

СЪЕЗД
V

НАЦИОНАЛЬНОГО ОБЩЕСТВА НЕЙРОРАДИОЛОГОВ

г. Омск, Россия



ДОРОВСКИХ
Галина
Николаевна

Президент
V Съезда

Заслуженный врач РФ,
доктор медицинских наук

Главный внештатный
специалист по лучевой
диагностике неотложных
состояний Министерства
здравоохранения Омской
области

Руководитель отделения
лучевой диагностики БУЗОО
«Городская клиническая
больница скорой
медицинской помощи №1»

3-4 июля 2020 г.



ГЛАВНАЯ ТЕМА СЪЕЗДА

**Демиелинизирующие
и аутоиммунные
заболевания ЦНС**

rusneurorad.ru

РАДИОЛОГИЯ ПРАКТИКА

№ 2 (80) 2020

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

Редакционная коллегия журнала:

Главный редактор

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

Ответственный секретарь

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

Члены редколлегии:

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

Дизайн и верстка Липчанская И. В.

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

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы.

Статьи публикуются с сохранением
авторской редакции.

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

© НПЦ медицинской радиологии Департамента
здравоохранения города Москвы, 2007

© НПАО «Амико», 2007

ISSN 2071–9426

ББК 53.6
УДК 616.71

www.radp.ru

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

RADIOLOGY PRACTICE

№ 2 (80) 2020

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

Editorial Board of the Journal:

Chief Editor

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

Executive secretary

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

Editorial Board Members:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Design and lay-out Lipchanskaya I. V.

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

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

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

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

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

© AMICO, Ltd., 2007

ISSN 2071–9426

ББК 53.6

УДК 616.71

www.radp.ru

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

Содержание

Предисловие к тематическому выпуску журнала	6
---	---

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА

Позитронно-эмиссионная томография с ^{11}C -метионином и ^{18}F -фтордезоксиглюкозой в неинвазивной дифференциальной диагностике анапластических астроцитов и глиобластом

Н. Б. Вихрова, А. А. Постнов, Д. Б. Калаева, Е. В. Хохлова, А. Б. Балахонов, Е. В. Пыжик, П. А. Костин, Е. И. Шульц, А. И. Баталов, Т. А. Конакова, А. Н. Тюрина, И. Н. Пронин	8
--	---

Магнитно-резонансная релаксометрия в исследовании вещества головного мозга: возможности метода MAGiC

И. В. Чехонин, А. М. Шевченко, Л. М. Фадеева, Е. И. Шульц, А. И. Баталов, Н. Е. Захарова, И. Н. Пронин	20
---	----

ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Тривентрикулоцистерностомия в лечении гидроцефалии (обзор литературы с собственным клиническим наблюдением)

Р. М. Афандиев, Н. Е. Захарова, А. Е. Коршунов, А. Ю. Беляев, И. Н. Пронин	37
---	----

Магнитно-резонансная диагностика гипертрофической оливарной дегенерации (обзор литературы с собственными клиническими наблюдениями)

Т. А. Конакова, Н. Е. Захарова, С. В. Серков, А. И. Баталов, А. А. Баев, И. Н. Пронин	46
--	----

КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ И КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Диагностика диспластической ганглиоцитомы мозжечка (болезнь Лермитта – Дюкло). Клинический случай

Н. Б. Вихрова, Е. В. Хохлова, А. А. Постнов, А. Б. Балахонов, Е. В. Щербатова, Е. В. Пыжик, П. А. Костин, В. А. Ильин, И. Н. Пронин	59
--	----

НАУЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ХРОНИКА, ОБЪЯВЛЕНИЯ

Первое информационное письмо о проведении 3 съезда врачей лучевой диагностики Северо-Кавказского федерального округа «Лучевая диагностика Северного Кавказа»	70
--	----

Правила оформления статей для опубликования в журнале «Радиология — практика»	73
---	----

Contents

Introduction to the thematic issue of the magazine	6
--	---

DIAGNOSTIC IMAGING

¹¹C-methionine and ¹⁸F-fluorodeoxyglucose Positron

Emission Tomography in Noninvasive Differential Diagnosis of Anaplastic Astrocytoma and Glioblastoma

N. B. Vikhrova, A. A. Postnov, D. B. Kalaeva, E. V. Khokhlova, A. B. Balakhonov, E. V. Pyzhik, P. A. Kostin, E. I. Shultz, A. I. Batalov, T. A. Konakova, A. N. Tuyrina, I. N. Pronin.....	8
--	---

Magnetic Resonance Relaxometry in Studying the Human Brain Matter: Possibilities of MAGiC

I. V. Chekhonin, A. M. Shevchenko, L. M. Fadeeva, E. I. Shults, A. I. Batalov, N. E. Zakharova, I. N. Pronin	20
---	----

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Third Ventriculostomy in the Treatment of Hydrocephalus (Case Report and Literature Review)

R. M. Afandiev, N. E. Zakharova, A. E. Korshunov, A. Jy. Belyaev, I. N. Pronin.....	37
--	----

Magnetic Resonance imaging in Diagnosis of Hypertrophic Olivary Degeneration (Case Reports and Literature Review)

T. A. Konakova, N. E. Zakharova, S. V. Serkov, A. I. Batalov, A. A. Baev, I. N. Pronin	46
---	----

CLINICAL REVIEWS AND SHORT REPORTS

Diagnosis of Dysplastic gangliocytoma (Lhermitte-Duclos disease).

Clinical case

N. B. Vikhrova, E. V. Khokhlova, A. A. Postnov, A. B. Balakhonov, E. V. Shcherbatova, E. V. Pyzhik, P. A. Kostin, V. A. Il'in, I. N. Pronin.....	59
---	----

SCIENTIFIC INFORMATION, CHRONICLE, ADS

First announcement of the 3rd North Caucasus Radiology Congress

«Diagnostic Radiology of the North Caucasus»	70
--	----

The Rules of Articles Preparation for Publication in the Journal «Radiology — practice»	73
---	----

Предисловие к тематическому выпуску журнала



Успехи нейрохирургии в последние десятилетия связаны с разработкой новых биомедицинских технологий, внедрением в клиническую медицину достижений фундаментальных наук, принципов доказательной медицины. Оригинальные исследования в области нейровизуализации с возможностью прижизненного исследования анатомии мозга, структуры проводящих путей, взаимосвязи мозгового кровообращения, метаболизма, функциональной активности были проведены как в норме, так и при патологии. В клинике и на экспериментальных моделях изучаются механизмы пластичности мозга, пере-

стройки структурно-функциональных взаимосвязей при острых и хронических церебральных заболеваниях.

Интенсивное развитие нейронаук стало возможным благодаря появлению методов рентгеновской компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), внедрению новых методов визуализации — перфузионных КТ и МРТ, диффузионно-тензорной МРТ, функциональной МРТ, МР-спектроскопии, МР-релаксометрии, позволяющих получать не только качественные, но и количественные характеристики тканей мозга, различные биомаркеры его повреждений. В течение трех последних десятилетий мы стали свидетелями неуклонного прогресса нейрорентгенологии, диагностическая аппаратура стала не только средством диагностики заболеваний, но и тонким инструментом изучения *in vivo* физиологических и биохимических процессов в головном и спинном мозге. Внедрение новых технологий стимулировало фундаментальные исследования тканевых, клеточных и молекулярных механизмов повреждения и восстановления нервной системы при разной патологии. Совершенствование методов нейровизуализации открыло новые возможности в изучении структурно-функциональной целостности мозга, в исследовании нейровизуализационных биомаркеров повреждения мозга.

В настоящее время отделение рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики Центра нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко оснащено самым современным нейрорентгенологическим оборудованием: работает 7 спиральных компьютерных томографов, 2 из которых установлены в реанимационном и операционном отделениях центра, 4 МР-томографа, позитронно-эмиссионный томограф, совмещенный с КТ, с возможностью синтеза метионина, фтордезоксиглюкозы, тирозина и других радиофармпрепаратов.

В данном выпуске журнала представлена серия статей, выполненных сотрудниками нашего отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики.

В статье Н. Б. Вихровой и соавт. исследуется применение ПЭТ-КТ с различными радиотрейсерами при опухолевых поражениях головного мозга: представлены новые данные, сравниваются количественные и качественные показатели распределения радиофармпрепаратов в структуре опухолей.

И. В. Чехонин и соавт. в своей работе обсуждают применение передового количественного метода исследования структуры головного мозга – МР-релаксометрии у здоровых добровольцев. Этот метод обещает стать одним из наиболее перспективных в количественной оценке степени изменения структур мозга при различных поражениях.

Основной причиной развития обструктивной гидроцефалии является окклюзия ликворных пространств по ходу желудочковой системы. Одним из основных методов хирургического лечения обструктивной гидроцефалии является эндоскопическая тривентрикулоцистерностомия. Комплексное

использование трехмерных последовательностей МРТ и фазоконтрастной количественной ликвородинамики следует рассматривать как современный стандарт пред- и послеоперационной оценки степени обструктивной гидроцефалии и состояния стомы. Результаты одного исследования и обзор литературы представлены в статье Р. М. Афандиева.

В статье Т. А. Конаковой, описывающей редкую патологию – гипертрофическую оливарную дегенерацию, представлены клинические случаи разной этиологии этого поражения, а также аспекты дифференциальной диагностики с другими патологическими состояниями.

В работе Н. Б. Вихровой и соавт., посвященной редкому заболеванию — диспластической ганглиоцитоме мозжечка, обсуждаются вопросы комплексного подхода в диагностике с применением анатомических и функциональных методов исследования, представлены уникальные данные ПЭТ-КТ при этом заболевании.

Думаю, что представленные работы будут интересны для читателей разных специальностей — от рентгенологов до клиницистов.

*И. Н. Пронин,
доктор медицинских наук,
профессор, академик РАН,
заместитель директора по науке,
заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ
«Национальный медицинский
исследовательский центр нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко»
Минздрава России.*

Позитронно-эмиссионная томография с ^{11}C -метионином и ^{18}F -фтордезоксиглюкозой в неинвазивной дифференциальной диагностике анапластических астроцитом и глиобластом

Н. Б. Вихрова^{*, 1}, А. А. Постнов^{1, 2, 3}, Д. Б. Калаева², Е. В. Хохлова¹,
А. Б. Балахонов¹, Е. В. Пыжик¹, П. А. Костин¹, Е. И. Шульц¹, А. И. Баталов¹,
Т. А. Конакова¹, А. Н. Тюрина¹, И. Н. Пронин¹

¹ ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России

² ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

³ Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН

^{11}C -methionine and ^{18}F - fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography in Noninvasive Differential Diagnosis of Anaplastic Astrocytoma and Glioblastoma

N. B. Vikhrova¹, A.A. Postnov^{1, 2, 3}, D. B. Kalaeva², E. V. Khokhlova¹,
A. B. Balakhonov¹, E. V. Pyzhik¹, P. A. Kostin¹, E. I. Shultz¹, A. I. Batalov¹,
T. A. Konakova¹, A. N. Turyina¹, I. N. Pronin¹

¹ N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia

² National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)

³ P. N. Lebedev Physical Institute

Реферат

Целью данного исследования было изучение возможностей ПЭТ-КТ с различными радиофармпрепаратами (РФП) в неинвазивной дифференциальной диагностике первичных злокачественных глиом головного мозга. На предоперационном этапе обследованы 18 пациентов, 11 больных с диагнозом «глиобластома» (ГБ) и 7 — с диагнозом «анапластическая астроцитома» (АА), которым были выполнены МРТ и ПЭТ-КТ с ^{11}C -метионином и ^{18}F -фтордезоксиглюкозой (ФДГ). Проводился сравнитель-

* Вихрова Нина Борисовна, кандидат медицинских наук, врач-радиолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

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

Тел.: +7 (926) 267-54-40. Электронная почта: nvikhrova@nsi.ru

ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Vikhrova Nina Borisovna, 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 (926) 267-54-40. E-mail: nvikhrova@nsi.ru

ORCID ID 0000-0002-8091-8828

ный анализ показателей стандартизованного уровня накопления (SUV) РФП в опухоли и интактной ткани головного мозга, а также оценка индекса накопления (ИН) РФП, который был представлен отношением среднего уровня метаболизма РФП в участке максимальной активности опухоли к фоновому накоплению РФП в неизменной ткани головного мозга. Группа АА статистически значительно отличалась от ГБ как по ИН ^{11}C -метионина ($1,62 \pm 0,71$ против $3,97 \pm 1,04$ соответственно; $p < 0,001$), так и по ИН ^{18}F -ФДГ ($0,64 \pm 0,11$ у АА против $1,25 \pm 0,66$ у ГБ; $p = 0,02$). Уровни накопления ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ в неизменной ткани головного мозга коррелировали между собой со значением $R = 0,61$. Зоны наиболее высокого включения различных РФП в строме новообразования в отдельных случаях не совпадали. Данная работа показала, что накопление ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ в глиальных опухолях головного мозга существенно отличается в зависимости от степени злокачественности, что позволило дифференцировать АА от ГБ, однако для улучшения практической значимости исследования необходимо отдельно изучить группу анапластических олигодендроглиом (Grade III), схожих по своим метаболическим характеристикам с ГБ.

Ключевые слова: позитронно-эмиссионная томография, ^{11}C -метионин, ^{18}F -ФДГ, злокачественные глиомы головного мозга, дифференциальная диагностика злокачественных глиом, анапластическая астроцитомы, глиобластома.

Abstract

Purpose of the study is investigation of the possibilities of Positron Emission Tomography — Computed Tomography (PET-CT) with different radiopharmaceuticals in non-invasive differential diagnosis of primary high grade gliomas. 18 patients, 11 with glioblastoma (GB) and 7 with anaplastic astrocytoma (AA), were examined before surgery with magnetic resonance imaging (MRI) and PET-CT with ^{11}C -methionine (MET) and ^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG). The analysis was carried out according to the standardized uptake value (SUV) in the tumor and healthy brain tissue, and tumor to normal (T/N) ratio. AA and GB groups are significantly different in T/N ratio for ^{11}C -MET ($1,62 \pm 0,71$ in AA versus $3,97 \pm 1,04$ in GB, $p < 0,001$), and for ^{18}F -FDG ($0,64 \pm 0,11$ in AA versus $1,25 \pm 0,66$ in GB, $p = 0,02$). Levels of accumulation of ^{11}C -MET and ^{18}F -FDG in intact brain tissue correlate with each other (value of $R^2 = 0,61$). The areas of high accumulation of two radiopharmaceuticals in the tumor stroma do not coincide. Our study demonstrated that the accumulation of ^{18}F -FDG and ^{11}C -methionine in HGG significantly depends on tumor grade. To improve practical value of this study patients with anaplastic oligodendrogliomas (Gr III), which are metabolically similar to GB, must be added to the comparison group.

