколько ограничений. Во-первых, относительно долгое время получения изображения по сравнению со временем получения изображения для ДТ МРТ: для оценки тензора диффузии и кур-

тозиса необходимо получить минимум два ненулевых значения b и не менее 15 направлений диффузии. Длительное время получения изображения увеличивает восприимчивость к движению пациента. Еще одно ограничение ДК МРТ состоит в том, что модель более сложная (21 независимый параметр), чем ДТ МРТ (6 независимых параметров). Когда используется короткий протокол исследования, параметры ДК МРТ могут быть переменными и имеется вариабельность по областям мозга, поэтому следует уделять внимание правильному дизайну исследования. Более того, точное значение параметров среднего, аксиального, радиального куртозиса и других параметров все еще исследуется. Требуется дополнительные исследования для оценки взаимосвязи изменений параметров ДК МРТ с патологическими данными.

Выводы

Черепно-мозговая травма остается одной из основных проблем здравоохранения во всем мире. Включение в протокол исследования таких методов, как ДТ МРТ и ДК МРТ, позволяет получить дополнительную информацию о целостности вещества и распространенности поражения головного мозга, которая не всегда определяется на обзорной МРТ, особенно при диффузных аксональных повреждениях. Также есть перспективы этих методов в прогнозировании клинических исходов у пациентов с ЧМТ.

Список литературы

1. Баев А. А., Погосбекян Э. Л., Захарова Н. Е. и др. Магнитно-резонансная трактография на основе вероятностных алгоритмов разложения по сферическим функциям у пациентов с глиомами зрительных путей // Альманах клинической медицины. 2021. Т. 49. № 1. С. 11–20.
2. Захарова Н. Е., Потапов А. А., Корниенко В. Н. и др. Оценка состояния проводящих путей головного мозга при диффузных аксональных повреждениях с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии // «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 2010. Т. 2. С. 3–9.
3. Захарова Н. Е., Потапов А. А., Корниенко В. Н. и др. Динамическое исследование структуры мозолистого тела и кортикоспинальных трактов с помощью диффузионно-тензорной магнитно-резонансной томографии при диффузном аксональном повреждении // «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 2010. Т. 3. С. 3–9.
4. Захарова Н. Е., Потапов А. А., Пронин И. Н. и др. Изменения параметров диффузионно-куртозисной МРТ у пациентов с диффузным аксональным повреждением // «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 2019. Т. 3. С. 5–16.
5. Погосбекян Э. Л., Туркин А. М., Баев А. А. и др. Диффузионно-куртозисная МРТ в оценке микроструктуры вещества головного мозга. Результаты исследований здоровых добровольцев // Медицинская визуализация. 2018. № 4. С. 108–126.
6. Потапов А. А., Лихтерман Л. Б., Касумова С. Ю. и др. Диффузные аксональные повреждения головного мозга // «Вопросы нейрохирургии» имени Н. Н. Бурденко. 1990. Т. 2. С. 3–7.
7. Chu Z., Wilde E., Hunter J. et al. Voxel-based analysis of diffusion tensor imaging in mild traumatic brain injury in adolescents. AJNR Am. J. Neuroradiol. 2010. V. 31. № 2. P. 340–346.

8. Edlow B., Copen W., Izzy S. et al. Diffusion tensor imaging in acute-to-subacute traumatic brain injury: a longitudinal analysis. *BMC Neurol.* 2016. V. 16. № 2.
9. Garin-Muga A., Borro D. Review and challenges of brain analysis through DTI measurements. *Stud Health Technol Inform.* 2014. V. 207. P. 27–36.
10. Greve M., Zink B. Pathophysiology of traumatic brain injury. *Mt Sinai J Med.* 2009. V. 76. № 2. P. 97–104.
11. Grossman E. J., Jensen J. H., Babb J. S. et al. Cognitive impairment in mild traumatic brain injury: a longitudinal diffusional kurtosis and perfusion imaging study. *AJNR.* 2013. V. 34. № 5. P. 951–957.
12. Jensen J., Helpert J., Ramani A. et al. Diffusional kurtosis imaging: The quantification of non Gaussian water diffusion by means of magnetic resonance imaging. *Magnetic resonance in medicine.* 2005. V. 53. № 6. P. 1432–1440.
13. Jones D., Knösche T., Turner R. White matter integrity, fiber count, and other fallacies: the do's and don'ts of diffusion MRI. *Neuroimage.* 2013. V. 73. P. 239–254.
14. Lipton M., Gellella E., Lo C. et al. Multifocal white matter ultrastructural abnormalities in mild traumatic brain injury with cognitive disability: a voxel-wise analysis of diffusion tensor imaging. *J. Neurotrauma.* 2008. V. 25. № 11. P. 1335–1342.
15. Mac Donald C., Dikranian K. et al. Diffusion tensor imaging reliably detects experimental traumatic axonal injury and indicates approximate time of injury. *J. Neurosci.* 2007. V. 27. № 44. P. 11869–11876.
16. Meythaler J., Peduzzi J., Eleftheriou E. et al. Current concepts: diffuse axonal injury-associated traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001. V. 82. № 10. P. 1461–1471.
17. Stenberg J., Eikenes L., Moen K. et al. Acute Diffusion Tensor and Kurtosis Imaging and Outcome following Mild Traumatic Brain Injury. *J. Neurotrauma.* 2021. V. 38. № 18. P. 2560–2571.
18. Xu J., Rasmussen I., Lagopoulos J. et al. Diffuse axonal injury in severe traumatic brain injury visualized using high-resolution diffusion tensor imaging. *J. Neurotrauma.* 2007. V. 24. № 5. P. 753–765.
19. Zakharova N., Kornienko V., Potapov A., Pronin I. Neuroimaging of traumatic brain injury. Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer. 2014.
20. Zhuo J., Xu S., Proctor J. et al. Diffusion kurtosis as an in vivo imaging marker for reactive astrogliosis in traumatic brain injury. *Neuroimage.* 2012. V. 59. № 1. P. 467–477.

References

1. Baev A. A., Pogosbekyan E. L., Zakharova N. E. et al. Magnetic resonance tractography based on the constrained spherical deconvolution in patients with gliomas of the optic pathway. *Almanac of Clinical Medicine.* 2021. V. 49. No. 1. P. 11–20 (in Russian).
2. Zakharova N. E., Potapov A. A., Kornienko V. N. et al. Assessment of brain pathways in diffuse axonal injury using diffusion-tensor MRI. *Voprosy neurokhirurgii.* 2010. V. 2. P. 3–9 (in Russian).
3. Zakharova N. E., Potapov A. A., Kornienko V. N. et al. Dynamic assessment of corpus callosum and corticospinal tracts structure using diffusion-tensor MRI in diffuse axonal injury. *Voprosy neurokhirurgii.* 2010. V. 3. P. 3–9 (in Russian).
4. Zakharova N. E., Potapov A. A., Pronin I. N. et al. Diffusion kurtosis imaging in diffuse axonal injury. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N. N. Burdenko.* 2019. V. 3. P. 5–16 (in Russian).

5. *Pogosbekyan E. L., Turkin A. M., Baev A. A. et al.* Diffusion-kurtosis imaging in assesment of brain microstructure. Healthy volunteers measurments. Medical Visualization. 2018. V. 4. P. 108–126 (in Russian).
6. *Potapov A. A., Lichterman L. B., Kasumova S. Yu. et al.* Diffuse axonal injury of the brain. Voprosy neirokhirurgii. 1990. V. 2. P. 3–7 (in Russian).
7. *Chu Z., Wilde E., Hunter J. et al.* Voxel-based analysis of diffusion tensor imaging in mild traumatic brain injury in adolescents. AJNR Am. J. Neuroradiol. 2010. V. 31. No. 2. P. 340–346.
8. *Edlow B., Copen W., Izzy S. et al.* Diffusion tensor imaging in acute-to-subacute traumatic brain injury: a longitudinal analysis. BMC Neurol. 2016. V. 16. No. 2.
9. *Garin-Muga A., Borro D.* Review and challenges of brain analysis through DTI measurements. Stud. Health Technol. Inform. 2014. V. 207. P. 27–36.
10. *Greve M., Zink B.* Pathophysiology of traumatic brain injury. Mt Sinai J. Med. 2009. V. 76. No. 2. P. 97–104.
11. *Grossman E. J., Jensen J. H., Babb J. S. et al.* Cognitive impairment in mild traumatic brain injury: a longitudinal diffusional kurtosis and perfusion imaging study. AJNR. 2013. V. 34. No. 5. P. 951–957.
12. *Jensen J., Helpert J., Ramani A. et al.* Diffusional kurtosis imaging: The quantification of non Gaussian water diffusion by means of magnetic resonance imaging. Magnetic resonance in medicine. 2005. V. 53. No. 6. P. 1432–1440.
13. *Jones D., Knösche T., Turner R.* White matter integrity, fiber count, and other fallacies: the do's and don'ts of diffusion MRI. Neuroimage. 2013. V. 73. P. 239–254.
14. *Lipton M., Gellella E., Lo C. et al.* Multifocal white matter ultrastructural abnormalities in mild traumatic brain injury with cognitive disability: a voxel-wise analysis of diffusion tensor imaging. J. Neurotrauma. 2008. V. 25. No. 11. P. 1335–1342.
15. *Mac Donald C., Dikranian K. et al.* Diffusion tensor imaging reliably detects experimental traumatic axonal injury and indicates approximate time of injury. J. Neurosci. 2007. V. 27. No. 44. P. 11869–11876.
16. *Meythaler J., Peduzzi J., Eleftheriou E. et al.* Current concepts: diffuse axonal injury-associated traumatic brain injury. Arch. Phys. Med. Rehabil. 2001. V. 82. No. 10. P. 1461–1471.
17. *Stenberg J., Ekenes L., Moen K. et al.* Acute Diffusion Tensor and Kurtosis Imaging and Outcome following Mild Traumatic Brain Injury. J. Neurotrauma. 2021. V. 38. No. 18. P. 2560–2571.
18. *Xu J., Rasmussen I., Lagopoulos J. et al.* Diffuse axonal injury in severe traumatic brain injury visualized using high-resolution diffusion tensor imaging. J. Neurotrauma. 2007. V. 24. No. 5. P. 753–765.
19. *Zakharova N., Kornienko V., Potapov A., Pronin I.* Neuroimaging of traumatic brain injury. Cham Heidelberg New York Dordrecht London: Springer. 2014.
20. *Zhuo J., Xu S., Proctor J. et al.* Diffusion kurtosis as an in vivo imaging marker for reactive astrogliosis in traumatic brain injury. Neuroimage. 2012. V. 59. No. 1. P. 467–477.

Сведения об авторах

Афандиев Рамин Малик оглы, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (919) 999-88-21. Электронная почта: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Вклад автора: разработка концепции – формирование идеи, цели и написание текста.

Afandiev Ramin Malik ogly, Postgraduate of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Author's contribution: concept development – formation of an idea, goals and writing a text.

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Zakharova Natalia Evgen'evna, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Author's contribution: approval of the final version of the publication – taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Погосбекян Эдуард Леонидович, медицинский физик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: epogosebkyan@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4803-6948

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Pogosebkyan Eduard Leonidovich, Medical Physicist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: epogosebkyan@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4803-6948

Author's contribution: approval of the final version of the publication – taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Потапов Александр Александрович, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

ORCID.org/0000-0001-8343-3511

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации – принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Potapov Alexandr Alexandrovich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

ORCID.org/0000-0001-8343-3511

Author's contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Pronin Igor` Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Author's contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 26.11.2021 г.

Дата одобрения после рецензирования: 27.11.2021 г.

Дата принятия статьи к публикации: 28.11.2021 г.



КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение.

УДК 616.8-007

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-91-100>

Диагностика метамерной спинальной артериовенозной мальформации (клинический случай)

Е. В. Расулова*, И. Н. Пронин, Р. М. Афандиев, Н. Е. Захарова

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Москва

Реферат

В данной работе представлен редкий случай спинального артериовенозного метамерного синдрома (САВМС) с локализацией поражения в нижнегрудном отделе позвоночника с наличием двух близко расположенных артериовенозных мальформаций – интрамедуллярной и экстрадуральной (внутрипозвоноковой) локализации. Продемонстрированы возможности малоинвазивной контрастной динамической МР-ангиографии (TRICKS) в диагностике основных компонентов сосудистых мальформаций и в определении уровня их артериального кровоснабжения.

Ключевые слова: артериовенозная мальформация спинного мозга, артериовенозная мальформация позвоночника, спинальный артериовенозный метамерный синдром, магнитно-резонансная контрастная ангиография, TRICKS.

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. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

* **Расулова Евгения Владимировна**, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (901) 188-59-19. Электронная почта: erasulova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-1145-7439

Rasulova Evgeniya Vladimirovna, radiologist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery of the Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (901) 188-59-19. E-mail: erasulova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-1145-7439

© Е. В. Расулова, И. Н. Пронин, Р. М. Афандиев, Н. Е. Захарова.

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Short reports.