Key words: ^{11}C -methionine, ^{18}F -fluorodeoxyglucose, Positron Emission Tomography, High Grade Gliomas, Anaplastic Astrocytoma, Glioblastoma.

Актуальность

Среди всех первичных опухолей головного мозга глиомы составляют 24,7 %, а среди всех злокачественных новообразований их доля достигает 74–81 % [5, 6, 13]. Согласно классификации ВОЗ, глиомы подразделяют на несколько групп, в зависимости от гистологического типа и степени дифференцировки клеток: опухоли низкой степени злокачественности (НСЗ) — условно-доброкачественные глиомы Gr I–II, опухоли высокой степени злокачественности (ВСЗ) — так на-

зываемые злокачественные глиомы Gr III–IV. Вторая группа включает в основном анапластические астроцитомы (АА, Gr III), анапластические олигодендроглиомы (ОДГ, Gr III) и глиобластомы (ГБ, Gr IV). Последние характеризуются наиболее быстрым ростом и неблагоприятным прогнозом, даже при своевременной диагностике [1, 2, 3, 9].

Одной из особенностей внутримозговых опухолей (ВМО) является гетерогенность их гистологической структу-

ры, что подразумевает наличие в одном образовании участков разной степени дифференцировки. При этом прогноз и тактика лечения больного будут определяться наличием зон более ВСЗ, выявление которых становится основной задачей на этапе первичной диагностики и определяет выбор оптимального алгоритма ведения пациента (наблюдение, хирургическое лечение или комбинированная терапия), а также является важным при планировании стереотаксической биопсии (СТБ) [2, 3, 9].

На сегодняшний день основным методом предоперационной диагностики глиом головного мозга является магнитно-резонансная томография (МРТ). Обладая большим набором современных режимов, МРТ превосходно справляется с оценкой структурных изменений головного мозга и способна решить большинство дифференциальных диагностических задач на этапе выявления патологических изменений, оценить размеры и распространенность процесса. Однако в оценке степени дифференцировки опухолевой ткани метод не является совершенным даже при использовании внутривенного контрастирования [3, 5, 6]. Известно, что около 20 % опухолей НСЗ (Gr I–II) могут демонстрировать контрастное усиление, а приблизительно 1/3 анапластических глиом (Gr III) могут вообще не накапливать контрастный препарат [6]. Также были описаны случаи контраст-негативных глиобластом [15].

Инновационные магнитно-резонансные (МР) технологии, такие, как МР-перфузия, МР-спектроскопия и др. позволяют получить дополнительную информацию об особенностях кровоснабжения и химического состава опухолевой ткани, тем самым повышая

специфичность метода, но не позволяют оценить ее метаболические особенности.

В этой связи применение методов радиоизотопной диагностики, в основном позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ) или МРТ (ПЭТ-МРТ), на современном этапе развития нейровизуализации занимает лидирующие позиции в дифференциальной диагностике глиом.

Наиболее распространенными радиофармпрепаратами (РФП) в диагностике образований головного мозга на сегодняшний день являются аминокислоты и их аналоги (^{11}C -метионин, ^{18}F -тирозин, ^{18}F -холин, ^{18}F -допамин), повышенное включение которых в опухоли по сравнению со здоровым веществом головного мозга обусловлено ускоренным синтезом белка и активацией мембранного транспорта (система белков LAT1, LAT2) [3, 5, 6, 11]. Однако первым РФП для оценки глиальных опухолей была 2- ^{18}F -фтор-2-дезоксид-глюкоза (^{18}F -ФДГ). Первые клинические исследования датируются 80–90-ми годами прошлого века, но в силу низкой контрастности изображений (из-за интенсивного физиологического метаболизма данного РФП в сером веществе), а также очень вариабельных показателей чувствительности в выявлении глиальных опухолей — 35,8–71% по сравнению с препаратами аминокислот [5, 6, 12], ПЭТ-КТ с ^{18}F -ФДГ не получила широкого применения.

При возобновлении в научном сообществе интереса к процессам энергетического метаболизма опухолевой ткани, основанным на эффекте Варбурга (преобладание реакций бескислородного окисления в быстрорастущих

злокачественных клетках), количество исследований с ^{18}F -ФДГ увеличилось и показало хорошие результаты в вопросах дифференциальной диагностики злокачественных глиом [4, 6, 11]. Так, по данным метаанализа Treglia et al. (2019) [12], специфичность в определении степени злокачественности опухолевого процесса ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ имеет преимущество перед аминокислотами (89 % — ^{18}F -ФДГ против 72 % ^{11}C -метионина, 57 % — ^{18}F -тирозина, 73 % — ^{18}F -допамина) [7].

Таким образом, если не ставить перед исследованием с ^{18}F -ФДГ задачу выявления опухоли, а сконцентрироваться на получении дополнительной количественной информации об уровне энергетического метаболизма, применение ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ у больных со злокачественными глиомами головного мозга вполне оправданно, особенно с учетом доступности различных совмещающих технологий, позволяющих с максимальной точностью сопоставлять изображения ПЭТ с ранее полученными данными МРТ, которая, в свою очередь, обладает значительно лучшим анатомическим разрешением, чем ПЭТ.

Бесспорным преимуществом ПЭТ/КТ-исследований с ^{18}F -ФДГ является их широкая доступность, в то время как исследования с ^{11}C -метионином возможны только при наличии в ПЭТ-центре циклотронно-радиохимического комплекса. В отделении ПЭТ/КТ ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России существует возможность синтеза обоих РФП, и проведение исследований осуществимо у одних и тех же пациентов в сроки, максимально близкие к началу лечения, кроме того, морфологическое исследование материала проводится в

условиях одной лаборатории по современным мировым стандартам, что делает данную работу уникальной с точки зрения методологии. Поиск новых метаболических паттернов при ПЭТ/КТ-исследованиях с использованием различных РФП при сопоставлении с морфологическими данными, возможно, позволит в дальнейшем использовать методику в качестве неинвазивной альтернативы стереотаксической биопсии (СТБ).

Материалы и методы

В исследование были включены взрослые пациенты обоих полов с впервые выявленными глиальными опухолями головного мозга, объемом не менее 5 см³. На дооперационном этапе каждому пациенту было проведено МРТ-сканирование по стандартному протоколу (T1-ВИ, T2-ВИ, T2-FLAIR, ДВИ и T1-ВИ после внутривенного введения МР-контрастного гадолиний-содержащего препарата в стандартной дозировке) и два ПЭТ/КТ-исследования с различными РФП (^{11}C -метионин и ^{18}F -ФДГ). Предварительно проводилась беседа о целесообразности выбранного объема исследований с подписанием добровольного информированного согласия. Данное исследование было одобрено Этическим комитетом ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

ПЭТ/КТ-сканирования проводились на одном аппарате Siemens Biograph 40 (Siemens Medical Solutions, США) с минимально возможным временным интервалом (1–3 дня), согласно стандартному клиническому протоколу. Сбор данных начинался при ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином через 10 мин после введения РФП и через 20 мин при использо-

вании ^{18}F -ФДГ. Для реконструкции использовался 3D OSEM (Ordered Subset Expectation Maximization) алгоритм с 5 итерациями и 8 подмножествами, с коррекцией на случайные совпадения, рассеяние и поглощение гамма-квантов в теле пациента с помощью низкодозной КТ.

Для анализа полученных изображений применялось программное обеспечение PMOD (версия 4.0, Цюрих, Швейцария). Зона интереса (Region of Interest — ROI) в соответствии с принятым стандартным протоколом обработки изображений была представлена в 1 см^3 наиболее активной части образования. В случаях, когда накопление РФП в опухоли не превышало таковое в здоровой ткани, для навигации использовались изображения МРТ (зона интереса выставлялась в центре участка измененного МР-сигнала в режиме T2-FLAIR).

Уровень накопления РФП в опухолевой ткани оценивался по двум параметрам: в виде стандартизованной величины поглощения РФП (SUV — standardized uptake value) и ИН, представленных отношением уровня поглощения РФП в 1 см^3 наиболее активной части опухоли к неизменной ткани головного мозга. Измерения нормальных значений накопления РФП производились в интактных зонах контралатерального полушария головного мозга с помощью сферы радиусом 8 мм, захватывающей как серое, так и белое вещество. Анализ статистической значимости различий между группами проводился с помощью критерия Стьюдента (Student's t-test), различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Для постановки гистологического диагноза всем пациентам проводилось

хирургическое вмешательство в виде СТБ и/или удаления опухоли.

Результаты и их обсуждение

По данным гистологического исследования из 18 привлеченных в исследование пациентов у 7 был поставлен диагноз АА, а у 11 была выявлена ГБ.

При ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином визуально отличимое повышенное патологическое накопление ^{11}C -метионина встречалось в группе ГБ у всех пациентов (100 %) и у 5 из 7 пациентов с АА (71,4 %). При этом значимое разграничение групп по степени злокачественности было более достоверным при оценке ИН по сравнению с использованием абсолютных значений SUV. Так, в группе АА ИН был равен $1,62 \pm 0,71$ против ИН $3,97 \pm 1,04$ у больных ГБ ($p < 0,001$). В большинстве наблюдений ГБ (8 из 11) ИН имел значения выше 3,0, а все АА характеризовались значениями ИН меньше 2,8. Надо отметить что неоднородный (за счет аметаболических зон некроза) характер накопления РФП встречался существенно чаще при ГБ (54 %), чем при АА (14 %), что, вероятно, характеризует более агрессивный рост опухоли [3].

Относительно ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в литературе считается, что опухоли высокой степени злокачественности характеризуются повышенным уровнем гликолитической активности и степень накопления ^{18}F -ФДГ в ГБ существенно выше, чем в любых других видах глиальных опухолей [3, 11].

В нашей выборке более чем в половине случаев ГБ (6 из 11 пациентов — 54 %) встречалось визуально различимое очаговое накопление ^{18}F -ФДГ с высокими числовыми показателями SUV (более 13–15) и ИН соответствен-

но выше единицы. При этом в группе АА распределение ^{18}F -ФДГ в большинстве случаев не отличалось от здоровой ткани мозга и/или было представлено зоной пониженного метаболизма (показатели SUV при этом находились в диапазоне от 3 до 4), ИН соответственно был меньше единицы и составлял 0,5–0,7. ПЭТ-позитивный очаг был выявлен только в 1 случае. Таким образом, на основе оценки ИН обоих РФП можно было с высокой степенью достоверности разграничить АА и ГБ: для ^{18}F -ФДГ ИН $0,64 \pm 0,11$ у АА против $1,25 \pm 0,66$ у ГБ; $p = 0,02$; для ^{11}C -метионина ИН $1,62 \pm 0,71$ у АА против $3,97 \pm 1,04$ у ГБ; $p < 0,001$.

Чувствительность и специфичность ПЭТ/КТ в дифференциальной диагностике АА и ГБ составили при использовании ^{18}F -ФДГ 82 и 71 % соответственно (установлен порог ИН = 0,7), при использовании ^{11}C -метионина 91 и 100 % соответственно (установлен порог

ИН = 2,8). Взаимосвязь между ИН ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ приведена на рис. 1.

Высокая вариабельность накопления РФП в интактной части мозга продемонстрирована на рис. 2. Обращает на себя внимание высокая корреляция между метаболизмом ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ ($R^2 = 0,61$; $p < 0,05$).

Несмотря на то что аминокислоты и глюкоза участвуют в разных метаболических процессах в ткани мозгового вещества, наблюдаемая в нашем исследовании корреляция между поглощением этих двух РФП в здоровом веществе (рис. 3) свидетельствует о существовании некой интегральной метаболической активности, которая идентична у обоих РФП. При этом наблюдаемая высокая индивидуальная изменчивость накопления РФП в интактном мозговом веществе нуждается в дополнительном анализе.