Diagnosis of Spinal Metameric Arteriovenous Malformation Syndrome (Case Report)

E. V. Rasulova*, I. N. Pronin, R. M. Afandiev, N. E. Zakharova

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow

Abstract

This paper presents a rare case of spinal arteriovenous metamerism syndrome (SAVMS) with lesions localized in the lower thoracic spine with the presence of two closely spaced arteriovenous malformations - intramedullary and extradural (intravertebral) localization. The possibilities of minimally invasive contrast dynamic MR-angiography (TRICKS) in the diagnosis of the main components of vascular malformations and in determining the level of their arterial blood supply have been demonstrated.

Key words: Spinal Cord Arteriovenous Malformation, Arteriovenous Malformation of the Spine, Spinal Arteriovenous Metameric Syndrome, Magnetic Resonance Contrast Angiography, TRICKS.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Спинальный артериовенозный метамерный синдром (CABMC, в английской транскрипции SAMS) представляет собой редкую сосудистую патологию и был выделен в самостоятельную категорию поражений относительно недавно по аналогии с краниофациальным артериовенозным метамерным синдромом, описывающим сосудистую патологию головного мозга и лица [2, 5].

CABMC представляет собой комплексную сосудистую патологию (как правило, это АВМ) ненаследственного генетического метамерного (сегментар-

ного) происхождения с вовлечением не только центральной нервной системы (в данном случае спинного мозга), но и других тканей, расположенных в пределах того же анатомического метамера. Считается, что синдром Кобба, впервые описанный в 1915 году у 8-летнего мальчика, классически включает в себя сосудистые поражения спинного мозга, костных структур и кожи, расположенных в пределах одного метамера [2, 3, 5], является лишь частью спинального артериовенозного метамерного синдрома. Есть предложение об объединении

в рамках синдрома всех типов метамерных сосудистых мальформаций, даже если отсутствует сосудистое поражение самого спинного мозга [3].

В данной работе мы представляем наблюдение 25-летнего пациента с недиагностированным ранее спинальным артериовенозным метамерным синдромом, у которого развился нижний парапарез. У этого пациента наблюдалась редкая ассоциация интрамедуллярной и внутрипозвонковой АВМ на уровне Th8 и Th9 позвонков.

Клиническое наблюдение

Пациент А., 25 лет, в течение последних 15 лет отмечает нарастающую слабость в ногах, которая усилилась в последнее время. В анамнезе не было указаний на какие-либо генетические аномалии или перенесенные заболевания, рос и развивался нормально, в соответствии с возрастом. Оперативных вмешательств, травм головного мозга и позвоночника в анамнезе не было. Данных за перенесен-

ные воспалительные поражения ЦНС и позвоночника также не отмечено.

При осмотре в неврологическом статусе движения в верхних конечностях сохранены, отмечается легкий нижний парапарез до 4 баллов. При этом нарушения чувствительности в нижних конечностях не выявлено. Сухожильные рефлексy с рук: S = D, живые; с ног: S > D, повышены. Симптом Бабинского положительный с обеих сторон. Лабораторные анализы (исследования крови и мочи) не продемонстрировали отклонений от нормальных показателей.

Пациенту последовательно выполнены КТ и МРТ грудного и поясничного отделов позвоночника. При КТ выявлена деструкция задних отделов тела Th10 позвонка (рис. 1, а — в). Задняя кортикальная пластинка указанного позвонка разрушена, отмечается частичное склерозирование краевой зоны костного дефекта внутри тела позвонка. Высота тела позвонка не снижена, структура его передних отделов напоминает рисунок

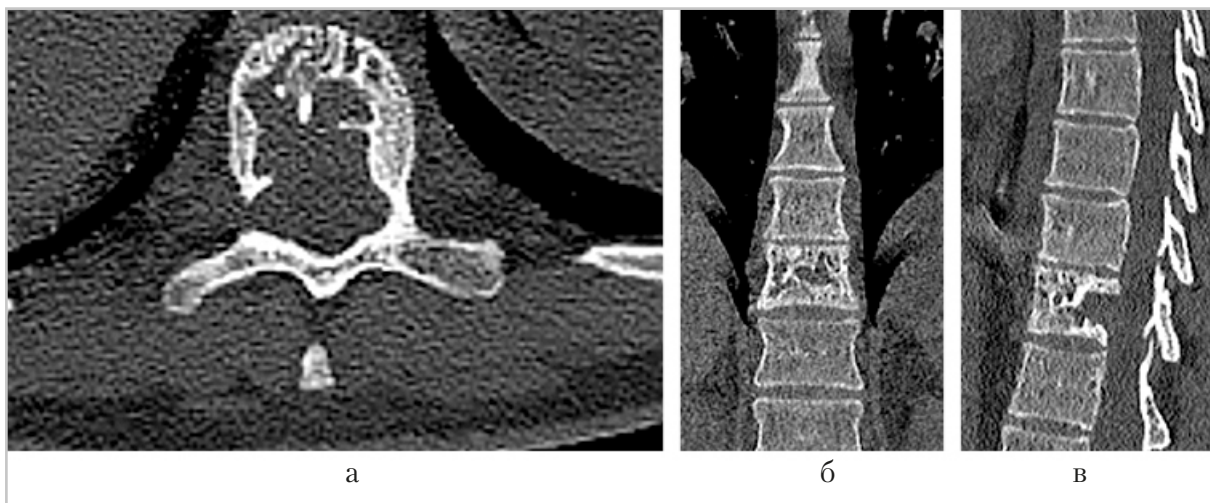


Рис. 1. Компьютерные томограммы грудного отдела позвоночника в аксиальной проекции (а), коронарная (б) и сагиттальная (в) реконструкции определяют выраженные изменения структуры тела Th10 с деструкцией 2/3 тела и задней кортикальной пластинки. Передние отделы тела Th10 позвонка демонстрируют ячеистое строение. Также визуализируется наличие склерозированных участков в краевой зоне костного дефекта

«в горошек» или «соль с перцем». Отсутствуют изменения дужек, поперечных и остистого отростка вовлеченного позвонка. Нет изменений в проекции соседних межпозвонковых дисков и смежных позвонках. В проекции позвоночного канала отсутствуют какие-либо значимые изменения плотности (данных за наличие кальцификатов нет).

Дополнительно выполненная МРТ спинного мозга и позвоночника (рис. 2, *а — д*, рис. 3, *а, б*, рис. 4, *а, б*) определила наличие интрамедуллярного очага патологического МР-сигнала гетерогенного характера, представляющего собой зону постгеморрагических изменений (сниженный МР-сигнал в режиме T2*-MERGE) и отека (гиперинтенсивный МР-сигнал в режиме T2) на уровне Th8 позвонка.

В переднем и заднем субарахноидальных пространствах спинного моз-

га визуализируется «серпантин» патологически извитых сосудов, которые лучше всего видны в режиме T1 после внутривенного введения МР-контрастного препарата. Патологические сосуды (вены) распространяются высоко в краниальном направлении вплоть до шейного отдела спинного мозга. Расширенные патологические сосуды визуализируются также и паравертебрально как справа, так и слева от позвоночного столба (темный МР-сигнал в режиме T2). После внутривенного контрастирования отмечается выраженное повышение МР-сигнала не только от сосудов в субарахноидальном пространстве спинного мозга, но также и в проекции тела Th10 позвонка. При этом на фоне участков повышения МР-сигнала в T1 прослеживаются зоны извитой формы, которые сохраняют гипоинтенсивный МР-сигнал, что предполагает наличие

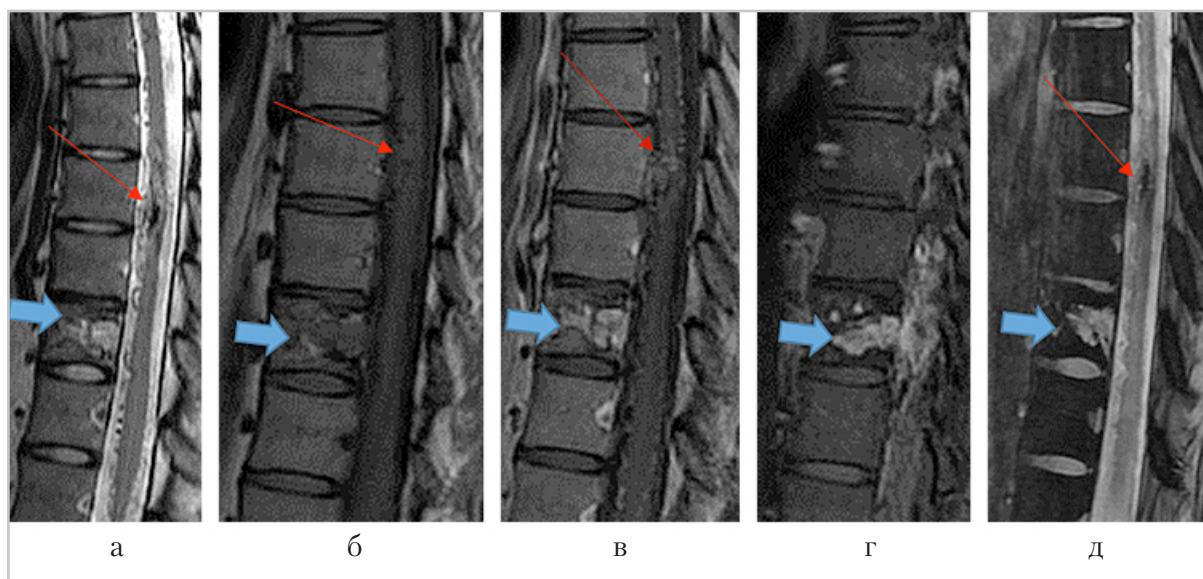


Рис. 2. МР-томограммы грудного отдела позвоночника пациента с САВМС в сагитальной проекции в режимах T2 (*а*), T1 (*б*), T1 + контрастное усиление (*в, г*), MERGE (*д*). Определяется патологическое изменение МР-сигнала в проекции тела Th10 (*а, б, в, г, д — толстые стрелки*) за счет интенсивно накапливающего контрастный препарат масс (*в, г*), распространяющихся в подвязочное эпидуральное пространство (*г*), и серпантин патологических сосудов в субарахноидальном пространстве (*а, б, в, д — тонкие стрелки*)

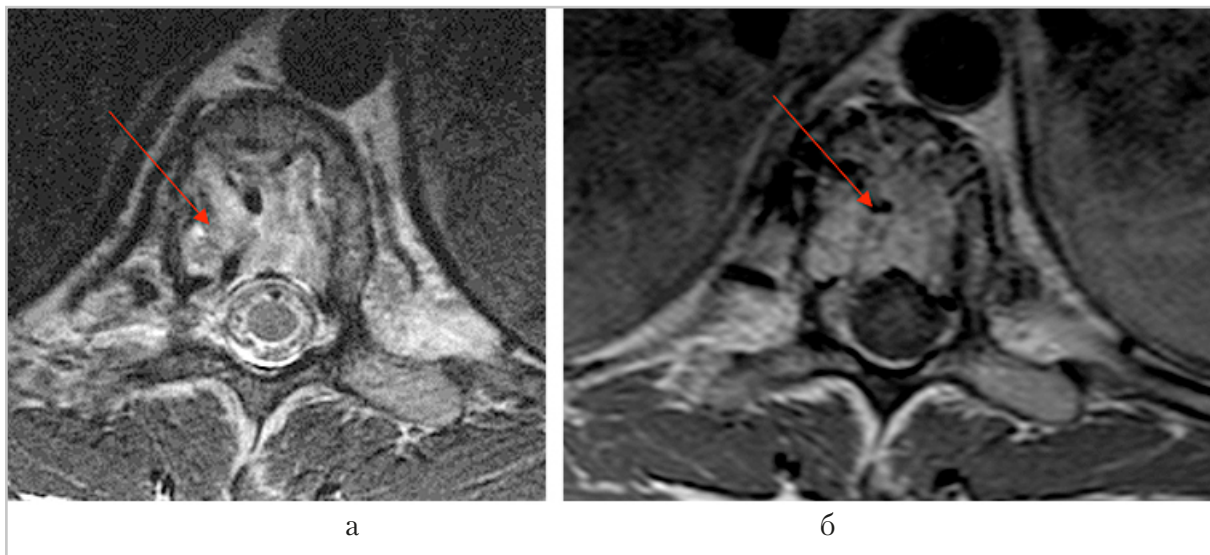


Рис. 3. МР-томограммы грудного отдела позвоночника пациента с САВМС в аксиальных проекциях: T2 (а), T1 + контрастное усиление (б). Определяется патологическое изменение МР-сигнала в проекции тела Th10 (а, б) за счет интенсивно накапливающих контрастный препарат масс (а, б — стрелки), распространяющихся в подсвязочное эпидуральное пространство

в теле пораженного позвонка расширенных артериальных сосудов. Пациенту была выполнена болюсная контрастная динамическая МР-ангиография (TRICKS) на уровне нижнегрудного отдела позвоночника (рис. 4, а, б).

2D- и 3D-постобработка динамической МР-ангиографии (TRICKS) выявила наличие 2 АВМ, одна из которых локализуется на уровне Th8 позвонка интрамедуллярно с кровоснабжением из радикулярной артерии, отходящей справа на уровне Th9 позвонка. Вторая АВМ имеет внутривerteбровое расположение в теле Th10 позвонка с кровоснабжением из радикулярных артерий на одноименном уровне с двух сторон (более выраженное справа). Отток из указанных АВМ осуществляется в многочисленные поверхностные вены спинного мозга как краниально, так и каудально (рис. 4, а, б).

На основании полученных диагностических данных с обнаружением двух АВМ, локализованных интрамедуллярно и экстрадурально, кровоснабжаемых из близко расположенных радикулярных артерий в проекции одного метамера, был поставлен диагноз спинального артериовенозного метамерного синдрома.

Обсуждение

Спинальный артериовенозный метамерный синдром представляет собой редкое врожденное сосудистое заболевание, характеризующееся сочетанием кожных и/или мышечных и/или костных сосудистых поражений, а также спинальных или параспинальных сосудистых мальформаций в зоне распространения одного и того же сомита (метамера) тела [2, 3, 5].

Во время эмбриогенеза пролиферация клеток происходит в центральной части нервной пластинки, и эти клетки,

мигрируя латерально между эмбриональной эктодермой и энтодермой, образуют мезодерму. После сегментации мезодермы каждый сегмент, или сомит, далее дифференцируется на склеротом, миотом и дерматом. Мутация

материнских эмбриональных клеток на этой ранней стадии эмбриогенеза может стать причиной формирования множественных пороков развития в части или во всех типах тканей одного и того же соматомерного расположения, включая

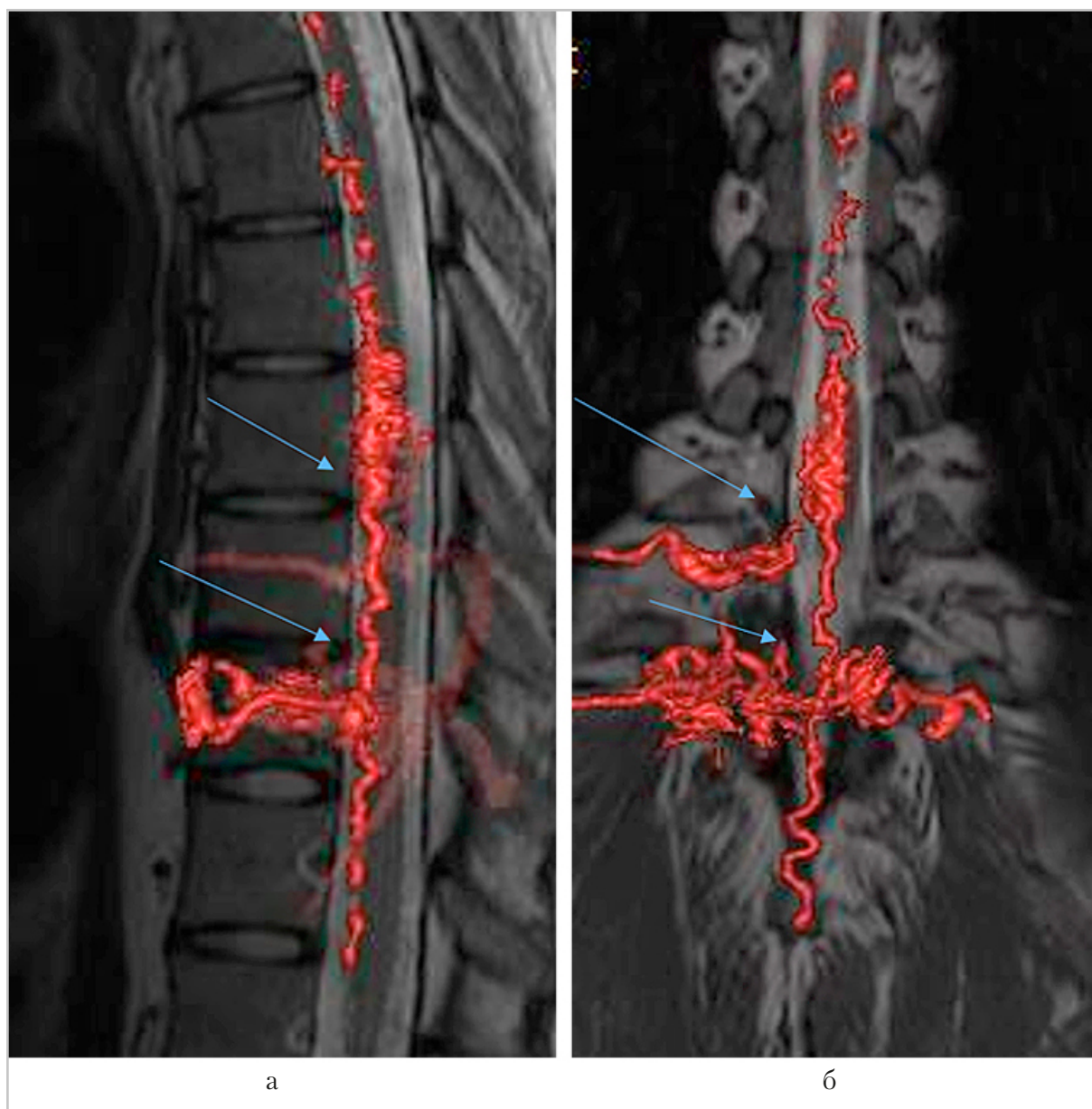


Рис. 4. МР-томограммы грудного отдела позвоночника пациента с САВМС в режиме динамической МР-ангиографии (а, б) грудного отдела в сагиттальной и коронарной проекциях с использованием 3D-реконструкций. В режиме TRICKS визуализируется серпантин патологических сосудов с артериальным кровоснабжением образования в позвонке Th10 и интрамедуллярной АВМ на уровне Th7–8–9 (а, б — стрелки)

центральную нервную систему (спинной мозг), позвоночник, мышцы, мягкие ткани и дерму [3].

Спинальный артериовенозный метамерный синдром классически включает множественные сосудистые поражения с вовлечением двух и более тканей, кровоснабжаемых из одной и той же метамерной радикулярной артерии [2, 3, 5]. Однако редко в поражение может вовлекаться несколько метамеров.

Глубоко расположенные сосудистые поражения, возникающие в одном и том же метамере тела, могут находиться внутри самого спинного мозга (интрамедуллярный компонент), а также вне спинного мозга (экстремедуллярный внутрипозвоночный компонент) и внутри позвонков или экстравертебрально, включая параспинальные мягкие ткани (мышцы и кожу) [2, 3, 5].

Хотя САВМС как болезнь присутствует с рождения, клинически она часто проявляется только в более зрелом возрасте. Пациенты обычно обращаются с внезапным появлением боли, слабости, параличей или парестезий в конечностях, которые могут быть локализованы ниже определенного дерматомы [2, 3, 5]. По данным литературных источников, болезнь чаще встречается у женщин, чем у мужчин в соотношении 2,5 : 1 [3].

Считается, что патогенез неврологических симптомов при спинальном артериовенозном метамерном синдроме обусловлен множеством факторов, среди которых развитие интрадурального кровоизлияния и тромбоз венозных компонентов АВМ являются самыми главными. Выделяют синдром «обкрадывания», приводящий к ишемии спинного мозга, а также синдром венозной гипертензии, который чаще всего

приводит к появлению отека спинного мозга и возможному повреждению гематоэнцефалического барьера [1, 2, 5].

Рентгенологические исследования — важные инструменты для диагностики спинального артериовенозного метамерного синдрома. КТ и КТ-ангиография позволяют визуализировать сопутствующие костные изменения и наличие патологически расширенных артериальных и венозных сосудов как внутри позвоночного канала, так и паравертебрально. Однако применение КТ-ангиографии ограничено из-за достаточно высокой лучевой нагрузки и плохой идентификации интравертебральных компонентов АВМ. МРТ хорошо демонстрирует изменения МР-сигнала от спинного мозга при его поражении, обусловленные как геморрагией, так и отеком, а также четко визуализирует наличие патологически расширенных сосудов в субарахноидальном пространстве спинного мозга при использовании режима FIESTA-C [3, 4]. Динамическая болюсная МР-ангиография является самым оптимальным неинвазивным методом визуализации сосудистой патологии спинного мозга и позвоночника, позволяя на основе анализа динамической серии достаточно точно определять источники кровоснабжения сосудистых мальформаций или фистул и оценивать направленность и скорость кровотока в них [5].

Вместе с тем предоперационная прямая селективная ангиография, оставаясь высокоинвазивной процедурой, продолжает считаться золотым стандартом в определении локализации и в тонкой дифференциальной диагностике сосудистого поражения спинного мозга. Она также помогает спланировать стратегию лечения и произвести одномо-

ментную эмболизацию патологических сосудов [1].

Поскольку спинальный артериовенозный метамерный синдром является редким заболеванием, до сих пор не сформировался четкий патогенетически обусловленный алгоритм лечения данной патологии. Варианты лечения включают хирургическую резекцию, эндоваскулярную эмболизацию, комбинированный подход или консервативное лечение (использование стероидов). При этом основной целью эндоваскулярного лечения является не тотальная окклюзия патологических сосудов, а лишь частичная эмболизация в попытке улучшить клиническую симптоматику или стабилизировать прогрессирование заболевания. Решение о тактике лечения зависит от динамики клинических симптомов и особенностей, выявленных при нейровизуализации. Хирургия обычно показана в случаях быстрого прогрессирования неврологических симптомов, а предоперационная эмболизация используется для уменьшения интраоперационного кровотечения из патологических сосудов АВМ [1].

Заключение

Спинальный артериовенозный метамерный синдром является крайне редкой сосудистой патологией спинного мозга и позвоночника, при этом его ранняя диагностика очень важна, т. к. она позволяет выбрать метод лечения и предотвратить прогрессирование неврологических симптомов, связанных с высоким риском кровоизлияний и венозной гипертензии, минимизируя возможные неврологические расстройства, такие как парезы, параличи и сенсорная недостаточность.

Методика динамической болюсной контрастной МР-ангиографии, являясь малоинвазивной, обладает целым рядом преимуществ при ее использовании на амбулаторном диагностическом этапе планирования лечения, позволяя не только визуализировать саму артериовенозную мальформацию, но и с высокой степенью точности идентифицировать уровень расположения питающей артерии. Это является крайне важным для последующего проведения суперселективной прямой ангиографии и сокращает время процедуры (и операции), дозу вводимого контрастного препарата и лучевую нагрузку на пациента и персонал.

Список литературы

1. Тиссен Т. П., Виноградов Е. В., Микеладзе К. Г., Яковлев С. Б. Эндоваскулярная хирургия дуральных артериовенозных фистул спинного мозга // «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко. 2018. Т. 82. № 4. С. 15–22.
2. Cobb S. Haemangioma of the spinal cord: Associated with skin naevi of the same metamere. *Ann Surg.* 1915. V. 62. P. 641–649.
3. Elkordy A., Endo T., Sato K., Sonoda Y., Takahashi A., Tominaga T. Exclusively epidural spinal metameric arteriovenous shunts: case report and literature review. *Spine J.* 2015. V. 15. P.15–22.
4. Pal P., Ray S., Chakraborty S., Dey S., Talukdar A. Cobb syndrome: a rare cause of paraplegia. *Ann Neurosci.* 2015. V. 22. P. 191–3.
5. Wan L., Ge W-R., Shi X-Y., Wang J., Hu L-Y., Zou L-P. et al. Cobb syndrome manifesting as repetitive seizures in a 10-year-old girl: a case report and literature review. *Front Neurol* 2019. V. 10. P. 1302.

References

1. Tissen T. P., Vinogradov E. V., Mikeladze K. G., Yakovlev S. B. Endovascular surgery of spinal dural arteriovenous fistulas. Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N. N. Burdenko. 2018. V. 82. No. 4. P. 15–22 (in Russian).
2. Cobb S. Haemangioma of the spinal cord: Associated with skin naevi of the same metamere. Ann Surg. 1915. V. 62. P. 641–649.
3. Elkordy A., Endo T., Sato K. et al. Exclusively epidural spinal metameric arteriovenous shunts: case report and literature review. Spine J. 2015. V. 15. P. 15–22.
4. Pal P., Ray S., Chakraborty S., Dey S., Talukdar A. Cobb syndrome: a rare cause of paraplegia. Ann Neurosci. 2015. V. 22. P. 191–3.
5. Wan L., Ge W-R., Shi X-Y. et al. Cobb syndrome manifesting as repetitive seizures in a 10-year-old girl: a case report and literature review. Front Neurol. 2019. V. 10. P. 1302.

Сведения об авторах

Расулова Евгения Владимировна, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (919) 999-88-21. Электронная почта: erasulova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-1145-7439

Вклад автора: разработка концепции — формирование идеи, цели и ключевых задач.

Rasulova Evgeniya Vladimirovna, radiologist of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: erasulova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-1145-7439

Author Contributions: concept development is the formation of an idea, a goal and key tasks.