Обращает на себя внимание, что в отдельных случаях были выявлены не-

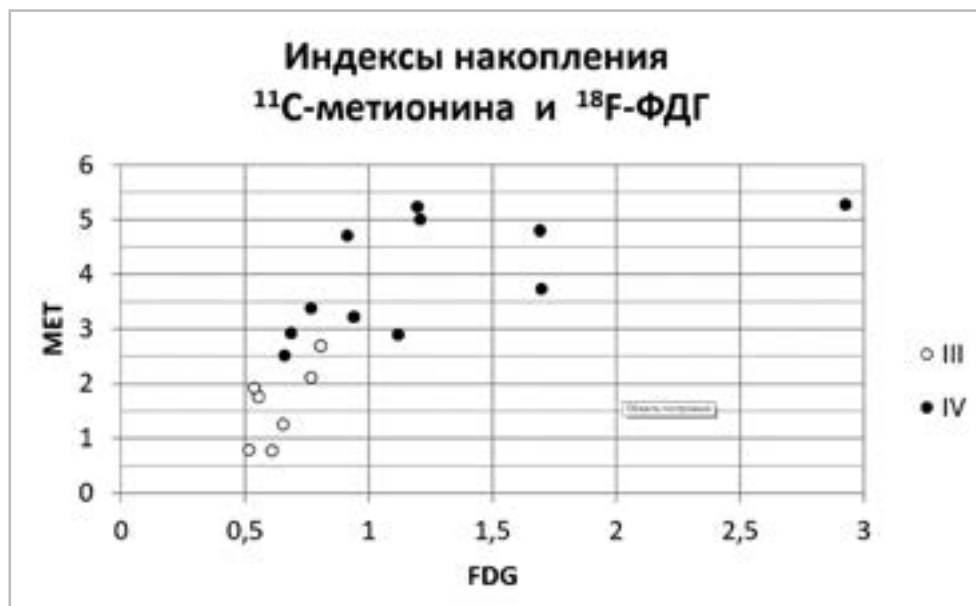


Рис. 1. График ИН ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ у пациентов с глиобластомой (ГБ) и анапластической астроцитомой (АА). Каждая точка характеризует два измерения у 1 пациента. Обозначение III соответствует АА, IV соответствует ГБ

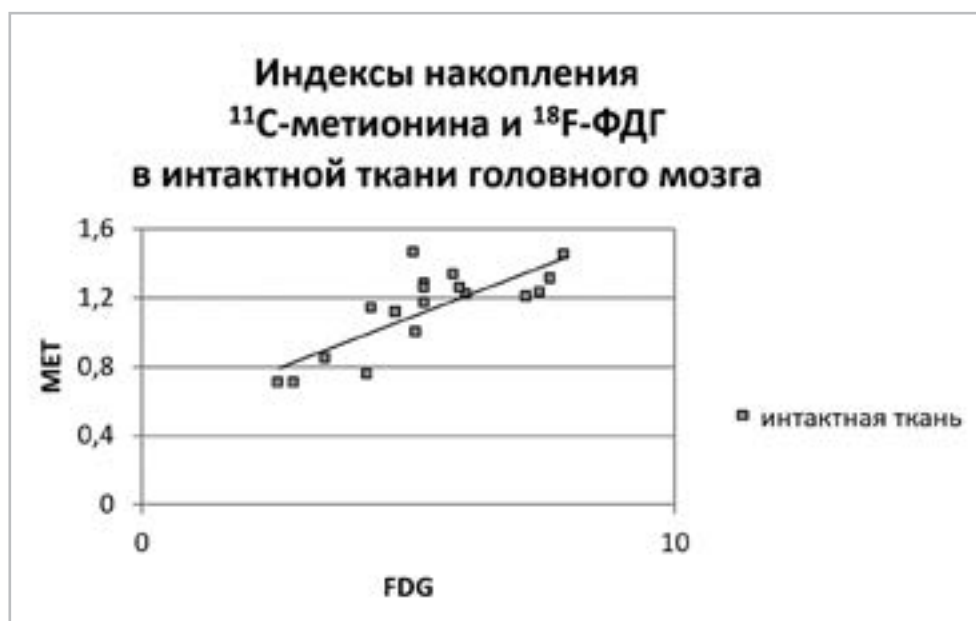


Рис. 2. График ИН ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ в интактной ткани головного мозга. Каждая точка характеризует два измерения у 1 пациента ($R^2 = 0,61$; $p < 0,05$)

совпадения зон максимальной метаболической активности ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ в пространстве. Участки наиболее активного захвата аминокислоты и глюкозы не совпадали у 1 пациента с АА и 1 — с ГБ. Совмещенные изображения МРТ и ПЭТ с ^{11}C -метионином и ^{18}F -ФДГ представлены на рис. 3, а — з.

Такое несовпадение зон максимальной активности потребления аминокислот и глюкозы, вероятно, может объясняться качественно разными биохимическими процессами, протекающими в разных областях новообразования. Этот факт требует дополнительного набора и анализа данных.

В целом полученные результаты совпадают с ранее опубликованными работами по дифференциальной диагностике глиом головного мозга и демонстрируют хорошую корреляцию включения ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ в опухоли со степенью ее злокачественности [3, 6, 11, 14]. Однако одним из

недостатков данного исследования является отсутствие в выборке больных с олигодендроглиомами, которые по своим метаболическим характеристикам сходны с ГБ. Высокий уровень включения ^{11}C -метионина в них некоторые авторы связывают с повышенной клеточной плотностью и/или более высокой микроваскулярной плотностью опухоли [3, 11, 8], при этом по захвату ^{18}F -ФДГ олигодендроглиомы, в отличие от ГБ, демонстрируют невысокие показатели ИН — 0,79–0,85 [11]. Зачастую ключевым моментом, отличающим олигодендроглиомы от других опухолей, является наличие кальцинатов в структуре, выявленное по данным КТ.

Данные аспекты определяют перспективу продолжения работы в направлении расширения групп пациентов с целью улучшения статистических показателей и поиска метаболических паттернов, характерных для глиальных опухолей разной степени дифференцировки.

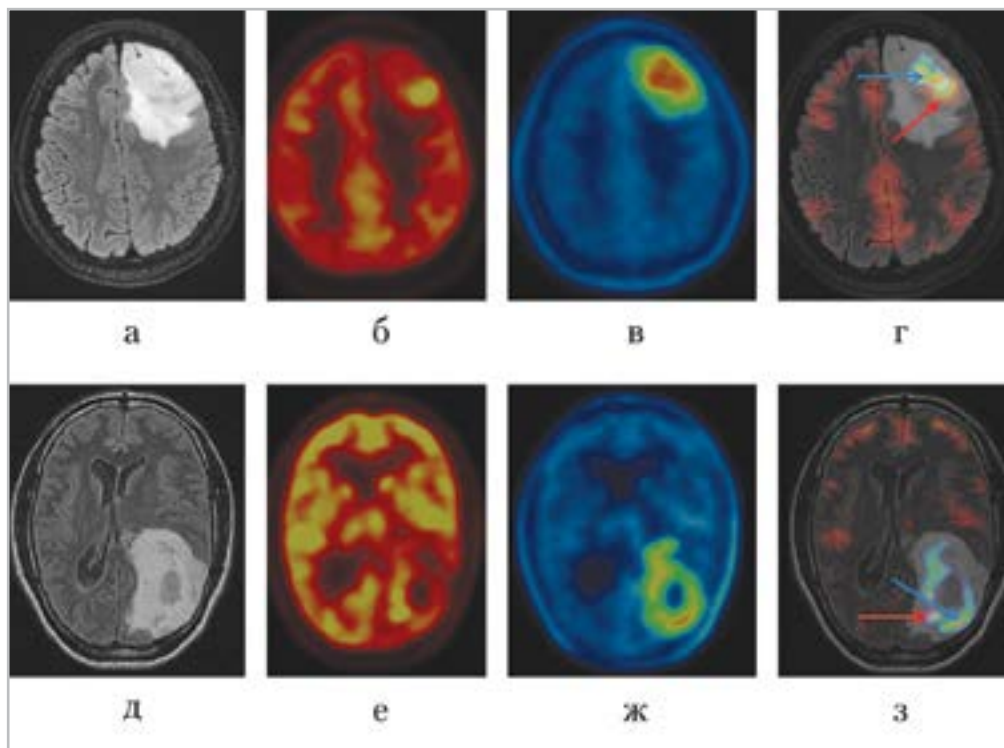


Рис. 3. МРТ в режиме T2-FLAIR, ПЭТ-томограммы с ^{11}C -метионином и ^{18}F -ФДГ у разных пациентов: верхний ряд (а — г) — глиобластома в левой лобной доле, нижний ряд (д — з) — анапластическая астроцитома левой теменной доли. МРТ в режиме T2-FLAIR (а, д); ПЭТ с ^{11}C -метионином (б, е) и ^{18}F -ФДГ (в, ж); совмещенные ПЭТ- и МРТ-изображения (красной стрелкой указаны области максимального накопления ^{18}F -ФДГ, синей стрелкой указаны области максимального накопления ^{11}C -метионина)

Выводы

Проведенное исследование показало, что накопление ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ в глиальных опухолях головного мозга существенно отличается в зависимости от степени злокачественности, что позволило с высокой степенью достоверности дифференцировать АА от ГБ. Однако для увеличения практической значимости данного исследования необходимо отдельно изучить группу анапластических олигодендроглиом, также имеющих степень злокачественности Gr III, но схожую по метаболическим характеристикам с ГБ. Кроме того, в дальнейшем интересно обратить внимание на пространственное распре-

деление зон наиболее активного захвата ^{11}C -метионина и ^{18}F -ФДГ внутри злокачественных глиом, что требует дальнейшего набора большего количества случаев, дополнительных сопоставлений с данными мультипараметрической МРТ (например, спектроскопии и ASL-перфузии) и результатами гистологических исследований с целью более полной оценки метаболических процессов, протекающих в опухолевой ткани.

Список литературы

1. Золотова С. В. и др. Исследование метаболических особенностей первичных глиобластом методом ОФЭКТ-КТ с Тс-МИБИ с оценкой их влияния на

- прогноз заболевания // Вопросы нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко. 2019. Т. 83. № 2. С. 17–26.
2. Кобяков Г. Л., Бекашев А. Х., Голанов А. В. и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению первичных опухолей центральной нервной системы // Злокачественные опухоли: Практические рекомендации RUSSCO. 2018. Т. 3. № 2. Т. 8. С. 83–99.
 3. Скворцова Т. Ю., Захс Д. В., Гурчин А. Ф. ПЭТ с ^{11}C -метионином в диагностике глиальных опухолей головного мозга // Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. 2016. Т. 27. № 4. С. 61–69.
 4. Alfarouk K. O. et al. Glycolysis, tumor metabolism, cancer growth and dissemination. A new pH-based etiopathogenic perspective and therapeutic approach to an old cancer question // Oncosci. 2014. Т. 1. № 12. С. 777.
 5. He Q. et al. Diagnostic accuracy of ^{13}N -ammonia PET, ^{11}C -methionine PET and ^{18}F -fluorodeoxyglucose PET: a comparative study in patients with suspected cerebral glioma // BMC Cancer. 2019. Т. 19. № 1. С. 332.
 6. Jung J., Ahn B. C. Current radiopharmaceuticals for positron emission tomography of brain tumors // Brain Tumor Res. and Treatment. 2018. Т. 6. № 2. С. 47–53.
 7. Kastanos A. H. et al. Performance of ^{18}F -FDG, ^{11}C -methionine and ^{18}F -FET/PET for glioma grading: a meta-analysis // Clin. Nucl. Med. 2019. Т. 44. № 11. С. 864–869.
 8. Kato T., Shinoda J., Oka N. et al. Analysis of ^{11}C -methionine uptake in low-grade gliomas and correlation with proliferative activity // AJNR. Am. J. Neuroradiol. 2008. V. 29. P. 1867–1871.
 9. Louis D. N., Louis D.N., Perry A., Reifenberger G. et al. The 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system: a summary // Acta Neuropathol. 2016. Т. 131. P. 803–820.
 10. Takahashi M., Soma T., Mukasa A. et al. Pattern of FDG and MET distribution in high- and low-grade gliomas on PET images // Clin Nucl Med. 2019. V. 44. № 4.
 11. Takei H. et al. Usefulness of positron emission tomography for differentiating gliomas according to the 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system // J. of Neurosurg. 2019. Т. 1. С. 1–10.
 12. Treglia G., Muoio B., Trevisi G. et al. Diagnostic performance and prognostic value of PET/CT with different tracers for brain tumors: a systematic review of published meta-analyses // J. Mol. Sci. 2019. V. 20. P. 4669/
 13. Siegel R. L., Miller K. D., Jemal A. Cancer statistics, 2015. // CA Cancer J. Clin. 2015. Т. 65. № 1. P. 5–29.
 14. Singhal T., Alavi A., Kim C. K. Brain: positron emission tomography tracers beyond [^{18}F]fluorodeoxyglucose // PET Clin. 2014. Т. 9. P. 267–76.
 15. Utsuki S. et al. Glioblastoma without remarkable contrast enhancement on magnetic resonance imaging // Int. J. of clin. med. 2012. Т. 3. № 06. С. 439.

References

1. Zolotova S. V. et al. Study of metabolic features of primary glioblastomas by the method of SPECT-CT with Tc-MIBI with an assessment of their impact on the prognosis of the disease. Voprosy neyrohirurgii im. N. N. Burdenko. 2019. Т. 83. No. 2. P. 17–26. (in Russian).
2. Kobjakov G. L., Bekjashev A. H., Golanov A. V. et al. Practical recommendations for drug treatment of primary tumors of the Central nervous system. Zlokachestvennye opuholi: Prakticheskie rekomendacii RUSSCO. 2018. Т. 3. No. 2. P. 83–99 (in Russian).
3. Skvorcova T. Ju., Zaks D. V., Gurchin A. F. PET with ^{11}C -methionine in the diagnosis of glial brain tumors. Vestnik RONC im. N. N. Blohina RAMN. 2016. Т. 27. No. 4. P. 61–69. (in Russian).

4. *Alfarouk K. O. et al.* Glycolysis, tumor metabolism, cancer growth and dissemination. A new pH-based etiopathogenic perspective and therapeutic approach to an old cancer question. *Oncosci.* 2014. T. 1. No. 12. P. 777.
5. *He Q. et al.* Diagnostic accuracy of ^{13}N -ammonia PET, ^{11}C -methionine PET and ^{18}F -fluorodeoxyglucose PET: a comparative study in patients with suspected cerebral glioma. *BMC Cancer.* 2019. T. 19. No. 1. P. 332.
6. *Jung J., Ahn B. C.* Current radiopharmaceuticals for positron emission tomography of brain tumors. *Brain Tumor Res. and Treatment.* 2018. T. 6. No. 2. P. 47–53.
7. *Kastanos A. H. et al.* Performance of ^{18}F -FDG, ^{11}C -methionine, and ^{18}F -FET/PET for glioma grading: a meta-analysis. *Clin. Nucl. Med.* 2019. T. 44. No. 11. P. 864–869.
8. *Kato T., Shinoda J., Oka N. et al.* Analysis of ^{11}C -methionine uptake in low-grade gliomas and correlation with proliferative activity. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 2008. V. 29. P. 1867–1871.
9. *Louis D. N., Louis D.N., Perry A., Reifenberger G. et al.* The 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Acta Neuropathol.* 2016. T. 131. P. 803–820.
10. *Takahashi M., Soma T., Mukasa A. et al.* Pattern of FDG and MET distribution in high- and low-grade gliomas on PET images. *Clinical Nuclear Medicine.* 2019. V. 44. No. 4.
11. *Takei H. et al.* Usefulness of positron emission tomography for differentiating gliomas according to the 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system. *J. of Neurosurg.* 2019. T. 1. P. 1–10.
12. *Treglia G., Muoio B., Trevisi G. et al.* Diagnostic performance and prognostic value of PET/CT with different tracers for brain tumors: a systematic review of published meta-analyses. *J. Mol. Sci.* 2019. V. 20. P. 4669.
13. *Siegel R. L., Miller K. D., Jemal A.* Cancer statistics, 2015. *CA Cancer J. Clin.* 2015. T. 65. No. 1. P. 5–29.
14. *Singhal T., Alavi A., Kim C. K.* Brain: positron emission tomography tracers beyond [^{18}F]fluorodeoxyglucose. *PET Clin.* 2014. T. 9. P. 267–276.
15. *Utsuki S. et al.* Glioblastoma without remarkable contrast enhancement on magnetic resonance imaging. *Int. J. of Clin. Med.* 2012. T. 3. No. 6. P. 439.