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Pronin Igor` Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Author Contributions: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Афандиев Рамин Малик оглы, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (919) 999-88-21. Электронная почта: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Вклад автора: Проведение исследования — анализ и интерпретация полученных данных.

Afandiev Ramin Malik ogly, Postgraduate of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Author Contributions: research — analysis and interpretation of the data obtained.

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник, отделение рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Zakharova Natalia Evgen'evna, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Author Contributions: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 26.11.2021 г.

Дата одобрения после рецензирования: 01.12.2021 г.

Дата принятия статьи к публикации: 02.12.2021 г.



КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение.

УДК 616.8-007

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2022-1-101-108>

Глубинная венозная ангиома, вызвавшая развитие стеноза водопровода (клинический случай)

К. Д. Соложенцева*, К. В. Шевченко, Н. Е. Захарова,
Р. М. Афандиев, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко»
Минздрава России, Москва

Реферат

Венозная ангиома — часто встречающаяся аномалия развития венозных сосудов головного мозга. Обычно эта патология не сопровождается развитием симптоматики и обнаруживается случайно при МРТ-исследованиях, проводимых по другим поводам. В нашей статье мы приводим редкий клинический случай, когда венозная ангиома вызвала клиническую симптоматику за счет ее расположения, которое повлекло за собой развитие стеноза водопровода мозга.

Ключевые слова: венозная ангиома, стеноз водопровода мозга, гидроцефалия.

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. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

* Соложенцева Кристина Дмитриевна, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (915) 224-35-18. Электронная почта: solozhentseva4256043@gmail.com

ORCID.org/0000-0001-9984-9327

Solozhentseva Kristina Dmitrievna, Postgraduate of Department of X-ray and radioisotope diagnostic methods, Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (915) 224-35-18. E-mail: solozhentseva4256043@gmail.com

ORCID.org/0000-0001-9984-9327

© К. Д. Соложенцева*, К. В. Шевченко, Н. Е. Захарова, Р. М. Афандиев, И. Н. Пронин.

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Short reports.

Venous Angioma of the Deep Brain Structures which Caused Aqueductal Stenosis (Clinical Case and the Review of the Literature)

K. D. Solozhentseva*, K. V. Shevchenko, N. E. Zakharova,
R. M. Afandiev, I. N. Pronin

N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia, Moscow

Abstract

Venous angioma is a common developmental abnormality of the cerebral venous vessels. Usually, this pathology is not accompanied by any symptoms and is detected accidentally during MRI studies conducted for other reasons. In our article, we present a rare clinical case when venous angioma caused symptoms due to its location, which led to the development of the aqueductal stenosis.

Key words: Venous Angioma, Aqueduct Stenosis, Hydrocephalus.

Research funding and conflict of interest

The study was not funded by any sources. The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Актуальность

Гидроцефалия — распространенная нейрохирургическая патология, характеризующаяся расширением желудочковой системы головного мозга. В 1919 г. W. Dandy разделил гидроцефалию на не-сообщающуюся, или окклюзионную, и сообщающуюся на основании наличия или отсутствия препятствия току ликвора в пределах желудочковой системы мозга [5].

Стеноз водопровода является одной из самых частых причин развития окклюзионной гидроцефалии. Чаще всего к развитию стеноза водопровода приво-

дят опухолевые поражения, интракраниальные кровоизлияния, воспалительные процессы либо врожденные спайки в области водопровода [3].

Сосудистые мальформации относятся к наиболее редким причинам стеноза водопровода (менее 1 %) [5].

Цель: демонстрация редкого клинического случая развития стеноза водопровода вследствие наличия глубоко расположенной венозной ангиомы и роли магнитно-резонансной томографии в установлении причины нарушения ликвородинамики.

Клиническое наблюдение

Пациент, 19 лет, поступил в ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России с жалобами на приступы онемения в правой половине туловища и губ с последующим развитием сильной головной боли. Данная симптоматика отмечалась в течение одного месяца, затем пациенту было выполнено МРТ головного мозга, где было выявлено расширение желудочковой системы. Симптоматика была расценена как окклюзионные приступы. Других заболеваний в медицинском анамнезе пациента выявлено не было.

При поступлении в центр пациенту было проведено повторное МРТ-исследование с использованием цистернографии и фазоконтрастной технологии (рис. 1, а, б). В протокол исследования также был включен режим ASL-перфу-

зии для определения объемного мозгового кровотока (рис. 1, в).

На МР-томограммах визуализировалось расширение боковых (рис. 2, а, б) и третьего желудочка при отсутствии увеличения IV желудочка, что является характерным при наличии окклюзии на уровне водопровода мозга. В pineальной области выявлялся расширенный сосуд, который вызывал компрессию четверохолмной пластинки и сужение верхней трети водопровода (рис. 2, в).

Фазоконтрастная МРТ не визуализировала ток ликвора в просвете сдавленного водопровода мозга (рис. 1, б). После внутривенного введения контрастного препарата был выявлен характерный признак венозной ангиомы — «голова медузы» в виде множественных малых размеров венозных сосудов в проекции левого зрительного бугра, дре-

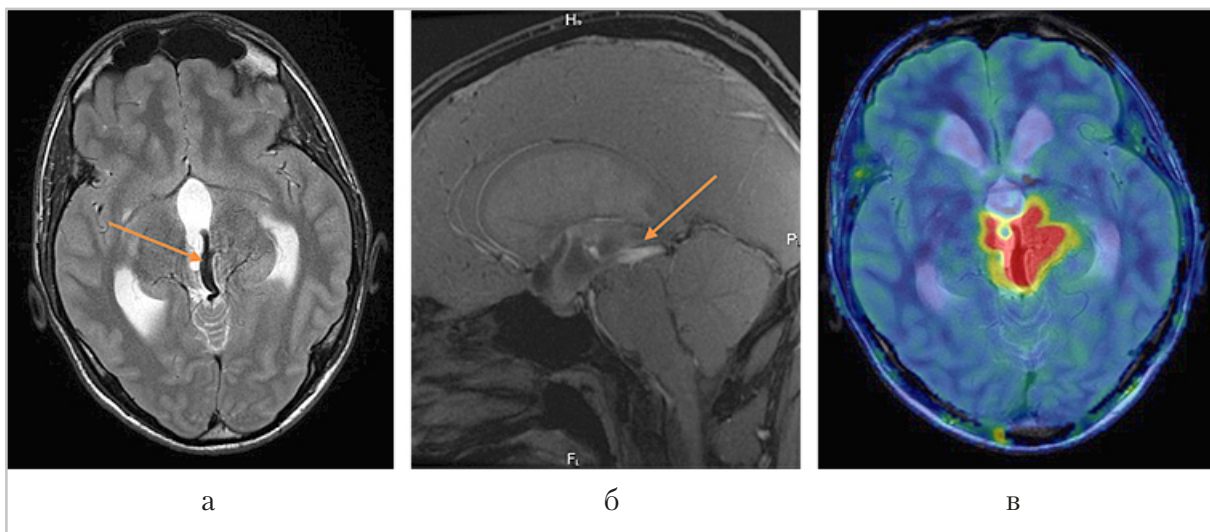


Рис. 1. МР-томограммы пациента с венозной ангиомой в области водопровода мозга в режимах T2 (High resolution) (а), фазоконтрастной МРТ (б) и совмещенные МРТ в режиме T2 и ASL-перфузии (в). Выявляется расширенный сосуд в области четверохолмной пластинки, вызывающий сужение водопровода мозга (стрелка). На фазоконтрастной МРТ тока ликвора в водопровode мозга не определяется (стрелка). В режиме ASL демонстрируется обширная область гиперперфузии, обусловленная разветвленной сетью венозной ангиомы в проекции правого зрительного бугра (в)

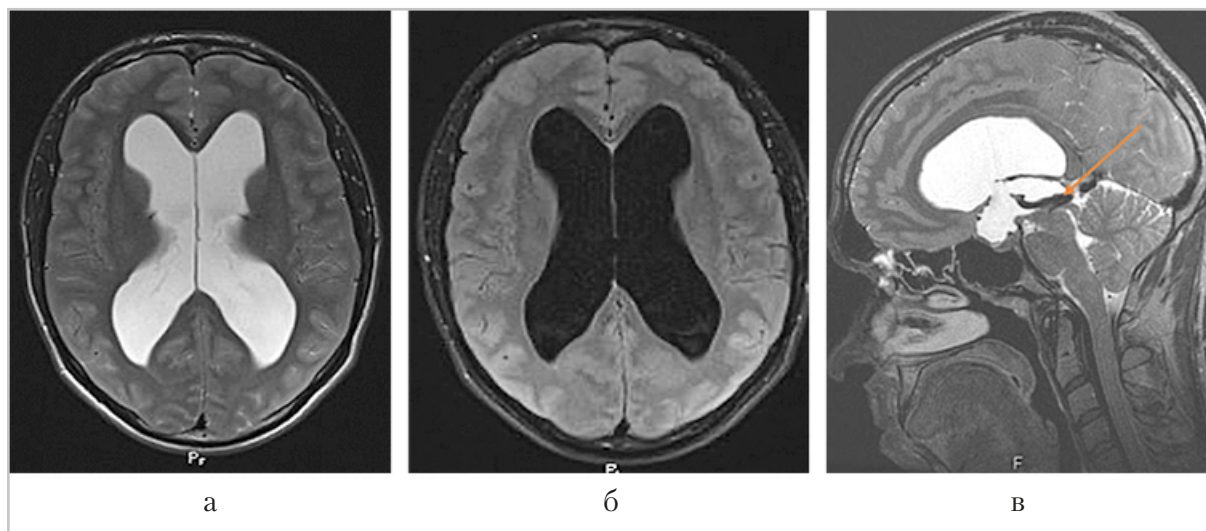


Рис. 2. МР-томограммы в режимах T2 (а) и T2-FLAIR (б), T2-CUBE в сагиттальной проекции (в) на уровне желудочковой системы. На представленных изображениях определяется расширение боковых желудочков, отсутствие перивентрикулярного отека. В режиме T2-CUBE в сагиттальной проекции определяется сужение водопровода в его верхней трети и отсутствие пульсации ликвора в водопроводе мозга (стрелка)

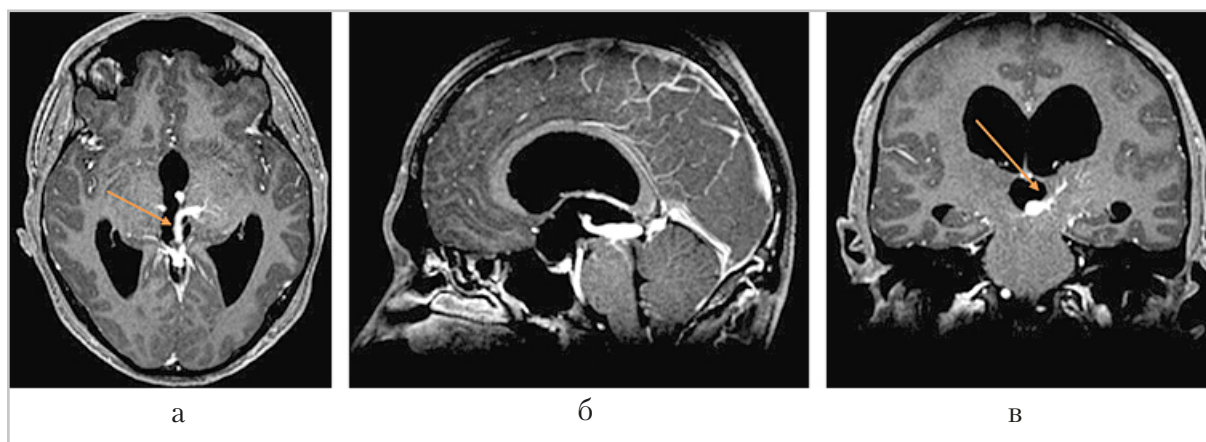


Рис. 3. Постконтрастные T1-взвешенные изображения в аксиальной (а), сагиттальной (б) и коронарной (в) проекциях. На представленных изображениях визуализируется характерный для венозной ангиомы МР-признак — «голова медузы» (стрелка)

нирующихся в расширенную вену, которая стала причиной сдавления просвета водопровода мозга (рис. 3, а — в). Отток из венозной ангиомы осуществлялся в вену Галена.

Таким образом, причиной развития гидроцефалии стала венозная ангиома подкорковых узлов слева, вызвавшая

сужение водопровода мозга и нарушение ликвородинамики.

Пациенту было выполнено оперативное вмешательство — эндоскопическая III-вентрикулоцистерностомия (рис. 4, а, б).