Сведения об авторах

Вихрова Нина Борисовна, кандидат медицинских наук, врач-радиолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (926) 267-54-40. Электронная почта: nvikhrova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Vikhrova Nina Borisovna, 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 (926) 267-54-40. E-mail: nvikhrova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Постнов Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (926) 857-37-39. Электронная почта: APostnov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Postnov Andrej Aleksandrovich, Ph. D. Med., Researcher, 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 (926) 857-37-39. E-mail: APostnov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-882

Калаева Диана Борисовна, студент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31.
Тел.: +7 (916) 850-72-18. Электронная почта: dina.kalaeva@gmail.com
ORCID ID 0000-0001-8719-2225

Kalaeva Diana Borisovna, Student at National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)
Address: 31, Kashirskoe Sh., Moscow, 115409, Russia
Phone number: +7 (916) 850-72-18. E-mail: dina.kalaeva@gmail.com
ORCID ID 0000-0001-8719-2225

Хохлова Екатерина Владимировна, врач-радиолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (910) 445-78-44. Электронная почта: ekhokhlova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-2667-9301

Khokhlova Ekaterina Vladimirovna, 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 (910) 445-78-44. E-mail: ekhokhlova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-2667-9301

Балахонov Антон Борисович, ведущий инженер отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (915) 456-92-93. Электронная почта: ABalahonov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-3666-0911

Balakhonov Anton Borisovich, Lead Engineer 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 (915) 456-92-93. E-mail: ABalahonov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-3666-0911

Пыжик Елена Васильевна, инженер-химик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (903) 146-08-90. Электронная почта: evpyzhik@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0001-9951-9213

Pyzhik Elena Vasilievna, Chemical Engineer, 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 (903) 146-08-90. E-mail: evpyzhik@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0001-9951-9213

Костин Павел Александрович, инженер-физик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (915) 134-75-42. Электронная почта: PKostin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-0252-1796

Kostin Pavel Aleksandrovich, Physical Engineer, 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 (915) 134-75-42. E-mail: PKostin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-0252-1796

Шульц Евгений Игоревич, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. 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: 0000-0001-5406-944X

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: 0000-0001-5406-944X

Баталов Артем Игоревич, кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Тел.: +7 (916) 066-20-50. Электронная почта: abatalov@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-8924-7346

Batalov Artem Igorevich, Ph. D. Med., 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: 0000-0002-8924-7346

Конакова Татьяна Александровна, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (906) 741-14-49. Электронная почта: tknsipet@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-2505-7981

Konakova Tatyana Alexandrovna, 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 (906) 741-14-49. E-mail: tknsipet@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-2505-7981

Тюрина Анастасия Николаевна, младший научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. 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 ID 0000-0002-2333-7867

Tuyrina Anastasija Nikolaevna, Junior Scientist, 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) 634-25-22. E-mail: aturina@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-2333-7867

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: pronin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-4480-0275 PИНЦ 93777 Scopus 7006011755

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.
E-mail: pronin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-4480-0275 Scopus 7006011755

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.

Магнитно-резонансная релаксометрия в исследовании вещества головного мозга: возможности метода MAGiC

И. В. Чехонин*, А. М. Шевченко, Л. М. Фадеева, Е. И. Шульц,
А. И. Баталов, Н. Е. Захарова, И. Н. Пронин

ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии
им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России

Magnetic Resonance Relaxometry in Studying the Human Brain Matter: Possibilities of MAGiC

I. V. Chekhonin*, A. M. Shevchenko, L. M. Fadeeva, E. I. Shults,
A. I. Batalov, N. E. Zakharova, I. N. Pronin

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

Реферат

В настоящей работе с помощью метода MAGiC (Magnetic Resonance Image Compilation) был проведен анализ релаксометрических показателей (T1, T2, протонная плотность) неизмененного серого и белого вещества головного мозга 40 добровольцев в возрасте от 24 до 59 лет. В исследование были включены как здоровые лица, так и пациенты с сосудистыми очагами в белом веществе мозга. Выявлены различия между рядом супра- и инфратенториальных областей интереса как в сером, так и в белом веществе, что может быть связано с различной степенью миелинизации этих областей. Для белого вещества лобных долей было показано возраст-зависимое повышение времени T1 и T2, а для гиппокампальных областей — снижение времени T1, что может быть обусловлено структурно-метаболическими изменениями. Кроме того, были найдены различия между правым и левым полушариями большого мозга, которые могут свидетельствовать о большей степени миелинизации коры и белого вещества доминантного полушария.

Ключевые слова: магнитно-резонансная релаксометрия, синтетические магнитно-резонансные изображения.

* Чехонин Иван Владимирович, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Тел.: +7 (903) 292-11-53. Электронная почта: Ivan-Chekhonin@yandex.ru, ichekhonin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-6652-2472

Chekhonin Ivan Vladimirovich, Postgraduate, 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 (903) 292-11-53. E-mail: Ivan-Chekhonin@yandex.ru, ichekhonin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-6652-2472

Abstract

In the current work, we used MAGiC (Magnetic Resonance Image Compilation) method to study brain relaxometric values (T1, T2, proton density) in normal-appearing gray and white matter of 40 volunteers aged 24 to 59 years. Healthy patients and patients with microvascular lesions were enrolled. The study revealed differences between supratentorial and infratentorial regions of interest in both white and gray matter which may be related to different myelination of these regions. For frontal white matter, age-related increase in T1 and T2 was shown. We also demonstrated hippocampal T1 decrease with ageing. These changes may be linked to structural and metabolic changes. In further analysis, differences in relaxometric values between right and left hemispheres were found which may be due to increased myelination of cortex and white matter of the dominant hemisphere.

Key words: Magnetic Resonance Relaxometry, Synthetic Magnetic Resonance Imaging.

Актуальность

Среди количественных методов магнитно-резонансной томографии (МРТ) определенный интерес исследователей снискала магнитно-резонансная релаксометрия — метод, заключающийся в измерении времен релаксации, а также, в некоторых случаях, протонной плотности тканей. Использование качественных данных, получаемых при рутинных МРТ-исследованиях, может приводить к субъективной интерпретации результатов. Именно поэтому, например, для оценки неясных и диффузных изменений тканей, а также для сравнения результатов, полученных у 1 пациента в динамике (в том числе и на фоне терапии), может быть целесообразным применение абсолютных значений релаксационных показателей [4]. В настоящее время при таких неврологических заболеваниях, как рассеянный склероз [2], эпилепсия [14], болезнь Паркинсона [9], синдром беспокойных ног [11], были показаны клиничко-визуализационные корреляты метода МР-релаксометрии. В последнее время также появились данные о возможности дифференцирования степеней злокачественности некоторых интракраниальных новообразований по данным релаксометриче-

ских исследований [5], что определяет перспективу данных исследований как в неврологии, так и в нейрохирургии.

Для полноценного картирования всех релаксометрических показателей изначально требовалось проведение длительного сканирования, что затрудняло использование методики в клинической науке. В настоящее время появились методики быстрой релаксометрии, такие, как метод «магнитно-резонансных отпечатков пальцев» (MR fingerprinting, представлен компанией Siemens) и метод компиляции МР-изображений (MAGiC, компания General Electric). Помимо картирования релаксометрических показателей, на основании карт их распределения возможно построение так называемых синтетических изображений. Релаксационные характеристики тканей исследуемого объекта и параметры импульсной последовательности с помощью уравнения Блоха позволяют получить разнообразие МР-сигналов той или иной интенсивности, которые ложатся в основу синтетических МР-изображений [10, 15]. Таким образом, с помощью метода MAGiC возможно как получение собственно изображений с различными параметрами «взвешивания», так и из-

учение релаксометрических свойств различных отделов головного мозга с помощью параметрических карт, что может представлять определенную ценность в качестве количественного метода визуализации свойств серого и белого вещества.

Цель: изучение релаксометрических показателей (T1, T2, протонная плотность) серого и белого вещества головного мозга, определение их связи с возрастом, выявление межполушарной асимметрии.

Материалы и методы

Пациенты

В исследование были включены 40 пациентов в возрасте от 24 до 59 лет (медиана — 40 лет). Критерием исключения являлся выход возраста пациента за границы интервала 20–60 лет, а также наличие интракраниальных объемных образований. Допускалось включение в исследование пациентов с наличием в белом веществе полушарий большого мозга очагов, рентгенологическая картина которых с наибольшей степенью вероятности соответствовала проявлениям цереброваскулярного заболевания, однако не препятствовала проведению измерений в областях интереса в интактном белом веществе. Из 40 пациентов 37 были правшами (правая рука была доминантной), у 3 пациентов доминантной была левая рука. Перед проведением исследования всеми пациентами была подписана форма добровольного информированного согласия.

Получение синтетических МР-изображений и релаксометрических карт

Исследование было выполнено на магнитно-резонансном томографе GE

Optima MR450w с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл (General Electric, США). Протокол включал выполнение аксиальных срезов толщиной 5 мм с межсрезовым интервалом 1 мм, FOV — 240 мм, размер вокселя — $0,8 \times 1,1 \times 5$ мм, ETL — 12, полоса частот — 20,83 Гц, TR — 4000–15000 мс, TE минимальное — 10,6–74,3 мс, TE максимальное — 63,6–128 мс, eff TE — 84,9 мс, TI — 170, 670, 1840, 3840 мс. На основании полученных данных с помощью технологии MAGiC (General Electric, США) выполнялось автоматическое построение синтетических изображений, а также параметрических карт T1, T2 и протонной плотности.

Анализ областей интереса

На синтетических МР-изображениях (рис. 1) и релаксометрических картах (рис. 2) осуществлялся выбор областей интереса в следующих анатомических структурах (при возможности выбора симметричных областей интереса выбор осуществлялся билатерально): 1) колено мозолистого тела; 2) валик мозолистого тела; 3) белое вещество передних отделов лобной доли (на уровне передних рогов боковых желудочков); 4) кора передних отделов лобной доли (на том же уровне); 5) кора прецентральной извилины; 6) белое вещество теменной доли (постцентральная извилина); 7) кора теменной доли (постцентральная извилина); 8) белое вещество височной доли; 9) кора височной доли; 10) гиппокамп; 11) кора островковой доли; 12) белое вещество затылочной доли; 13) кора затылочной доли; 14) хвостатое ядро; 15) скорлупа; 16) внутренняя капсула; 17) таламус (подушка); 18) черная субстанция;

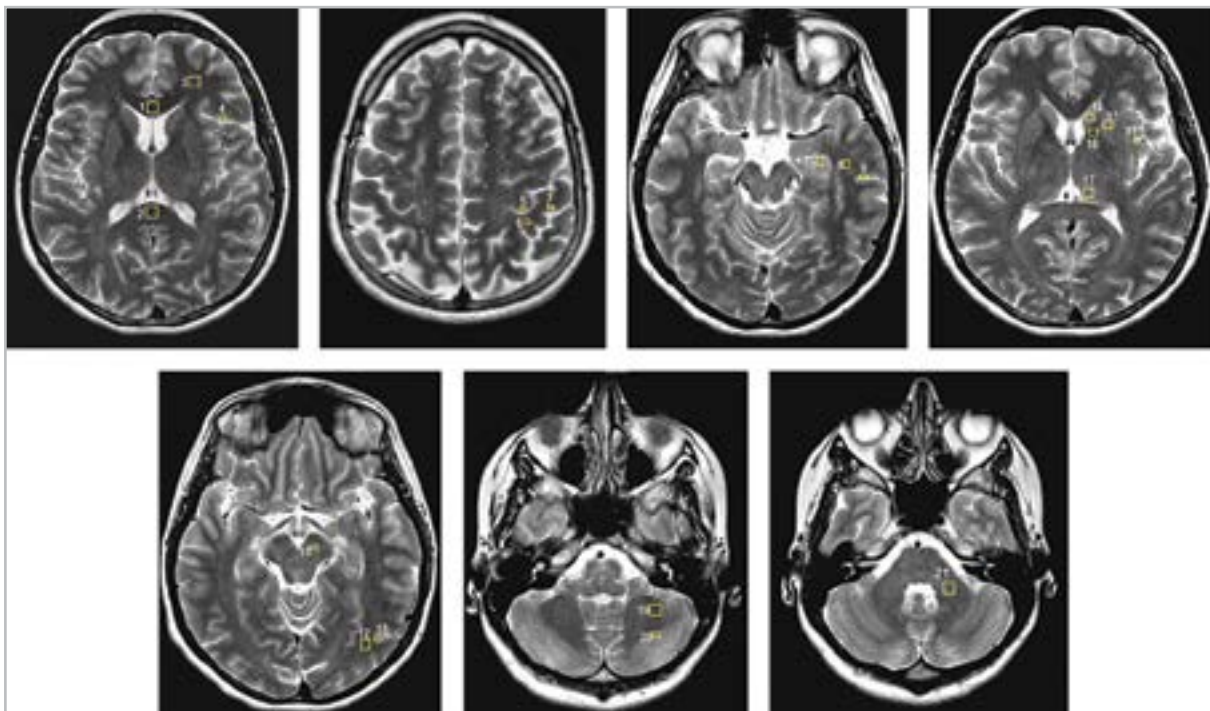


Рис. 1. Синтетические T2-взвешенные изображения. Области интереса, в которых производилось измерение релаксометрических показателей, выделены *желтыми прямоугольниками*. Номера областей интереса соответствуют номерам, указанным в тексте. Области интереса в парных структурах (например, полушариях большого мозга) на снимках выделены только слева