При послеоперационном МРТ-исследовании визуализировалась стома

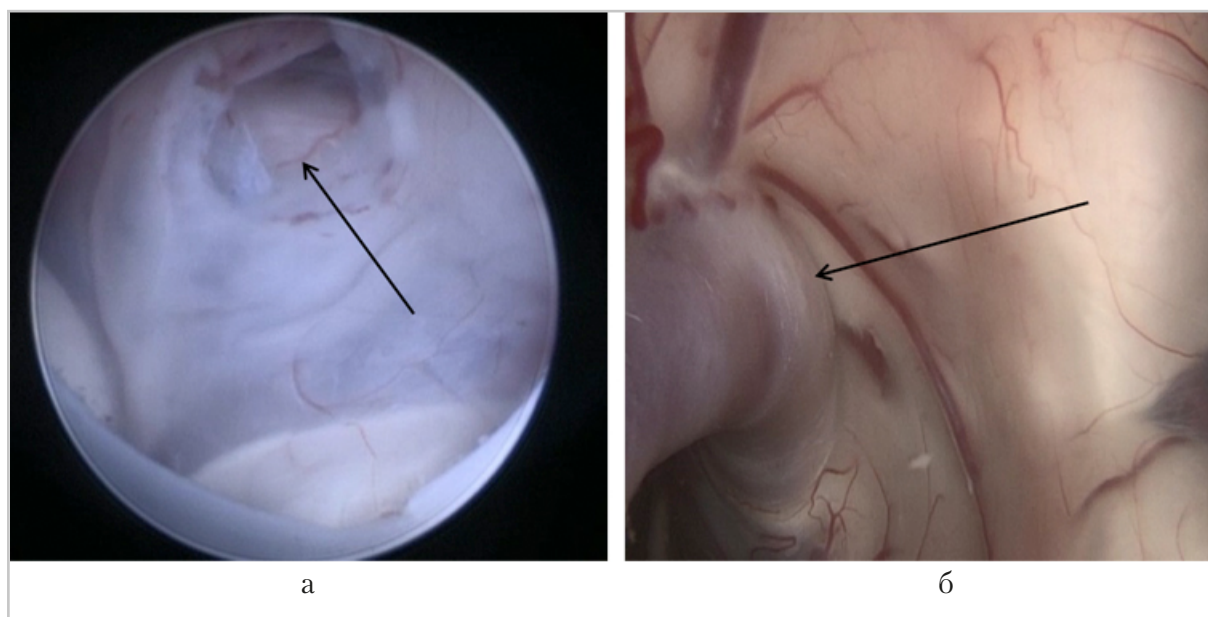


Рис. 4. Интраоперационные фото: *а* — отверстие стомы в дне III желудочка (стрелка), *б* — коллекторная вена венозной ангиомы с впадающими в нее сосудами (стрелка)

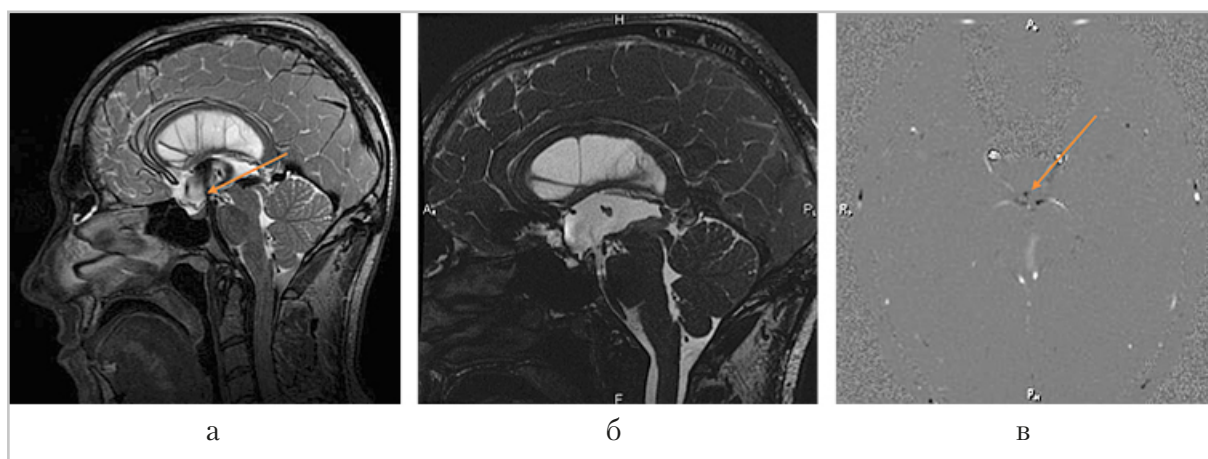


Рис. 5. МР-томограммы после эндоскопической тривентрикулостомии в режимах T2-CUBE (*а*), FIESTA (*б*), фазоконтрастной МРТ (*в*). Стрелкой указан ток ликвора через стому

в области дна III желудочка (рис. 5, *а* — *в*). Режим фазоконтрастной МРТ показал ток ликвора через стому (рис. 5, *в*). Размеры желудочковой системы на момент МРТ-исследования на вторые сутки после оперативного вмешательства существенно не изменились. Пациент был выписан в удовлетворительном со-

стоянии. После операции в течение двух месяцев отмечалось отсутствие окклюзионных приступов.

Обсуждение

Венозная ангиома представляет собой одну из самых частых сосудистых аномалий головного мозга. В подавляющем

большинстве случаев венозные ангиомы вообще не приводят к появлению неврологической симптоматики, однако в единичных случаях они могут сопровождаться развитием головных болей, вызывать эпилептические приступы и редко могут осложняться кровоизлияниями [7]. Развитие стеноза водопровода мозга благодаря венозной ангиоме — крайне редкое явление.

В головном мозге существуют две системы венозного оттока — поверхностная и глубокая венозные системы. Между ними существуют анастомозы в виде трансмедуллярных вен, направление тока крови через которые зависит от градиента давления между прилежащими венами. При нарушении эмбрионального развития глубоких или поверхностных вен происходит расширение трансмедуллярных вен, что может привести к развитию венозных ангиом. Венозная ангиома представляет собой врожденную аномалию развития венозной системы, которая выглядит как множественные малых размеров паренхиматозные вены, вливающиеся в более крупную коллекторную вену, впадающую в одну из нормальных венозных структур [8].

Важно подчеркнуть, что венозные ангиомы, даже вызывающие неврологические симптомы, не следует удалять, так как они обеспечивают отток венозной крови от прилежащей мозговой паренхимы [4]. В случае венозных ангиом, вызывающих стеноз водопровода мозга, чаще всего используется эндоскопическая III-вентрикулоцистерностомия, которая и была выполнена в описываемом нами клиническом случае. Характерным визуализационным признаком венозной ангиомы является формирование симптома, названного «голова медузы», когда малые вены дренируют-

ся в более крупную коллекторную вену. Полная семиотика венозной ангиомы хорошо определяется на постконтрастных МРТ и в режиме SWI/SWAN.

В мировой литературе нами были найдены 15 случаев окклюзии водопровода мозга венозной ангиомой. Основная группа пациентов — дети или молодые взрослые с головными болями (самый частый симптом, встречался в 63 % случаев), фотофобией, тошнотой, кратковременной потерей памяти. Средний возраст постановки диагноза — 28 лет, самому пожилому пациенту при установлении диагноза было 84 года, возраст самого молодого пациента составил 3 дня. Чуть более половины пациентов (56 %) подверглись процедуре эндоскопической III-вентрикулоцистерностомии, 25 % прошли через шунтирующую операцию и остальные были оставлены под динамическое наблюдение [3, 4, 6–8].

Вывод

Венозная ангиома крайне редко вызывает клиническую симптоматику и зачастую является случайной находкой. Нами был описан один из редчайших случаев, когда венозная ангиома, вызывая компрессию водопровода мозга, привела к развитию гидроцефалии. МРТ с использованием контрастного усиления, режима SWI/SWAN и РС (фазоконтрастной МРТ) является методом выбора в комплексной оценке как самой венозной ангиомы, так и ликворных путей.

Список литературы / References

1. Cavallo C., Farag G., Broggi. et al. Developmental venous anomaly as a rare cause of obstructive hydrocephalus. J. Neurosurg Sci. 2019. V. 63 No. 5. P. 600–606.

2. Higa N., Dwiutomo R., Oyoshi T. et al. A case of developing obstructive hydrocephalus following aqueductal stenosis caused by developmental venous anomalies. *Child's Nervous System*. 2020. V. 36. P. 1–7.
3. Isaacs A., Riva-Cambrin J., Yavin D. et al. Age-specific global epidemiology of hydrocephalus: Systematic review, meta-analysis and global birth surveillance. *PLoS One*. 2018. V. 13. P. 10: e0204926.
4. Kita D., Park C., Hayashi Y. Aqueductal developmental venous anomaly presenting with mimic symptoms of idiopathic normal pressure hydrocephalus in an elderly patient: a case report. *NMC Case Rep J*. 2019. V. 6. No. 3. P. 83–86.
5. Gökhan K., Ayfer A., Enes K. et al. Different Aspects on Clinical Presentation of Developmental Venous Anomalies: Are They as Benign as Known? A Single Center Experience. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2021.
6. Low S. Y., Seow W. T. Biventricular hydrocephalus secondary to aqueductal developmental venous anomaly. *J. of Clinical Neuroscience*. 2020. V. 76. P. 240–243.
7. Paulson D., Hwang S., Whitehead W. et al. Aqueductal developmental venous anomaly as an unusual cause of congenital hydrocephalus: a case report and review of the literature. *J. Med Case Rep*. 2012. V. 11. P. 6–7.
8. Rinaldo L., Lanzino G., Flemming K. et al. Symptomatic developmental venous anomalies. *Acta Neurochirurgica*. 2020. V. 162. P. 1115–1125.

Сведения об авторах

Соложенцева Кристина Дмитриевна, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (915) 224-35-18. Электронная почта: solozhentseva4256043@gmail.com

ORCID.org/0000-0001-9984-9327

Вклад автора: формирование концепции, написание текста статьи.

Solozhentseva Kristina Dmitrievna, Postgraduate of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (915) 224-35-18. E-mail: solozhentseva4256043@gmail.com

ORCID.org/0000-0001-9984-9327

Author contribution: conceptualization, writing the text draft.

Шевченко Кирилл Викторович, кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (985) 339-92-99. Электронная почта: kshevchenko@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-3732-6664

Вклад автора: сбор и анализ клинических данных, анализ литературы.

Shevchenko Kirill Victorovich, Ph. D. Med., neurosurgeon of Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Phone number: +7 (985) 339-92-99. E-mail: kshevchenko@nsi.ru

ORCID.org/0000-0003-3732-6664

Author contribution: collection and analysis of a clinical data, literature analysis.

Афандиев Рамин Малик оглы, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Тел.: +7 (919) 999-88-21. Электронная почта: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Вклад автора: анализ литературы, внесение правок в текст, оформление визуальной части статьи.

Afandiev Ramin Malik ogly, Postgraduate of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic methods, Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: rafandiev@nsi.ru

ORCID.org/0000-0001-6384-7960

Author contribution: literature analysis, editing the text, visualization.

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Вклад автора: внесение правок в текст, курация статьи, разработка дизайна исследования.

Zakharova Natalia Evgen'evna, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Research Fellow, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: nzakharova@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-0516-3613

Author contribution: editing the text, data curation, development of the study design.

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.

Электронная почта: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Вклад автора: внесение правок в текст, курация статьи, разработка дизайна исследования.

Pronin Igor' Nikolaevich, M. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, Federal State Autonomous Institution N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 16, ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.

E-mail: pronin@nsi.ru

ORCID.org/0000-0002-4480-0275

Author contribution: editing the text, data curation, development of the study design.

Дата поступления статьи в редакцию издания: 25.11.2021 г.

Дата одобрения после рецензирования: 08.12.2021 г.

Дата принятия статьи к публикации: 08.12.2021 г.

The banner features a light blue background with a central image of a snowy bridge and a construction site. It includes logos for FRAD, CNIILD, 85 years of the Surgut Clinical Hospital, UNIONRAD.RU, RADIOLOGIA - PRAKTIKA, GE, P-FARM, AMIKO, MTL, AGFA, BAYER, LANCET, and SIEMENS Healthineers. Text on the banner includes 'Информационная поддержка' and details about the conference date and location.

Информационная поддержка

ФРАД
Фонд развития
лучевой диагностики

ЦНИИЛД
Центральный научно-исследовательский
институт лучевой диагностики

85 лет
Сургутская клиническая больница

UNIONRAD.RU

РАДИОЛОГИЯ - ПРАКТИКА
журнал «Радиология. Практика»
для радио-лучевой диагностики, радиационной физики

GE

Р-ФАРМ
Инновационные
технологии
здоровья

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ -
ПРОСТЫЕ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ»**

Дата проведения:
26 ноября 2021 г.
Место проведения:
г. Сургут,
Сургутский государственный
университет,
ул. Ленина, д. 1
и платформа ZOOM

АМИКО
радиотехника

МТЛ

AGFA
Agfa

BAYER

LANCET

SIEMENS
Healthineers

**Отчет о проведении научно-практической конференции
«Актуальные проблемы лучевой диагностики –
простые решения сложных задач»
26 ноября 2021 г., г. Сургут, Россия**

**Report on the Scientific and Practical conferences
«Actual problems of radiation diagnostics –
simple solutions to complex problems»
November 26, 2021, Surgut, Russia**

Фонд развития лучевой диагностики, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Сургутский государственный университет», Бюджетное учреждение «Сургутская окружная клиническая больница» и Центральный научно-исследователь-

ский институт лучевой диагностики (ЦНИИЛД) 26 ноября 2021 года на базе Сургутского государственного университета провели научно-практическую конференцию «Актуальные проблемы лучевой диагностики — простые решения сложных задач» в гибридном формате — очно и на платформе zoom.

Мероприятие было организовано для обмена опытом специалистов лучевой диагностики. Наряду с сотрудниками ведущих кафедр авторские работы представили и практикующие врачи. Генеральными спонсорами мероприятия выступила компания GE Healthcare и АО «Р-Фарм», спонсорами конференции — АО «МТЛ», АО «ЛАНЦЕТ», ООО «АГФА», АО «БАЙЕР», НПАО «Амико» и компания Siemens. Информационную поддержку осуществлял журнал «Радиология – практика» и интернет-портал unionrad.ru.

В работе конференции приняли участие специалисты лучевой диагностики из разных городов России: Москвы, Омска, Тюмени, Новосибирска, Красноярска, Сургута. Общее число специалистов, посетивших площадку, составило около 270 человек: на платформе zoom — 220 человек, в зале присутствовали 50.

Открытие конференции началось с приветственных слов члена-корреспондента РАН, доктора медицинских наук, профессора, генерального директора ООО «ЦНИИЛД» А. Ю. Васильева,

доктора медицинских наук, профессора, заведующей кафедрой многопрофильной клинической подготовки СурГУ Н. В. Климовой и доктора медицинских наук, профессора, заведующего кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России Д. А. Лежнева.

Заседание открыл доклад Г. Н. Доровских, доктора медицинских наук, профессора кафедры лучевой диагностики ИПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого», посвященный алгоритмам лучевой диагностики, позволяющим сократить время обследования при политравме. Доклад был подготовлен при поддержке компании GE Healthcare.

С докладом «Будущее, ставшее настоящим: АЙР технология МРТ» выступил И. С. Крымский — медицинский советник компании GE Healthcare.

Далее с докладом «Томографическая диагностика ятрогений челюстно-лицевой области» выступил Д. А.



Рис. 1. Участники конференции

Лежнев, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, где были освещены возможности ведущих методов лучевой диагностики при ятрогенных повреждениях.

Затем слушателям представила свой доклад на тему «Рентгеноморфологические особенности опухолевых процессов у ВИЧ-инфицированных больных (клинические наблюдения)» (при поддержке компании АО «Р-Фарм») Н. В. Климова, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой многопрофильной клинической подготовки СурГУ. В лекции на клинических примерах была представлена лучевая семиотика лимфом у этих больных.

Далее с сообщением «Обзор разделов и общая характеристика IV издания классификации опухолей костей и хряща ВОЗ (2013) — взгляд рентгенолога» выступила Е. А. Егорова, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России. Аудитория с интересом узнала новые данные об эпидемиологии и клинико-лучевой семиотике опухолей скелета.

С лекцией «"Первый АЙР" в УРФО: опыт практического применения» (при поддержке компании GE Healthcare) выступила Т. Ю. Малышева, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ ОКБ № 1, г. Тюмень.

Далее с двумя докладами — «Новая эра лучевой маммологии» и «Возможности многофункциональных мам-

мографических систем» (доклад при поддержке компании АО «Р-Фарм») выступила О. О. Мануйлова, кандидат медицинских наук, заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова ДЗМ». Автор осветила новые направления развития и возможности рентгеновской маммографии.

Лекцию «Сложные аспекты дифференциальной диагностики редких новообразований молочных желез» представила Т. В. Павлова, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. М. Буянова ДЗМ». В работе на клинических примерах были продемонстрированы сложности в диагностике и дифференциальной диагностике при редких заболеваниях молочной железы.

Сообщение на тему «Возможности цифрового апгрейда в маммографии» представил Д. В. Александров, руководитель по маркетингу и организации продаж ООО «АГФА».

Доклад «Трудности лучевой диагностики опухолеподобных заболеваний костей у детей и подростков» Н. А. Шолоховой, кандидата медицинских наук, доцента кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, раскрывал диагностические возможности при опухолеподобных поражениях костей у детей в разных возрастных группах.

Сообщение на тему «Специализированное рентгеновское оборудование для педиатрии. Особенности программного обеспечения» представила С. Ю. Шокина, заместитель генерального директора АО «МТЛ».



Рис. 2. Н. В. Климова (в центре) с лекторами А. Н. Гаус, Н. А. Шолоховой, Т. В. Павловой и О. О. Мануйловой (слева направо)

Доклады завершились оживленной дискуссией, слушатели смогли задать лекторам интересные их вопросы.

После перерыва слушатели прослушали сообщение на тему «Диффузионно-взвешенные изображения при гнойно-воспалительных заболеваниях живота и таза» А. П. Дергилева, доктора медицинских наук, профессора, заведующего кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России.

«Новые технологии в мультимодальной онкодиагностике» представила О. В. Юрченко, руководитель клинического направления «Онкология»

компании «ООО "Сименс Здравоохранение"», эксперт по УЗ-оборудованию, амбассадор НВА.

Далее с докладом «Диагностическая значимость КТ и МРТ в диагностике грибкового синусита» выступила заведующая отделением лучевой диагностики ГБУЗ ОКБ № 1 г. Тюмень Т. Ю. Малышева, рассказав о результатах применения конусно-лучевой КТ, мультисрезовой КТ и МРТ в диагностике грибковых синуситов.

О контрастных средствах для МРТ: новые страницы рассказал в своем докладе А. Е. Сурмава, медицинский директор компании GE Healthcare Pharma.

Е. Ю. Евдокимова, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ИПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого», доложила о тупой травме органов малого таза: диагностический алгоритм лучевых методов обследования. Аудитория с интересом узнала об основных подходах и стандартах лучевой диагностики при данной патологии.

О безопасном применении контрастных средств в КТ и МРТ доложил слушателям С. Е. Тупиков, медицинский советник компании Bayer.

Далее был представлен ролик о диагностическом оборудовании компании НПАО «Амико».

Завершил конференцию член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор А. Ю. Васильев.

По окончании конференции состоялось тестирование участников и активное обсуждение докладов, а лекторы ответили на вопросы слушателей. По итогам конференции были определены дальнейшие перспективы научного, практического и образовательного сотрудничества.

Проведенное мероприятие входило в систему непрерывного медицинского образования, по результатам которого все участники, соблюдавшие установленный регламент и требования НМО, получили сертификаты участников с 6 баллами.

**Анонс монографии «Лучевая диагностика и профилактика
ятрогенных повреждений молочной железы»**

**Announcement of the monograph «Radiation diagnostics
and prevention of iatrogenic breast injuries»**

Во втором квартале 2022 года планируется к выходу монография

**«Лучевая диагностика и профилактика ятрогенных повреждений
молочной железы»**

Авторы: А. Ю. Васильев, Т. В. Павлова, И. В. Буромский

Готовится к изданию первая в нашей стране монография, посвященная лучевой диагностике и профилактике ятрогений в лучевой маммологии. В монографии освещены теоретические аспекты ятрогений, представлена клинически значимая и научно обоснованная информация, базирующаяся на данных современной литературы, большом объеме клинического материала в сочетании с достаточным собственным опытом. Рассмотрены основные ошибки рентгенолаборантов и врачей лучевой диагностики, специализирующихся на базовом лучевом обследовании молочных желез. Большое внимание уделено профилактике ятрогений в маммологии.

Монография представлена на 200 страницах, иллюстрирована 130 изображениями. Иллюстративный материал, используемый в монографии, получен авторским коллективом.

Монография предназначена врачам-рентгенологам, врачам ультразвуковой диагностики, рентгенолаборантам, преподавателям кафедр лучевой диагностики, аспирантам, клиническим ординаторам, а также студентам медицинских вузов.

**Предварительно заказать монографию можно по электронной почте:
chaleur1891@gmail.com.**

**Отчет о проведении научно-практической конференции
«Современные возможности диагностики
и лечения рака молочной железы»**

10 декабря, 2021 г.

**Report on the scientific and practical conference
«Modern possibilities of diagnosis and treatment of breast cancer»**

December 10, 2021

Конференция проводилась 10 декабря 2021 г. в режиме онлайн.

Организаторами конференции выступили ФГБУ ФВМЦРиО ФМБА России, Фонд развития лучевой диагностики и Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики (ЦНИИЛД).

В конференции приняли участие 165 человек из различных регионов Российской Федерации, в том числе из городов Димитровград, Ульяновск, Москва, Новосибирск и других.

Главным спонсором конференции выступила компания GE Healthcare.

Конференцию своим приветственным словом открыл доктор медицинских наук, доцент, исполняющий обязанности генерального директора ФГБУ ФНЦРиО ФМБА России Ю. Д. Удалов.

Первым программным выступлением был доклад кандидата медицинских наук, президента Благотворительного фонда помощи женщинам с онкологическими заболеваниями «ДАЛЬШЕ», (г. Москва) О. А. Молдовановой на важную тему: «Сотрудничество врачей и гражданского общества в интересах пациентов с РМЖ в России и мире. Что нового?».

Особый интерес вызвало выступление доктора медицинских наук, про-

фессора кафедры рентгенорадиологии ФДПО РНИМУ им. Н. И. Пирогова (г. Москва) Е. В. Меских. Ее лекция была посвящена оценке специфичности и точности различных методов диагностики при дифференциации доброкачественных и злокачественных новообразований молочной железы, где слушатели ознакомились с новыми тенденциями в диагностике и лечении заболеваний молочных желез, а также с алгоритмами диагностического поиска с последующей маршрутизацией пациентов в зависимости от выявленной патологии.

Современные возможности ранней диагностики рака молочной железы подробно представлены в докладе врача-рентгенолога, заведующей отделением лучевой диагностики ФГБУ ФНЦРиО ФМБА России (г. Димитровград, Ульяновская область) С. А. Кац. Участникам конференции стали понятны возможности ранней диагностики рака молочной железы с помощью современных методов цифровой маммографии, томосинтеза, а также верификации УЗ-негативных форм рака с помощью стереотаксической биопсии.

Участники конференции проявили большую заинтересованность к выступлению кандидата медицинских наук, врача-рентгенолога (г. Москва) Т. В. Павловой на тему «Рак молочной же-

лезы в практике врача-диагноста». В лекции были подробно рассмотрены основные аспекты клинических и лучевых проявлений рака молочной железы, а также особенности лучевых методов диагностики пациенток с диагнозом «рак молочной железы».

Кандидат медицинских наук О. О. Мануйлова (г. Москва) доложила об «Эре новых технологий в обследовании молочных желез», где показала основные направления развития лучевой маммологии. Особое внимание слушателей было привлечено к алгоритму обследования пациенток с использованием современных методик рентгеновской маммографии, таких как томосинтез и контрастно-улучшенная маммография проблемы, а также проблемы, возникающие у врачей в эпоху перемен.

Роль и место МР-маммографии в клинической маммологии рассмотрела кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог ФГБУ «Российский научный центр рентгенодиагностики» Минздрава России (г. Москва) Е. А. Оксанчук. Ее материал был посвящен методу МР-маммографии, определены показания и противопоказания в зависимости от клинической ситуации, а также опреде-

лено место МР-маммографии в диагностическом алгоритме.

Ошибки врача лучевой диагностики при базовом обследовании молочных желез подробно представлены в докладе кандидата медицинских наук Т. В. Павловой (г. Москва). Участники конференции рассмотрели вопросы ятрогенных повреждений молочных желез на диагностическом этапе обследования и способы их профилактики.

Второе выступление кандидата медицинских наук О. О. Мануйловой (г. Москва) было посвящено интервенционным методам диагностики молочных желез: основные аспекты. В лекции рассмотрены различные виды биопсии молочных желез. Участники конференции подчеркнули для себя, какой вид биопсии выбрать при различных патологических образованиях, а также акцентировали свое внимание на стереотаксические биопсии и различные виды укладок.

Конференция «Современные возможности диагностики и лечения рака молочной железы» завершилась ответами на вопросы слушателей, оживленной научной дискуссией по актуальным вопросам диагностики и лечения рака.

Поздравление профессора Амосова Виктора Ивановича с юбилеем



Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой рентгенологии и радиационной медицины ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России.

В 1985 году окончил с отличием 1-й Ленинградский медицинский институт имени академика И. П. Павлова. В 1989 году защитил кандидатскую диссертацию, посвященную разработке методики комплексного рентгенорадиологического исследования легких. В 1996 году защитил докторскую диссертацию «Рентгенорадиологическое и компьютерно-томографическое исследование в оценке дисфункций легких при хронических обструктивных заболеваниях» по специальностям: «лучевая диагно-

стика», «лучевая терапия» и «пульмонология». В 1997 году присвоена ученая степень доктора медицинских наук и в 1998 году — звание профессора.