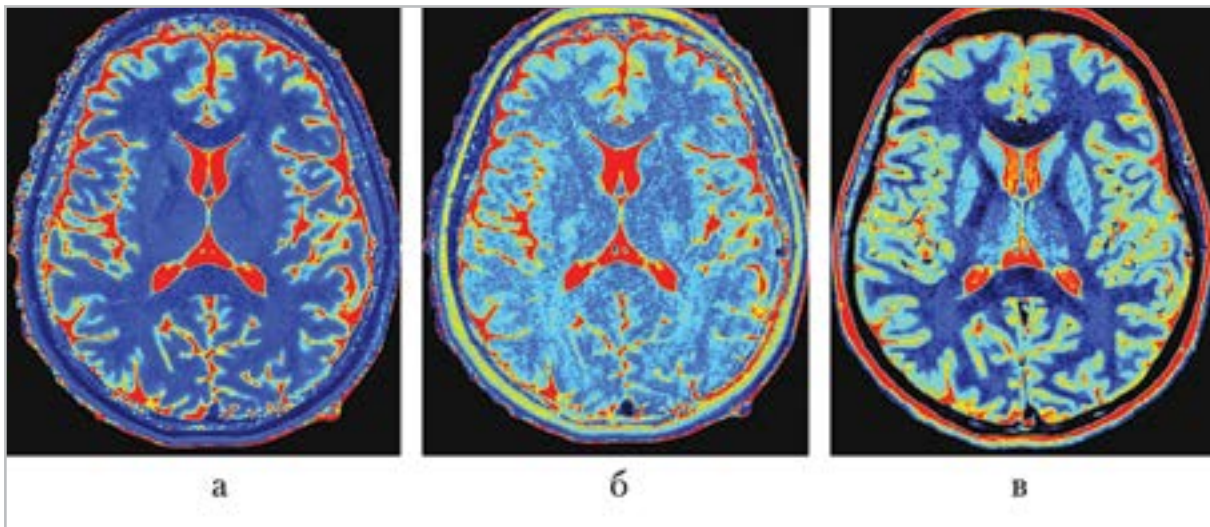


Рис. 2. Цветовые релаксометрические карты: *а* — карта T1; *б* — карта T2; *в* — карта протонной плотности

19) белое вещество полушарий мозжечка; 20) кора полушария мозжечка;

21) средняя ножка мозжечка. В силу различного размера тех или иных

участков вещества головного мозга (например, достаточно большая площадь белого вещества при относительно тонкой корковой области) площадь областей интереса была также различной и находилась в пределах от 5 до 50 мм². Выбор областей интереса осуществлялся таким образом, чтобы стандартное отклонение времени T1 для точек любой области по возможности не превышало 100 мс.

Статистическая обработка результатов

Статистический анализ данных по областям интереса проводился с помощью программ Microsoft Excel (Microsoft, США), Statistica (StatSoft, США), IBM SPSS Statistics (IBM, США). Для исследования использовали средние значения времени релаксации T1, T2 и протонной плотности по области интереса. С целью нивелирования возможного вклада функциональной доминантности полушарий для ряда исследований использовались средние значения релаксометрических показателей между правым и левым полушариями. В случае анализа данных по каждому полушарию в отдельности в анализ были включены только данные о пациентах с правой доминантной рукой. Для оценки связи релаксометрических данных с возрастом проводилось построение диаграмм рассеяния. В случае обнаружения признаков линейной зависимости переменных производился расчет коэффициента корреляции по Спирмену. Для сравнения показателей между областями правого и левого полушарий применялся непараметрический критерий Манна — Уитни. Для проведения сравнений между областями серого или белого вещества использовались непараметрический критерий Крускала —

Уоллиса и последующие множественные сравнения (post hoc-анализ) с применением поправки Бонферрони.

Результаты и их обсуждение

Данные релаксометрических показателей серого и белого вещества

Данные T1, T2 и протонной плотности в сером и белом веществе головного мозга приведены на рис. 3–8. При проведении расчетов использовались усредненные значения релаксометрических показателей для симметричных областей интереса в правом и левом полушариях большого мозга. Представлены данные по средним значениям выборок (mean), стандартным ошибкам средних значений (SE), стандартным отклонениям (SD).

Следует отметить, что из супратенториальных областей интереса измерение значений релаксометрических показателей в белом веществе и подкорковых узлах представляется нам более точным в силу большей пространственной возможности для выбора точек измерения. Области коры полушарий большого мозга, напротив, имеют меньшую толщину, поэтому возможность точного измерения меньшая. Определенный вклад в вариабельность значений для серого вещества коры полушарий большого мозга могут вносить не только естественные различия между областями интереса, но также и наличие вблизи корковых участков субарахноидальных ликворных пространств (что ведет к повышению значений T1, T2 и протонной плотности) и попадание в срез участков белого вещества. Подобные сложности присутствуют также при проведении измерений в коре мозжечка. Кроме того, на аксиальных срезах затруднительно различение серого и белого вещества

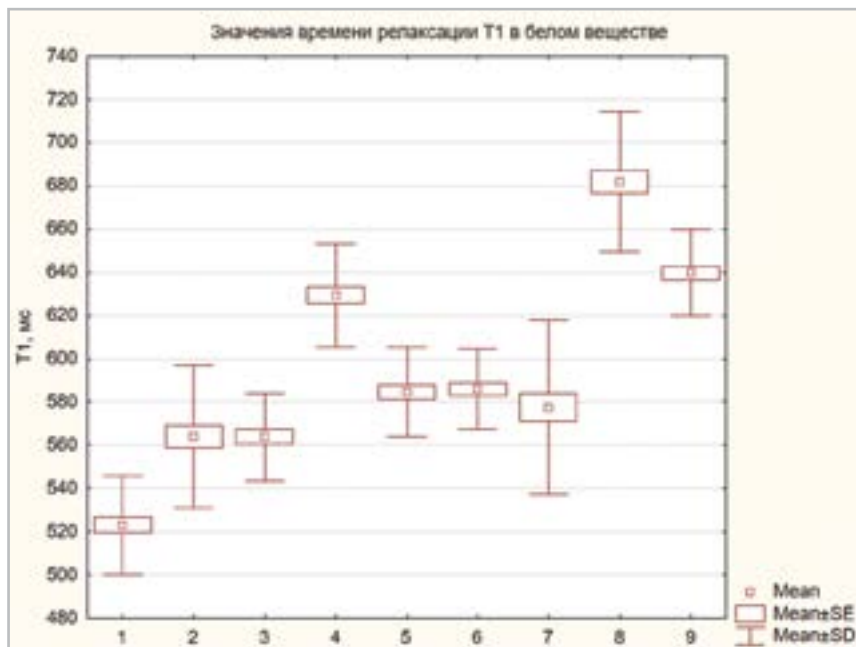


Рис. 3. Диаграмма времени релаксации T1 в различных отделах белого вещества головного мозга. Обозначения областей интереса: 1 — колено мозолистого тела; 2 — валик мозолистого тела; 3 — белое вещество передних отделов лобной доли; 4 — белое вещество теменной доли; 5 — белое вещество височной доли; 6 — белое вещество затылочной доли; 7 — внутренняя капсула; 8 — средняя ножка мозжечка; 9 — белое вещество полушария мозжечка

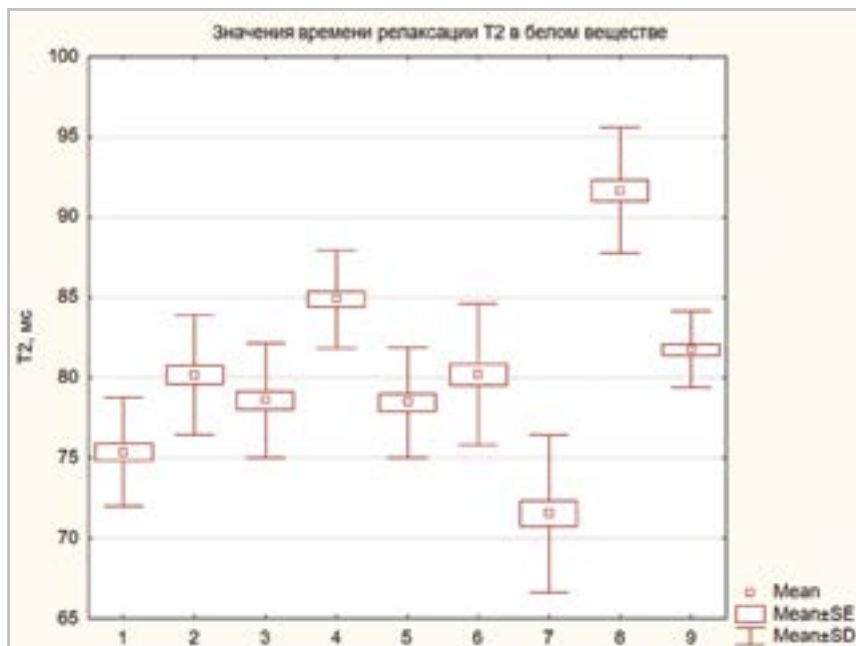


Рис. 4. Диаграмма времени релаксации T2 в различных отделах белого вещества головного мозга. Обозначения областей интереса такие же, как и на рис. 3

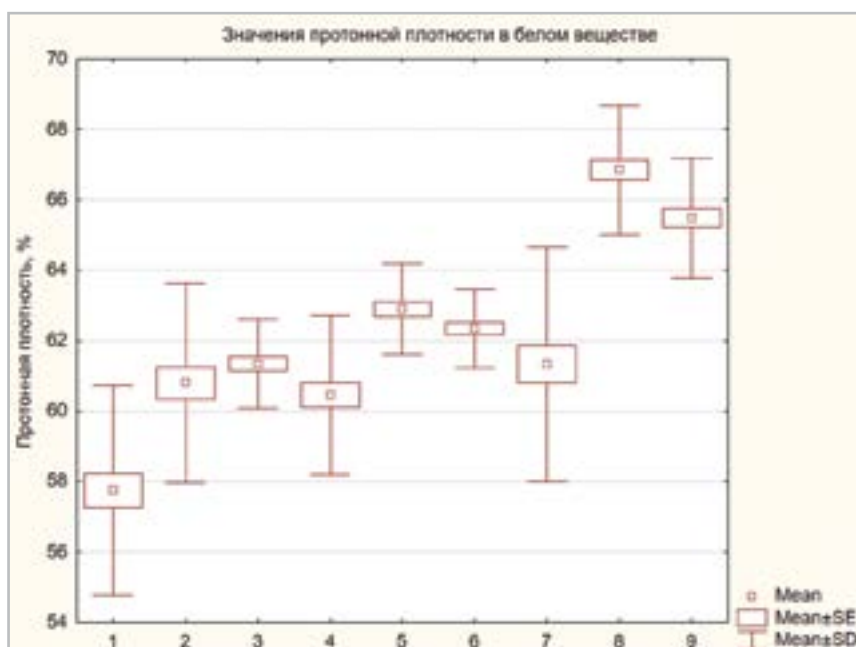


Рис. 5. Диаграмма значений протонной плотности в различных отделах белого вещества головного мозга. Обозначения областей интереса такие же, как и на рис. 3

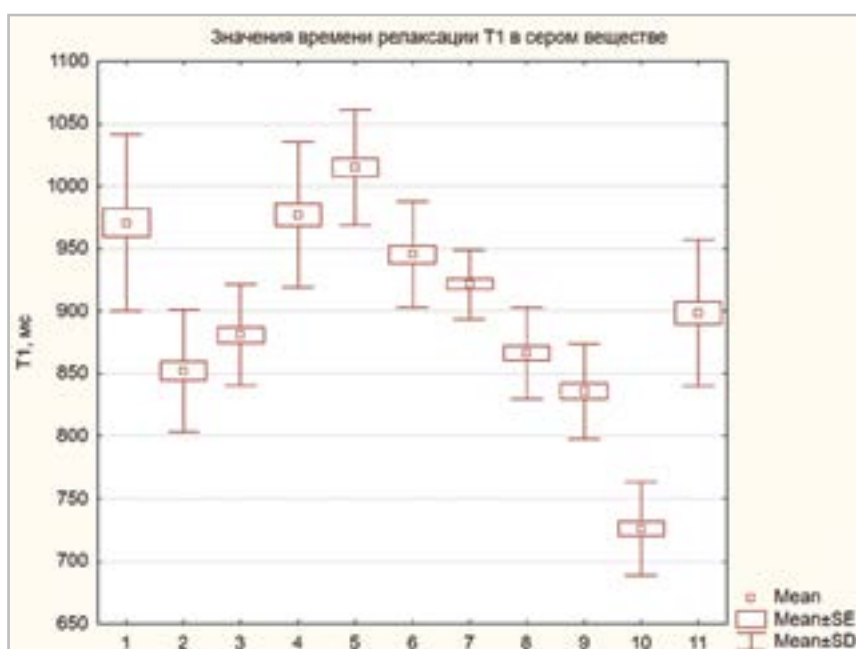


Рис. 6. Диаграмма времени релаксации T1 в различных отделах серого вещества головного мозга. Обозначения областей интереса: 1 — кора передних отделов лобной доли; 2 — кора прецентральной извилины; 3 — кора теменной доли; 4 — кора височной доли; 5 — кора островковой доли; 6 — кора затылочной доли; 7 — хвостатое ядро; 8 — скорлупа; 9 — таламус (подушка); 10 — черная субстанция; 11 — кора полушария мозжечка