В. И. Амосов является известным ученым, автором более 280 научных работ, из них 12 монографий и глав в них в области лучевой диагностики, лучевой терапии, пульмонологии, а также по проблемам высшей школы. Автор 5 изобретений, 2 новых медицинских технологий, целого ряда рационализаторских предложений, посвященных совершенствованию методов лучевой диагностики в пульмонологии. Под его руководством выполнены 19 диссертационных работ, из них 3 докторские.

Неоднократно избирался президентом крупных конгрессов с международным участием: Невского радиологиче-

ского форума-2009; IV Международного конгресса и школы для врачей «Кардиоторкальная радиология»-2016, «Радиология-2021» и XIII Всероссийского научно-образовательного форума с международным участием «Медицинская диагностика-2021».

Является членом трех диссертационных советов по лучевой диагнос-

тике: при ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова» Минздрава России; при ФГБОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Минобороны России, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

**Коллеги, друзья и редакция журнала «Радиология — практика»
сердечно поздравляют В. И. Амосова с юбилеем
и желают ему крепкого здоровья
и больших творческих успехов.**



ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

VII съезд врачей — рентгенологов, радиологов, врачей ультразвуковой диагностики и врачей по рентгеноэндоваскулярным диагностике и лечению Сибирского федерального округа

18–19 мая 2022 года, г. Новосибирск

Глубокоуважаемые коллеги!

Приглашаем принять участие в работе VII съезда врачей-рентгенологов, радиологов, врачей ультразвуковой диагностики и врачей по рентгеноэндоваскулярным диагностике и лечению Сибирского федерального округа, который состоится 18–19 мая 2022 г. в г. Новосибирске.

Организаторы съезда

Российское общество рентгенологов и радиологов; Министерство здравоохранения Новосибирской области; Ассоциация врачей рентгенологов, радиологов, врачей ультразвуковой диагностики и врачей по рентгеноэндоваскулярным диагностике и лечению Сибирского федерального округа; ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России»; ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова Минздрава России»; ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии»; Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук; Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики; ИРОО «Байкальское общество рентгенологов, радиологов, врачей ультразвуковой диагностики и врачей по рентгеноэндоваскулярным диагностике и лечению»; Автономная некоммерческая организация «Научных и медицинских работников».

Место проведения съезда

630004, г. Новосибирск, ул. Ленина, 26. Бизнес-отель Domina.

Предварительная электронная регистрация на съезд
на сайте www.unionrad.ru.

Основные научные направления съезда

1. Организационные вопросы службы лучевой диагностики.
2. Новые технологии в лучевой диагностике.
3. Цифровые системы обработки, хранения и передачи информации в лучевой диагностике.
4. Лучевая диагностика патологии легких и органов средостения.
5. Лучевая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы.
6. Лучевая диагностика патологии органов брюшной полости и забрюшинного пространства.
7. Лучевая диагностика патологии опорно-двигательного аппарата.
8. Лучевая диагностика в неврологии и нейрохирургии.
9. Лучевая диагностика в педиатрии.
10. Лучевая диагностика патологии органов малого таза.
11. Лучевая диагностика в акушерстве.
12. Лучевая диагностика патологии челюстно-лицевой области.
13. Радионуклидная диагностика и терапия.
14. Рентгеноэндоваскулярные методы диагностики и лечения.
15. Актуальные вопросы работы рентгенолаборантов.
16. Конкурс молодых ученых.

Программа съезда включает пленарные и секционные заседания, научные сообщения, сателлитные симпозиумы, мастер-классы, презентации современного диагностического оборудования и расходных материалов.

Съезд является научно-образовательным мероприятием, не имеет коммерческого характера.

Планируется регистрация съезда в Координационном совете по развитию непрерывного медицинского образования (НМО) Минздрава России с присвоением участникам 12 баллов (по 6 баллов за каждый день отдельно).

Участие врачей в работе съезда **БЕСПЛАТНОЕ**.

Председатель оргкомитета съезда

Дергилев Александр Петрович, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет Минздрава России», доктор медицинских наук, профессор.

Заместитель председателя оргкомитета съезда

Селиверстов Павел Владимирович, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией лучевой диагностики научно-клинического отдела нейрохирургии ФГБНУ «Иркутский научный центр хирургии и травматологии».

Организационный комитет

А. В. Брюханов (Барнаул), А. Ю. Васильев (Москва), Г. Н. Доровских (Омск), С. В. Жестовская (Красноярск), В. Д. Завадовская (Томск), К. В. Завадовский (Томск), С. Н. Иванова (Абакан), О. Ю. Килина (Абакан), В. Г. Колмогоров (Барнаул), И. А. Комогорцева (Омск), О. В. Крестьянинов (Новосибирск), Э. Д-М. Куулар (Кызыл), В. А. Левченко (Новосибирск), Д. А. Лежнев (Москва), В. А. Леушин (Кемерово), Я. Л. Манакова (Новосибирск), С. В. Марицкий (Томск), И. В. Пак (Горно-Алтайск), И. Ю. Паутов (Новосибирск), А. Н. Рябиков (Новосибирск), С. Е. Семенов (Кемерово), А. А. Толстых (Иркутск), А. А. Тулупов (Новосибирск), Н. В. Тюменцев (Красноярск), И. Г. Фролова (Томск), В. И. Чернов (Томск), К. В. Шалыгин (Новосибирск).

Редакционный комитет

Н. А. Горбунов (Новосибирск), Н. В. Климова (Сургут), А. В. Сударкина (Новосибирск).

Конгресс-оператор съезда

Автономная некоммерческая организация «Научных и медицинских работников». Электронная почта: apoонmr@gmail.com.

Информационный партнер съезда — журнал «Радиология — практика».

Прием заявок на публикацию тезисов осуществляется **с 1 декабря 2021 г. по 31 марта 2022 г.** в интерактивной форме по адресу tezis.sfo@mail.ru.

Материалы съезда будут опубликованы в виде сборника тезисов и размещены на сайте: www.unionrad.ru.

Публикация тезисов **БЕСПЛАТНАЯ**.

По результатам анализа присланных материалов авторам лучших работ будет предоставлена возможность публикации статьи в журнале «Радиология — практика» (журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук).

Правила оформления статей, которые направляются для публикации в журнале «Радиология — практика», размещены на сайте <http://www.radp.ru/p.pdf>.

Оргкомитет оставляет за собой право в отказе публикации в случае отсутствия научной составляющей в представленных материалах.

Правила оформления тезисов для публикации в сборнике материалов съезда

Тезисы должны отражать актуальность, цель, материалы и методы исследования, результаты и заключение — без выделения разделов, без таблиц и рисунков.

Тезисы должны быть набраны в текстовом редакторе Word for Windows, шрифт Times New Roman (размер 12), интервал 1,5, поля по 2 см со всех сторон, объем не более 1 страницы.

Не допускается публикация более 2 тезисов с одинаковым первым автором.

Образец оформления тезисов

Название тезисов заглавными буквами
Фамилии и инициалы авторов
Страна, город, место работы
Контактный электронный адрес
Отступ (1 интервал)
Текст тезисов

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ...

Иванов И. И., Петров П. П.
Россия, г. Москва, ГУ «Научный центр...».
Электронная почта: reg@mediexpo.ru

С целью определения эффективности диагностики...

Гарантия публикации — получение подтверждения со стороны организационного комитета. Сроки приема тезисов продляться не будут.

Организационный комитет VII съезда врачей — рентгенологов, радиологов, врачей ультразвуковой диагностики и врачей по рентгеноэндоваскулярным диагностике и лечению Сибирского федерального округа объявляет конкурс на звание ГЛАВНОГО ПАРТНЕРА, ГЕНЕРАЛЬНОГО ПАРТНЕРА И ПАРТНЕРА СЪЕЗДА.

За подробной информацией обращаться в оргкомитет съезда.

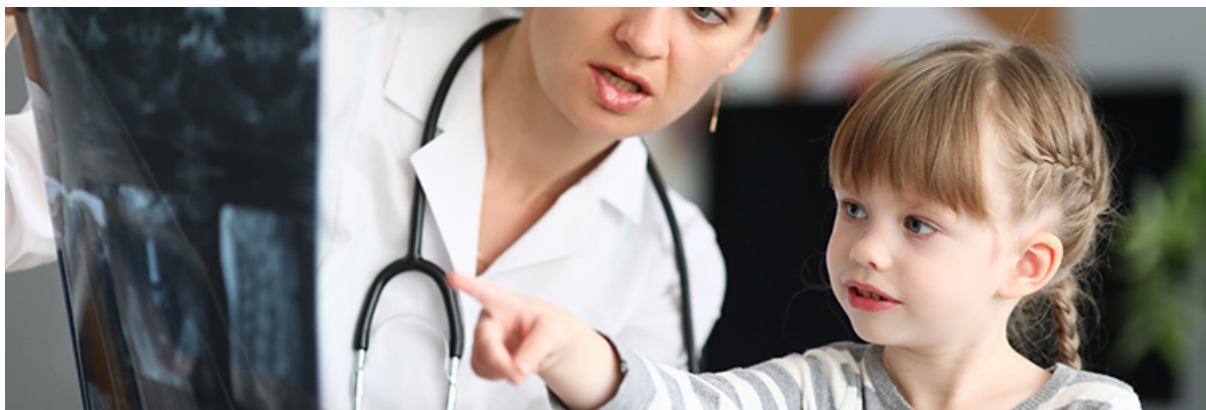
Координаты оргкомитета

Дергилев Александр Петрович
630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 52.
Тел.: +7 (913) 921-15-33.
Электронная почта: a.dergilev@mail.ru

Селивёрстов Павел Владимирович

664046, г. Иркутск, бульвар Постышева, 18А-2, АНО «Научных и медицинских работников».

Тел.: +7 (902) 511-75-79, +7 (914) 896-90-02.
Электронная почта: anoonmr@gmail.com



ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ

Второй национальный конгресс «Лучевая диагностика в педиатрии. Практические аспекты»

2–3 июня 2022 года
г. Тверь

Глубокоуважаемые коллеги!

Приглашаем принять участие в работе Второго национального конгресса «Лучевая диагностика в педиатрии. Практические аспекты», который состоится 2–3 июня 2022 г.

Организаторы конгресса

Министерство здравоохранения Тверской области
ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России

Фонд развития лучевой диагностики

Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики

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

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Тверской области
«Детская областная клиническая больница»

Место проведения конгресса: 270010, г. Тверь, ул. Советская, 4.

Основные научные направления конгресса

1. Лучевая диагностика патологии головы и шеи у детей.
2. Лучевая диагностика патологии челюстно-лицевой области.
3. Лучевая диагностика патологии легких и органов средостения у детей.
4. Лучевая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у детей.

5. Лучевая диагностика патологии органов брюшной полости и забрюшинного пространства у детей.
6. Лучевая диагностика патологии костно-мышечной системы у детей.
7. Лучевая диагностика в детской хирургии и урологии.

Программа конгресса включает пленарные и секционные заседания, научные сообщения, сателлитные симпозиумы, мастер-классы, презентацию современного диагностического оборудования и расходных материалов.

В рамках конгресса планируется проведение подсекций по специальностям «рентгенология» и «ультразвуковая диагностика».

Конгресс является научно-образовательным мероприятием, не имеет коммерческого характера.

Планируется регистрация конгресса в Координационном совете по развитию непрерывного медицинского образования (НМО) Минздрава России с присвоением участникам 12 баллов (по 6 баллов за каждый день отдельно).

Участие врачей в работе конгресса **БЕСПЛАТНОЕ**.

Почетный гость конгресса

Давыдов Борис Николаевич, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры детской стоматологии и ортодонтии, ректор ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России.

Председатель оргкомитета конгресса

Васильев Александр Юрьевич, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор Центрального научно-исследовательского института лучевой диагностики.

Президент конгресса

Юсуфов Акиф Арифович, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России.

Организационный комитет

- А. А. Алиханов, доктор медицинских наук, профессор (Москва)
- Д. А. Лежнев, доктор медицинских наук, профессор (Москва)
- В. В. Петровская, доктор медицинских наук, доцент (Москва)
- М. И. Пыков, доктор медицинских наук, профессор (Москва)
- Е. В. Синельникова, доктор медицинских наук, профессор (Санкт-Петербург)
- Г. А. Юсупалиева, доктор медицинских наук, профессор (Ташкент)
- К. Б. Баканов, кандидат медицинских наук, доцент (Тверь)
- М. В. Зинченко, кандидат медицинских наук, доцент (Тверь)
- Г. В. Терещенко, кандидат медицинских наук (Москва)

Н. В. Цветкова, кандидат медицинских наук, доцент (Тверь)
Н. А. Шолохова, кандидат медицинских наук, доцент (Москва)

Информационный партнер конгресса — журнал «Радиология — практика».

Прием заявок на доклады будет осуществляться **с 1 декабря 2021 г. по 31 марта 2022 г.** в интерактивной форме по адресу: tver0621@ya.ru

По результатам анализа присланных материалов авторам лучших работ будет предоставлена возможность публикации статьи в журнале «Радиология — практика» (журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук).