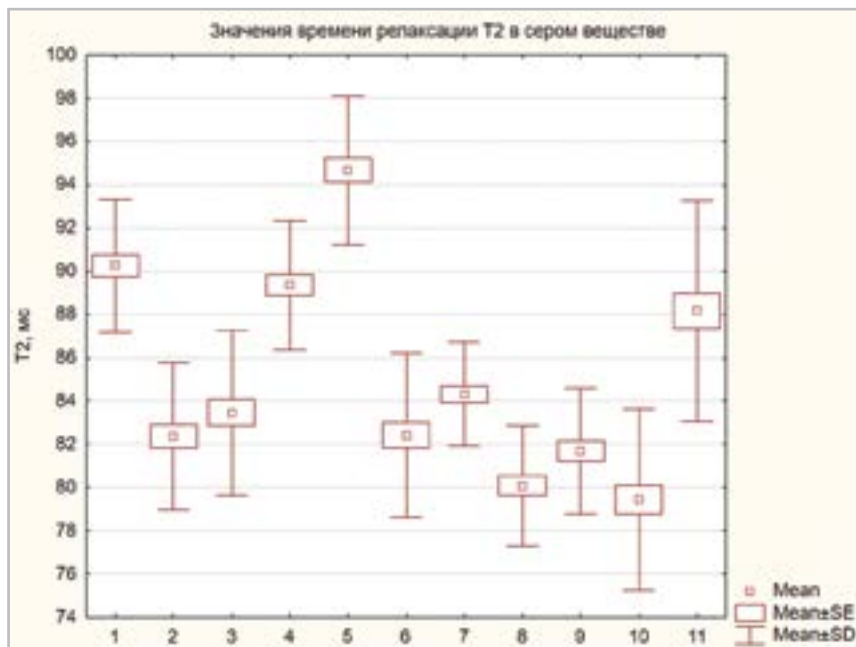


Рис. 7. Диаграмма времени релаксации T2 в различных отделах серого вещества головного мозга. Обозначения областей интереса такие же, как и на рис. 6

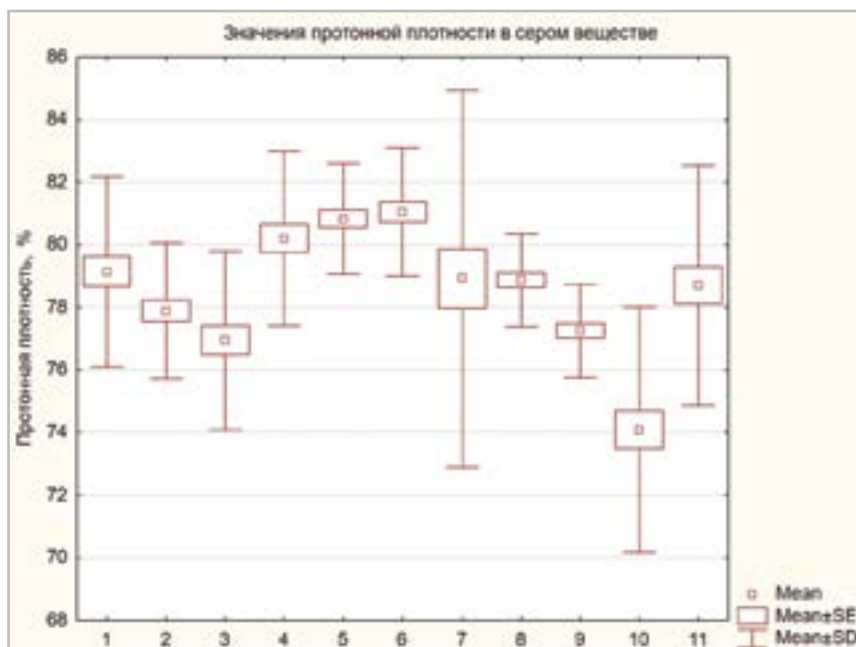


Рис. 8. Диаграмма значений протонной плотности в различных отделах серого вещества головного мозга. Обозначения областей интереса такие же, как и на рис. 6

гиппокампальной области, вследствие чего гиппокампы были исключены из сравнения релаксометрических показателей по серому и белому веществу.

Среди измеренных значений T1, T2 и протонной плотности было показано присутствие регионарных различий в белом веществе (Н-критерий Крускала — Уоллиса равнялся соответственно 263, 228 и 215, при $p < 0,01$). Проведенные измерения релаксометрических показателей в веществе мозолистого тела позволяют выделить его неоднородность, которая, будучи определенной количественно, представляется нам более наглядной, чем визуальная оценка интенсивности МР-сигнала. Так, было показано, что время T1, время T2 и протонная плотность в колоне мозолистого тела имеют более низкие значения, чем в валике мозолистого тела. При проведении множественных сравнений T1 и протонной плотности по всем 9 областям интереса данные различия с уровнями значимости $p = 0,001$ для критерияльной статистики в обоих случаях были нивелированы за счет поправки Бонферрони, однако для T2 данные значения остались значимыми ($p = 0,001$), в том числе с учетом поправки. Выявленные различия соотносятся с данными исследования S. Hofer et al. [6], которые показали уменьшение плотности нервных волокон при движении от колена мозолистого тела дорсально с последующим некоторым ее увеличением в области валика мозолистого тела, которая не доходит до значений в области колена. Подразумевается, что более плотная упаковка нервных волокон влечет за собой снижение внеклеточного содержания воды и как следствие снижение времени релаксации. Следует также отметить более низкие значения T1 для

колена мозолистого тела при сравнении с другими областями интереса в белом веществе мозга, что может говорить о более плотной организации волокон в нем. В целом регионы белого вещества полушарий большого мозга (лобная, височная, затылочная области) имели сходные значения T1 и T2, за исключением белого вещества постцентральной извилины, которое имело значимо более высокие значения T1 и T2, однако не отличалось по значениям протонной плотности от белого вещества иных отделов больших полушарий, кроме височной доли. Структуры белого вещества инфратенториальных областей (полушарие мозжечка, средняя ножка мозжечка) имели более высокие значения T1, чем супратенториальные структуры (за исключением белого вещества постцентральной извилины). Наряду с этим значения T2 в белом веществе полушарий мозжечка были ниже таковых для средних ножек мозжечка. Также следует отметить более низкие значения T2 в веществе внутренней капсулы при сравнении с иными участками белого вещества, за исключением колена мозолистого тела, которое, как было указано выше, имеет плотный паттерн расположения нервных волокон. Вместе с тем значения T1 в веществе внутренней капсулы были выше таковых для колена мозолистого тела. Вероятным объяснением подобных релаксометрических характеристик внутренней капсулы является, возможно, меньшая степень миелинизации проводников колена мозолистого тела (меньшее время T1) при наличии большой степени миелинсвязанной воды во внутренней капсуле, присутствие которой зачастую ассоциировано со снижением времени T2 во фракции внеклеточной воды [13].

Регионарные различия выявлены и для релаксометрических параметров серого вещества головного мозга (значения критерия Крускала — Уоллиса для T1, T2 и протонной плотности 309, 287, 154, при $p < 0,01$). Среди корковых областей наименьшее время T1 имела область прецентральной и постцентральной извилин. При анализе времени T2 указанные различия сохранялись, однако к ним также добавилось уменьшение времени T2 в веществе затылочных долей. По данным исследования с построением релаксометрических карт, выполненного D. Carey et al. с построением параметрических релаксометрических карт, область центральных извилин и затылочная область характеризовались наибольшей степенью миелинизации среди участков коры полушарий большого мозга и соответственно большими скоростями релаксации R1 и R2*, которые обратно пропорциональны соответствующему времени релаксации [3]. Низкие значения T1 в черной субстанции могут быть связаны с наличием в ее структуре нейромеланина [12].

Наряду с вышеописанными закономерностями, следует отметить следующую техническую особенность проведения релаксометрии для достоверного сравнения результатов, а именно необходимость выполнения исследования на аппаратах с идентичными техническими характеристиками, а также на одном программном обеспечении. При сравнении наших результатов с данными других исследований отмечаются различия в абсолютных значениях релаксометрических показателей. В нашей работе средние значения T1, T2 и протонной плотности для белого вещества составили 594 и 80 мс, 62 %, а для серого вещества — 903 и 85 мс, 78 %. В исследовании G. Körzdörfer et al. [8] для технологии

MR fingerprinting средние значения T1 и T2 для белого вещества составили 954 и 39 мс, а для серого — 1372 и 53 мс соответственно. Значения T2 имели большую вариабельность, чем значения T1. Вариабельность показателей релаксации в исследовании, проведенном на добровольцах, была выше, чем в исследовании, проведенном на фантоме. Вместе с тем наилучшей аппроксимацией реальных релаксометрических показателей авторы называют импульсные последовательности на основе одиночных измерений методом спинного эха, которые тем не менее являются существенно более затратными по времени. Подобные релаксометрические исследования с применением импульсной последовательности на основе спинного эха показывают для белого вещества T1 800–860 мс и T2 55–65 мс, для серого — T1 1000–1500 мс и T2 59–74 мс [8].

Связь релаксометрических показателей с возрастом

При анализе усредненных значений времени T1 была показана связь значений для белого вещества лобных долей ($R = 0,38$; $p = 0,013$), гиппокампов ($R = -0,52$; $p = 0,0005$; рис. 9) и таламусов с возрастом (при аппроксимации линейной моделью зависимости T1 от возраста для таламуса была получена значимая корреляция только по Пирсону, но не по Спирмену). При анализе усредненных значений времени T2 была выявлена связь с возрастом значений для белого вещества лобных долей ($R = 0,46$; $p = 0,003$; рис. 10). Данные различия являлись наиболее явными и сочетались с возраст-зависимой динамикой соответствующих показателей релаксации как минимум в одном из полушарий при раздельном анализе

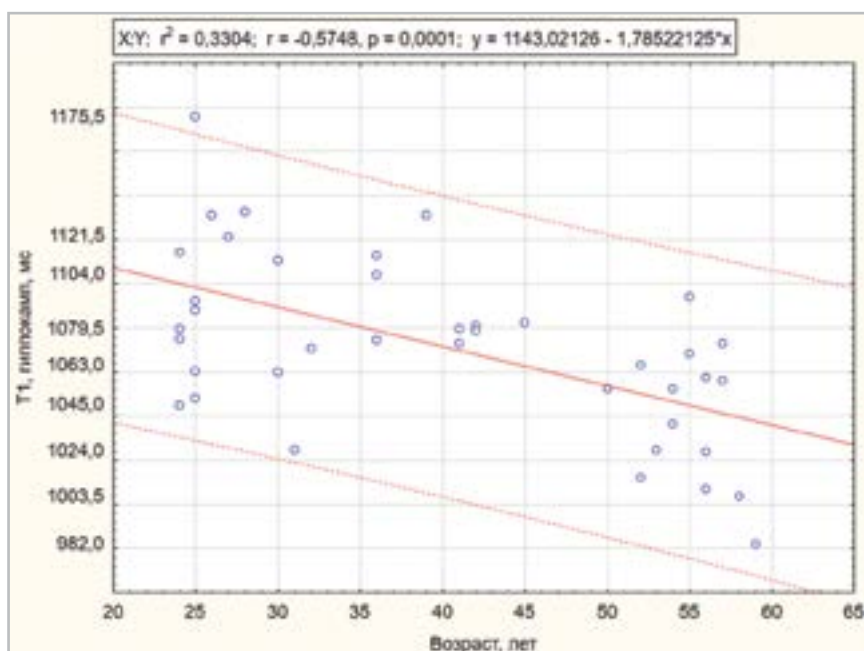


Рис. 9. Диаграмма взаимосвязи средних значений T1 вещества гиппокампов с возрастом

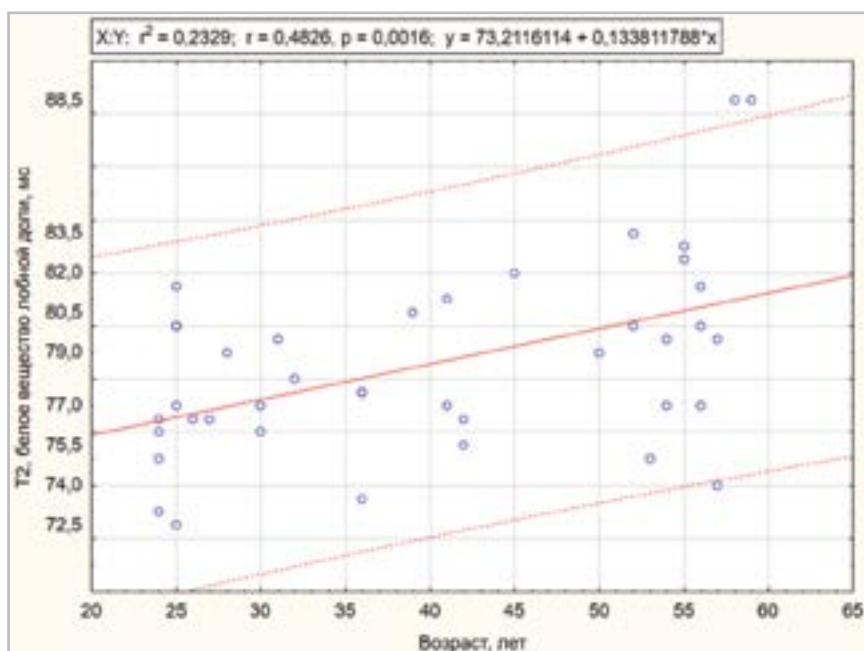


Рис. 10. Диаграмма взаимосвязи средних значений T2 белого вещества лобных долей слева и справа с возрастом

релаксометрических свойств их вещества. Из непарных областей интереса отмечалось увеличение T2 в коллене мозолистого тела с возрастом ($R =$

$0,38$; $p = 0,015$). Между возрастом и релаксометрическими показателями нельзя исключить наличие нелинейной зависимости.

По данным С. Badve et al. [1], значения T1 и T2 в белом веществе лобных долей увеличивались с возрастом, в то время как в височных и затылочных долях оставались относительно постоянными, что согласуется с нашими результатами и может быть объяснено сокращением миелиновой фракции воды и повышением внутри- и внеклеточной ее фракции [13]. В свою очередь, снижение T1 и T2 в гиппокампальных областях может быть связано с возрастной аккумуляцией железа, ускоряющего релаксацию тканевых протонов [7]. В свою очередь, показанная С. Badve et al. [1] возрастная динамика показателей релаксации в черной субстанции нами выявлена не была.

Межполушарная асимметрия релаксометрических показателей

Сравнение показателей между сторонами, проведенное в группе пациентов с доминантной правой рукой, позволило выявить ряд различий, которые могут иметь функциональный и морфологи-

ческий субстрат. Так, слева большие значения имели протонная плотность в белом веществе лобной доли ($Z = 2,32$; $p = 0,02$) и значения T1 в хвостом ядре ($Z = 2,45$; $p = 0,014$). Справа были выявлены бо́льшие значения T2 в коре прецентральной извилины ($Z = -2,82$; $p = 0,005$), белом веществе теменной ($Z = -4,45$; $p < 0,01$), височной ($Z = -3,01$; $p = 0,002$) долей, коре височной доли ($Z = -2,29$; $p = 0,02$), белом веществе затылочной доли ($Z = -2,77$; $p = 0,006$), средней ножке мозжечка ($Z = -3,17$; $p = 0,002$). Снижение времени T2 в кортикально-субкортикальных областях слева (рис. 11–15) может быть связано с относительно большей степенью миелинизации в функционально доминантном полушарии, что для корковых областей было показано в работе D. Carey et al. [3].

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать заключение о применимости метода

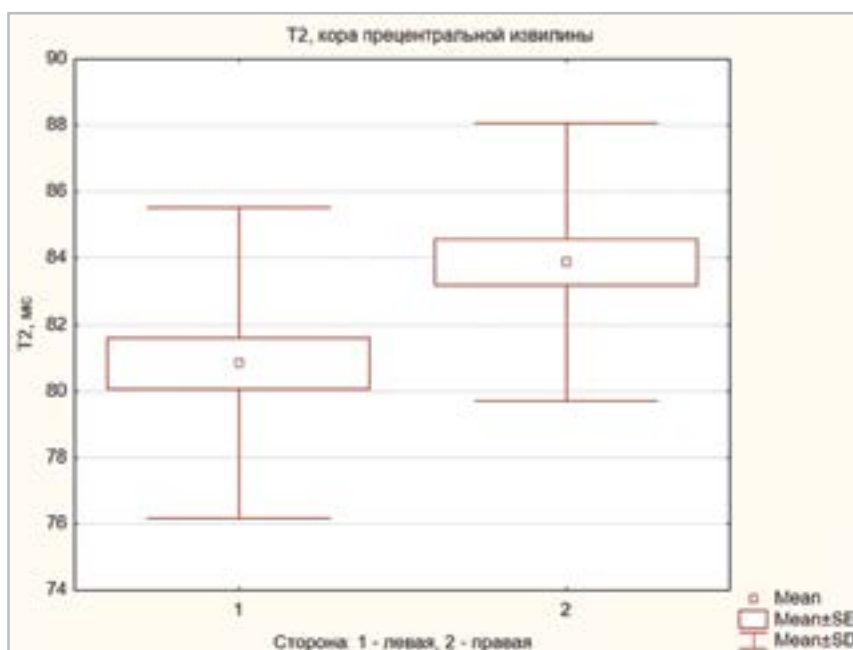


Рис. 11. Диаграмма различий времени T2 в коре прецентральной извилины слева и справа

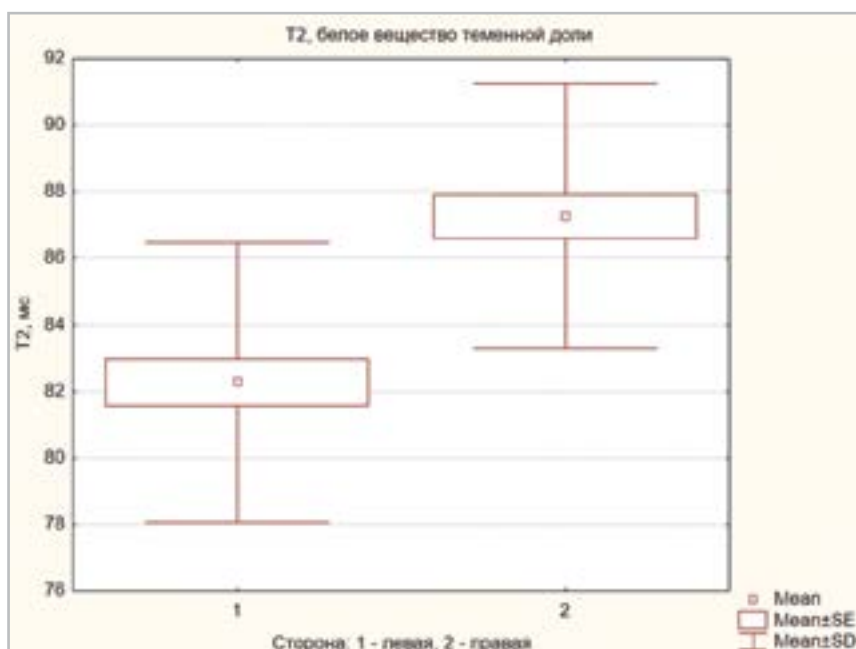


Рис. 12. Диаграмма различий времени T2 в белом веществе теменной доли слева и справа

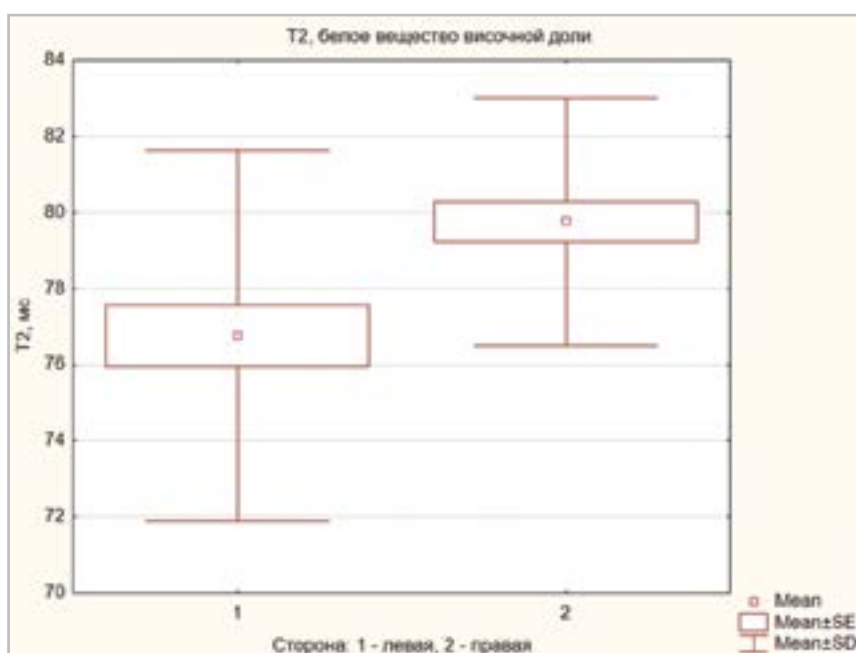


Рис. 13. Диаграмма различий времени T2 в белом веществе височной доли слева и справа

МР-релаксометрии в выявлении регионарных различий вещества головного мозга, невидимых или слабо видимых при обычном изучении МР-изображений. Данные отличия могут

быть связаны с различной плотностью нервных волокон, разной миелинизацией как серого, так и белого вещества, наличием локального накопления определенных веществ, влияющих на

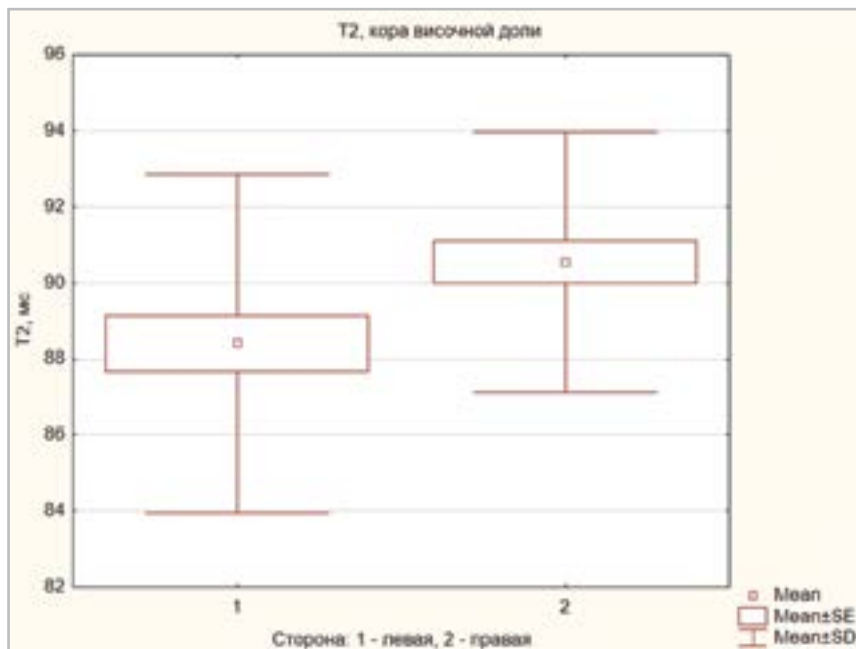


Рис. 14. Диаграмма различий времени T2 в коре височной доли слева и справа

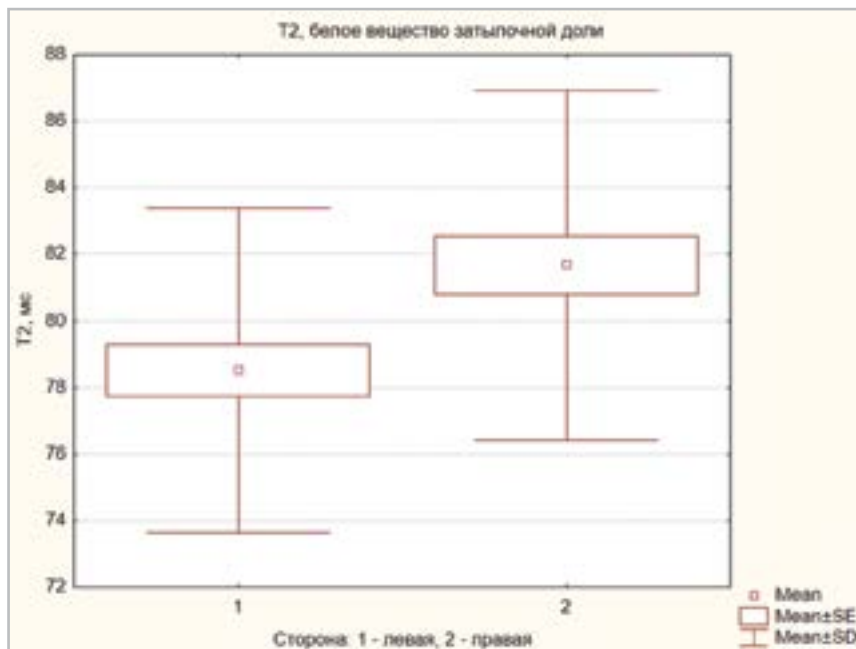


Рис. 15. Диаграмма различий времени T2 в белом веществе затылочной доли слева и справа

релаксационные свойства тканей (например, железа и нейромеланина). Кроме того, на релаксометрическом уровне были выявлены тонкие возрастные изменения вещества мозга. Найденные

признаки межполушарной асимметрии вещества мозга могут иметь также функциональные причины. Таким образом, МР-релаксометрия представляется нам не только методикой для

количественной оценки изменений, видимых глазом на традиционных МР-изображениях, но и научным методом для изучения тонких особенностей вещества головного мозга, имеющих как структурно-анатомическую, так и метаболическую основу.

Список литературы / References

1. *Badve C., Yu A., Rogers M., Ma D., Liu Y., Schluchter M., Sunshine J., Griswold M., Gulani V.* Simultaneous T1 and T2 brain relaxometry in asymptomatic volunteers using magnetic resonance fingerprinting // *Tomography*. 2015. V. 1. № 2. P. 136–144.
2. *Baranovicova E., Kantorova E., Kalenska D., Lichardusova L., Bittsan-Sky M., Dobrota D.* Thalamic paramagnetic iron by T2* relaxometry correlates with severity of multiple sclerosis // *J. Biomed. Res.* 2017. V. 31. № 4. P. 301–305.
3. *Carey D., Caprini F., Allen M., Lutti A., Weiskopf N., Rees G., Callaghan M. F., Dick F.* Quantitative MRI provides markers of intra-, inter-regional, and age-related differences in young adult cortical microstructure // *Neuroimage*. 2018. V. 182. P. 429–440.
4. *Cheng H. L., Stikov N., Ghugre N. R., Wright G. A.* Practical medical applications of quantitative MR relaxometry // *J. Magn. Reson. Imag.* 2012. V. 36. № 4. P. 805–824.
5. *De Blank P., Badve C., Gold D. R., Stearns D., Sunshine J., Dastmalchian S., Tomei K., Sloan A. E., Barnholtz-Sloan J. S., Lane A., Griswold M., Gulani V., Ma D.* Magnetic resonance fingerprinting to characterize childhood and young adult brain tumors // *Pediatr. Neurosurg.* 2019. V. 54. № 5. P. 310–318.
6. *Hofer S., Wang X., Roeloffs V., Frahm J.* Single-shot T1 mapping of the corpus callosum: a rapid characterization of fiber bundle anatomy // *Front. Neuroanat.* 2015. V. 9. P. 57.
7. *House M. J., St Pierre T. G., Foster J. K., Martins R. N., Clarnette R.* Quantitative MR imaging R2 relaxometry in elderly participants reporting memory loss // *AJNR. Am. J. Neuroradiol.* 2006. V. 27. № 2. P. 430–439.
8. *Körzdörfer G., Kirsch R., Liu K., Pfeuffer J., Hensel B., Jiang Y., Ma D., Gratz M., Bar P., Bogner W., Springer E., Lima Cardoso P., Umutlu L., Trattnig S., Griswold M., Gulani V., Nittka M.* Reproducibility and repeatability of MR fingerprinting relaxometry in the human brain // *Radiol.* 2019. V. 292. № 2. P. 429–437.
9. *Lonnfors-Weitzel T., Weitzel T., Slotboom J., Kiefer C., Pollo C., Schupbach M., Oertel M., Kaelin A., Wiest R.* T2 relaxometry predicts outcome of DBS in idiopathic Parkinson's disease // *Neuroimage Clin.* 2016. V. 12. P. 832–837.
10. *Ma D., Gulani V., Seiberlich N., Liu K., Sunshine J. L., Duerk J. L., Griswold M. A.* Magnetic resonance fingerprinting // *Nature*. 2013. V. 495. № 7440. P. 187–192.
11. *Moon H. J., Chang Yu., Lee Yu. S., Song H. J., Chang H. W., Ku J., Cho Y. W.* T2 relaxometry using 3.0 tesla magnetic resonance imaging of the brain in early- and late-onset restless legs syndrome // *J. Clin. Neurol.* 2014. V. 10. № 3. P. 197–202.
12. *Moon W. J., Park J. Yu., Yun W. S., Jeon J. Yu., Moon Yu. S., Kim H., Kwak K. C., Lee J. M., Han S. H.* A Comparison of substantia nigra T1 hyperintensity in Parkinson's disease dementia, Alzheimer's disease and age-matched controls: volumetric analysis of neuromelanin imaging // *Korean J. Radiol.* 2016. V. 17. № 5. P. 633–640.
13. *Papadaki E., Kavroulakis E., Kalaitzakis G., Karageorgou D., Makrakis D., Maris T. G.,*