Правила оформления статей, которые направляются для публикации в журнале «Радиология — практика», размещены на сайте <http://www.radp.ru/p.pdf>.

Оргкомитет оставляет за собой право в отказе публикации в случае отсутствия научной составляющей в представленных материалах.

Программа научных выступлений будет сформирована после полного получения заявок на доклады и их рецензирования.

Организационный комитет Второго национального конгресса «Лучевая диагностика в педиатрии. Практические аспекты» **объявляет конкурс на звание ГЕНЕРАЛЬНОГО СПОНСОРА, ГЛАВНОГО СПОНСОРА, СПОНСОРА и УЧАСТНИКА КОНГРЕССА.**

За подробной информацией обращаться в оргкомитет конгресса и к конгресс-оператору.

Координаты оргкомитета:

Юсуфов Акиф Арифович
170010, г. Тверь, ул. Советская, 4.
Электронная почта: usufov@ya.ru
Тел.: +7 (960) 711-91-61.

Координаты конгресс-оператора:

Фонд развития лучевой диагностики.
Васильева Алла Григорьевна
Электронная почта: agv@rd-fond.ru
Тел.: +7 (903) 721-05-23, +7 (905) 742-22-44.

Некролог о Варшавском Юрии Викторовиче



С прискорбием сообщаем, что российская рентгенология понесла тяжелую утрату. 13 февраля 2022 г. скончался доктор медицинских наук, профессор Варшавский Юрий Викторович.

Родился Юрий Викторович Варшавский 9 декабря 1939 г. в семье врача — одного из основоположников отечественной гомеопатической науки. С раннего детства его окружает творческая атмосфера и доброе отношения к людям.

После окончания Московской медицинской академии Юрий Викторович работал по науке под руководством патриарха отечественной радиологии профессора, академика РАМН А. С. Павлова.

Юрий Викторович успешно защитил кандидатскую и докторскую диссертации, получил звание профессора.

Длительные годы Юрий Викторович Варшавский работал в Российском научном центре рентгенорадиологии и Московском областном научно-исследовательском онкологическом институте им. П. А. Герцена, руководя рентгенодиагностическими отделами.

Юрий Викторович Варшавский был одним из самых известных и уважаемых рентгенологов. Для большинства из нас он остался в памяти, как главный рентгенолог департамента здравоохранения г. Москвы, как создатель и первый руководитель НПЦ медицинской радиологии.

Светлая память о выдающемся Человеке, Учене, Педагоге и Враче — Юрии Викторовиче Варшавском навсегда сохранится в наших сердцах!

Редакция журнала «Радиология — практика», профессиональная медицинская общественность и его друзья выражают глубокие соболезнования родным и близким. Вечная ему память!

Правила оформления материалов, направляемых в редакцию журнала «Радиология — практика», в соответствии с ГОСТ Р 7.0.7-2021

Rules for registration of materials sent to the editorial office of the journal «Radiology — practice», in accordance with GOST R 7.0.7-2021

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

1. Тематическая научная и практическая составляющая, способствующая получению знаний о проблематике медицинских исследований.

При формулировке названия публикации, составлении реферата (авторского резюме), при выборе ключевых слов необходимо помнить, что именно эта часть направляется в 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.

Должна 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 аффилировании, а также указываться вклад авторов в работу.

Материалы загружаются через сайт журнала и дополнительно отправляются ответственному секретарю журнала — доктору медицинских наук, профессору Егоровой Елене Алексеевне, электронная почта: eegorova66@gmail.com

Содержание и оформление материалов, направляемых в редакцию журнала

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.

При загрузке материалов публикации на сайт обязательно обеспечьте условия для слепого рецензирования.

В связи с выходом ГОСТ Р 7.0.7-2021 для всех видов публикаций, направляемых в журнал «Радиология — практика», с 2022 года обязательно указание кода УДК для каждой публикации (ставится над заголовком в правом верхнем углу). Ссылка на [справочник УДК](#).

В научных сообщениях предусматриваются следующие блоки:

БЛОК 1 — на русском языке:

- заглавие (сокращения не допускаются);
- фамилия и инициалы автора (-ов);

- полное название организации (с указанием формы собственности, ведомственной принадлежности в виде аббревиатур, название учреждения полное, например, ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России);
- реферат;
- ключевые слова (в количестве 5–6, сокращения не допускаются).
- **далее обязательными являются указания о финансировании исследования и отсутствии конфликта интересов, оригинальности публикации.**

Пример:

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.

Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи.

Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

БЛОК 2 — транслитерация или перевод соответствующих данных из блока 1 на английский язык*:

- заглавие (перевод на английский язык, при этом сокращения не допускаются, в переводе не должно быть транслитерации, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия, это также касается авторских резюме (аннотаций) и ключевых слов);
- фамилия и инициалы автора (-ов) (только транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. <http://www.translit.ru>);
- полное название организации (при переводе на английский язык форма собственности не указывается, аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД SCOPUS), ее адрес (с указанием индекса);
- реферат (авторское резюме) — перевод на английский язык;
- ключевые слова (перевод на английский язык, сокращения не допускаются).

БЛОК 3 — полный текст статьи 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.

Текстовый материал статьи должен быть представлен:

- 1) в электронном виде (Microsoft Word), с пронумерованными страницами, с полутонким межстрочным интервалом; используется кегль шрифта в 14 пунктов;
- 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;

* Недопустимо использование интернет-переводчиков (дающих перевод слов без учета стиля, связи слов в предложениях, что делает текст непонятным, значительно искажает смысл).

- 3) 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 — мкм; 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 спектроскопия; ЭПР — электронный парамагнитный резонанс; ОФЭТ — однофотонная эмиссионная томография; КТ (РКТ) — компьютерная томография (рентгеновская компьютерная томография); ПЭТ — позитронная эмиссионная томография; РИА — радиоиммунологический анализ; МСКТ — мультисрезовая компьютерная томография; ЭЛТ — электронно-лучевая компьютерная томография.

Требования к электронным файлам иллюстраций и видеороликам

Качество всех графических материалов должно соответствовать статусу научной статьи: все иллюстрации должны быть информативными, четкими, контрастными, высокого качества. Иллюстрации, ранее размещенные в Word, становятся непригодными для воспроизведения в верстке материалов.

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 последние 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 непереводимые на английский язык наименование приборов, фирм-производителей и т. п.), выходные данные с обозначениями на английском языке либо только цифровые данные.

Весь материал статей, лекций, обзоров литературы, кратких сообщений и описаний клинических случаев должен даваться в одном файле, включающем:

- заголовок (на русском и английском языках);
- фамилию 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 (авторское резюме) и ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст (на русском языке), по ходу которого расположен после ссылок в круглых скобках (табл. или рис.) иллюстративный материал в качестве превью: таблицы (вертикальные); рисунки и лучевые изображения (в формате растровой графики); диаграммы, схемы, графики (в формате векторной графики), — все должно быть на своих местах. Все графические иллюстрации, помимо расположения в текстовом файле статьи в качестве превью, предоставляются в виде отдельных файлов-исходников;
- выводы или заключение (на русском языке);
- список литературы (на русском языке);
- references (на английском языке с транслитерированными фамилиями и инициалами отечественных авторов).

На отдельной странице указываются дополнительные сведения о каждом авторе, необходимые для обработки журнала в Российском индексе научного цитирования, а также указание о вкладе автора в работу:

Фамилия 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).

Тел. с кодом.

Эл. почта.

ORCID.

Вклад автора.

Ниже представляются те же данные на английском языке и с применением транслитерации:

Фамилия и инициалы полностью (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).

Тел. с кодом.

E-mail.

ORCID.

Author's contribution.

Пример

Иванова Ирина Ивановна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России.

Адрес: 130000, г. Смоленск, Красный проспект, 52.

Телефон: +7 (915) 911-11-11. Электронная почта: 000asdiv@mail.ru

ORCID.org/0000-0501-6547-5555

Вклад автора: утверждение окончательного варианта публикации — принятие ответственности за все аспекты работы, целостность всех частей статьи и ее окончательный вариант.

Ivanova Irina Ivanovna, Ph. D. Med., Associate Professor of Department of Radiology of Smolensk State Medical University of the Ministry of Healthcare of Russia.

Address: 52, Krasny Prospekt, Smolensk, 130000, Russia.

Phone number: +7 (915) 911-11-11. E-mail: 000asiv@mail.ru

ORCID.org/0000-0501-6547-5555

Author's contribution: approval of the final version of the publication — taking responsibility for all aspects of the work, the integrity of all parts of the article and its final version.

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).

Пристатейный список литературы

Данный этап работы (оформление библиографической части рукописи) включает:

- использование цитат и ссылок из современных литературных источников (давность издания которых не превышает 5 лет) с приведением фамилий и инициалов всех авторов (что позволяет исключить потерю индексации авторов и снижение 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 in term. Ed. by Boue A. Paris, 1976. P. 81–94.

Примеры для диссертаций и авторефератов в списке

Натанов Я. М. Название диссертации: Дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 108 с.

Натанов Я. М. Название диссертации: Автореф. дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 20 с.

Примеры для статей в списке

Горюнов Н. Л. Название статьи // Название журнала (сокращенное и без кавычек). 1989. Т. 66. № 9. С. 99–102.

Nicolaides K. N. Screening for fetal chromosomal abnormalities need to change the rules. Ultrasound Obstet. Gynecol. 1994. V. 4. No. 3. P. 353–355.

Примеры для авторских свидетельств в списке

Симонов Ю. М., Суворов Н. В. Название: А. С. 163514 СССР // Б. И. 1986. № 16. С. 44.

После формирования **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 разреженным 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 оформления таблиц

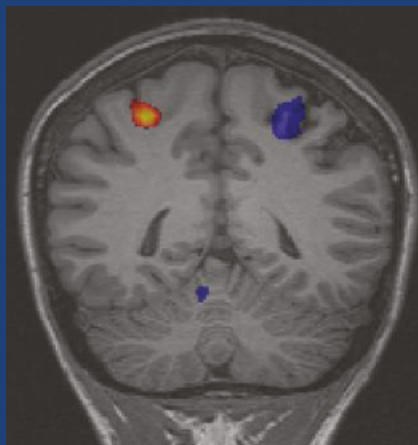
Результаты МР-стадирования в сопоставлении с патоморфологической стадией РТМ представлены в табл. 1.

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	T1b	T2	T1a	T1b	T2	
T1a	23	0	0	22	4	0	49
T1b	5	9	0	2	1	0	17
T2	1	0	3	0	0	1	5
Итого	29	9	3	24	5	1	71

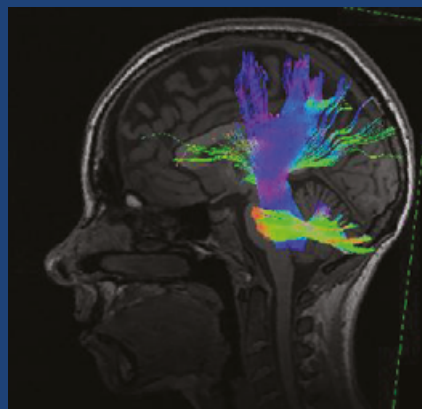
Если во всей статье всего одна таблица, то в ссылке в тексте ей не присваивается никакой номер и далее при ее оформлении опускается пункт 2).



BOLD фМРТ

Визуализация изменения активности нейронов мозга

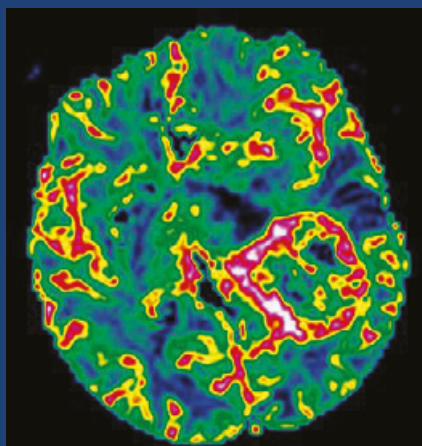
- Необходимо оборудование для стимуляции
- Необходимо ПО для стимуляции и регистрации ответа
- Необходимо ПО для анализа и обработки данных



DTI-трактография

Визуализация проводящих путей белого вещества головного мозга

- Необходимо ПО для анализа и обработки данных



МРТ-перфузия

Визуализация мозгового кровотока

- Необходимо ПО для анализа и обработки данных
- МРТ-контрастный препарат и система введения

3 способа расширить возможности МРТ-визуализации

Выбор профессионалов

ГРАФИКС-Ц — новейший рентгенографический цифровой аппарат, созданный с учетом всех современных требований эргономики и дизайна.



МАММО-РПц — цифровой сканирующий аппарат для массового профилактического обследования молочных желез, отличающийся высоким качеством изображения при минимальной дозе облучения.



ТЕЛЕМЕДИКС-Р-АМИКО — рентгенодиагностический аппарат на базе дистанционно управляемого стола-штатива, предназначенный для выполнения комплексных рентгенографических и рентгеноскопических исследований: скелета, черепа, ЖКТ, урографии, миелографии, линейной томографии, всех видов рентгенографии, в том числе — грудной клетки.