- Simos P. G.* Age-related deep white matter changes in myelin and water content: A T2 relaxometry study // J. Magn. Reson. Imaging. 2019. V. 50. № 5. P. 1393–1404.
14. *Sato S., Iwasaki M., Suzuki H., Mugikura S., Jin K., Tominaga T., Takase K., Takahashi S., Nakasato N.* T2 relaxometry improves detection of non-sclerotic epileptogenic hippocampus // Epilepsy Res. 2016. V. 126. P. 1–9.
15. *Tanenbaum L. N., Tsiouris A. J., Johnson A. N., Naidich T. P., DeLano M. C., Melhem E. R., Quarterman P., Parameswaran S. X., Shankaranarayanan A., Goyen M., Field A. S.* Synthetic MRI for clinical neuroimaging: results of the magnetic resonance image compilation (MAGiC) prospective, multicenter, multireader trial // AJNR/ Am. J. Neuroradiol. 2017. V. 38. № 6. P. 1103–1110.

Сведения об авторах

Чехонин Иван Владимирович, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская ул, д. 16.
Тел.: +7 (903) 292-11-53. Электронная почта: Ivan-Chekhonin@yandex.ru, ichekhonin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-6652-2472

Chekhonin Ivan Vladimirovich, Postgraduate, 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 (903) 292-11-53. E-mail: Ivan-Chekhonin@yandex.ru, ichekhonin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-6652-2472

Шевченко Александр Михайлович, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Тел.: +7 (925) 488-83-60. Электронная почта: shevchenko@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-4779-2370

Shevchenko Aleksandr Mihajlovich, Postgraduate, 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: 0000-0002-4779-2370

Фадеева Людмила Михайловна, ведущий инженер отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Тел.: +7 (917) 595-30-93. Электронная почта: LMF@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-3240-5585

Fadeeva Ljudmila Mihajlovna, Lead Engineer, 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: 0000-0002-3240-5585

Шульц Евгений Игоревич, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. 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: 0000-0001-5406-944X

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: 0000-0001-5406-944X

Баталов Артем Игоревич, кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Тел.: +7 (916) 066-20-50. Электронная почта: abatalov@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-8924-7346

Batalov Artem Igorevich, Ph. D. Med., Research Assistant, 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: 0000-0002-8924-7346

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Тел.: +7 (499) 972-85-55. Электронная почта: nzakharova@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-0516-3613

Zakharova Natal'ya Evgen'evna, M. D. Med., Professor of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, 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: nzakharova@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-0516-3613

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, 4-я Тверская-Ямская улица, д. 16.
Электронная почта: pronin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-4480-0275

Pronin Igor' Nikolaevich, M. D. Med., 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.
E-mail: pronin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-4480-0275

Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 18-29-01018.
Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание
не затрагивают конкурирующих интересов.*

Тривентрикулоцистерностомия в лечении гидроцефалии (обзор литературы с собственным клиническим наблюдением)

Р. М. Афандиев*, Н. Е. Захарова, А. Е. Коршунов, А. Ю. Беляев, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России

Third Ventriculostomy in the Treatment of Hydrocephalus ((Case Report and Literature Review)

R. M. Afandiev*, N. E. Zakharova, A. E. Korshunov, A. Yu. Belyaev, I. N. Pronin

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

Реферат

Основной причиной развития обструктивной гидроцефалии является окклюзия ликворных пространств по ходу желудочковой системы. Симптоматика у таких пациентов развивается в зависимости от скорости развития гидроцефалии. Острая обструктивная гидроцефалия вызывает внезапное повышение внутричерепного давления, которое может привести к смерти, тогда как при хронической гидроцефалии симптомы могут прогрессировать медленнее или даже отсутствовать. Одним из основных методов хирургического лечения обструктивной гидроцефалии является эндоскопическая тривентрикулоцистерностомия. Магнитно-резонансная томография, и, в частности, трехмерные последовательности и фазоконтрастная визуализация ликвородинамики, играет важнейшую роль в предоперационной и послеоперационной оценке обструктивной гидроцефалии.

Ключевые слова: гидроцефалия, тривентрикулоцистерностомия, магнитно-резонансная томография, фазоконтрастная магнитно-резонансная томография.

Abstract

Obstructive hydrocephalus develops due to the occlusion of CSF spaces in the ventricular system. Endoscopic third ventriculostomy is the main surgical method of obstructive hydrocephalus treatment

* Афандиев Рамин Малик оглы, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. 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: 0000-0001-6384-7960

Afandiev Ramin Malik ogly, Postgraduate 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, 16, Moscow, 125047, Russia.
Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: rafandiev@nsi.ru
ORCID: 0000-0001-6384-7960

Magnetic resonance imaging, and in particular three-dimensional sequences and phase-contrast imaging can play a critical role in the preoperative and postoperative assessment of obstructive hydrocephalus.

Key words: Hydrocephalus, Third Ventriculostomy, Magnetic Resonance Imaging, Phase-contrast Magnetic Resonance Imaging.

Актуальность

Гидроцефалия — это расширение желудочков мозга в результате нарушения секреции, циркуляции или резорбции ликвора. Интравентрикулярная обструктивная гидроцефалия возникает чаще в результате обструкции водопровода мозга или выходных отверстий IV желудочка [1]. При остром развитии гидроцефалия создает угрозу жизни за счет повышения внутричерепного давления и риска дислокации и вклинения мозга. Лечение гидроцефалии — хирургическое и может состоять в устранении причин обструкции, шунтировании ликвора за пределы полости черепа либо создании альтернативных путей циркуляции ликвора. К последней категории операций относится эндоскопическая тривентрикулоцистерностомия, которая в последние годы часто применяется для лечения интравентрикулярной обструктивной гидроцефалии как у взрослых, так и у детей старше 6-месячного возраста. Этот вид операции выгодно отличается от ликворошунтирующих операций отсутствием необходимости имплантации механических шунтирующих систем, не отличающихся высокой надежностью (не менее 50 % шунтов прекращают функционировать в течение первых 5 лет после имплантации). Наиболее типичным показанием к эндоскопической тривентрикулоцистерностомии является гидроцефалия, вызванная неопухолевой окклюзией во-

допровода мозга (так называемый идиопатический стеноз водопровода мозга) [2, 12, 15]. Именно описанию такого случая и посвящена данная работа.

Рутинная магнитно-резонансная томография (МРТ) недостаточно чувствительна для выявления стеноза водопровода и подтверждения проходимости вентрикулостомии [5]. Феномен быстрого потока, который демонстрирует свободный ток ликвора, как оказалось, не гарантирует связь между желудочковой системой и субарахноидальным пространством после эндоскопической тривентрикулоцистерностомии [11]. Более того, уменьшение размера желудочковой системы или ударного объема цереброспинальной жидкости в пределах вентрикулостомии или базальных цистерн не смогло точно определить проходимость послеоперационной стомы [7, 13]. На сегодняшний день двумерная фазоконтрастная МРТ (2D-PC-MRI) с кардиосинхронизацией является признанным методом исследования потока цереброспинальной жидкости [4, 7]. Кроме того, с помощью ФК-МРТ можно количественно оценить амплитудные и объемные показатели ликвородинамики [1, 3]. В дополнение к ФК-МРТ использование импульсных последовательностей FIESTA и T2 CUBE позволяет более детально оценить морфологию ликворных пространств и особенно водопровода мозга и его проходимость.

Цель: описание клинической и рентгенологической картины у пациентки с обструктивной гидроцефалией до и после проведения эндоскопической тривентрикулоцистерностомии, а также обзор современной литературы.

Клиническое наблюдение

Пациентка Э., 16 лет, поступила в «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России с жалобами на постоянные головные боли, тошноту, рвоту и нарушение зрения.

При осмотре офтальмологом выявлены признаки внутричерепной гипертензии с выраженными застойными дисками зрительных нервов с кровоизлияниями.

Пациентке была выполнена МРТ головного мозга с применением ФК-МРТ с кардиосинхронизацией на томографе 1,5 Тл. По ее результатам выявлено утолщение четверохолмной пластинки,

что препятствовало току ликвора через водопровод и вызывало обструктивную тривентрикулярную гидроцефалию (рис. 1, а). Отмечалось увеличение боковых желудочков с перивентрикулярными изменениями (интерстициальный отек), ширина III желудочка составляла 15 мм. Подоболочечные пространства зрительных нервов были расширены. Выявлялось пролабирование дна III желудочка в направлении межжелезистой цистерны, что указывало на наличие градиента давления между желудочками и субарахноидальными пространствами.

С учетом клинической симптоматики и данных МРТ было принято решение об оперативном лечении с применением эндоскопической тривентрикулоцистерностомии.

В условиях эндотрахеального наркоза из линейного разреза мягких тканей в правой лобной области через фрезевое

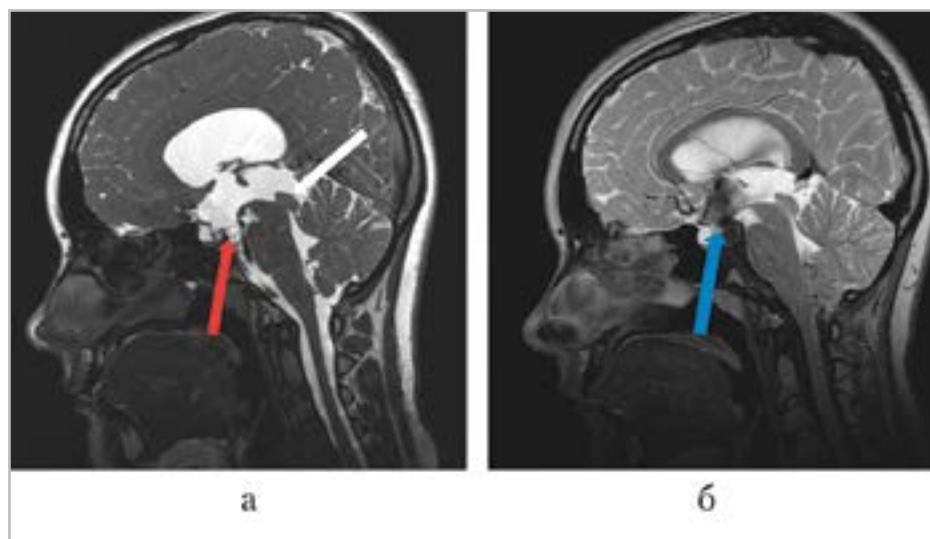


Рис. 1. МР-томограммы головного мозга у пациентки с обструктивной гидроцефалией до и после эндоскопической тривентрикулоцистерностомии: а — FIESTA; б — T2 CUBE. На сагиттальном изображении в режиме FIESTA определяется стеноз водопровода (белая стрелка) и пролапс дна III желудочка (красная стрелка). На сагиттальной МР-томограмме в режиме T2 CUBE визуализируется потеря сигнала в области послеоперационной стомы (синяя стрелка)

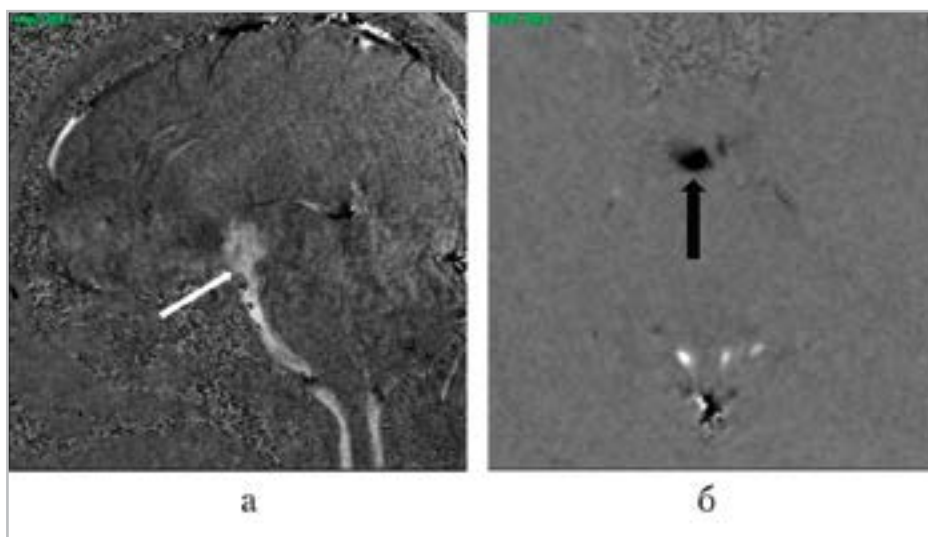


Рис. 2. Фазоконтрастные МР-томограммы: данные ФК-МРТ у пациентки после тривентрикулоцистерностомии: *а* — сагиттальное изображение; *б* — аксиальное изображение. Определяется двунаправленный ток ликвора в области послеоперационной стомы (*белая стрелка* — краниокаудальный поток ликвора, *черная стрелка* — каудокраниальный поток ликвора)

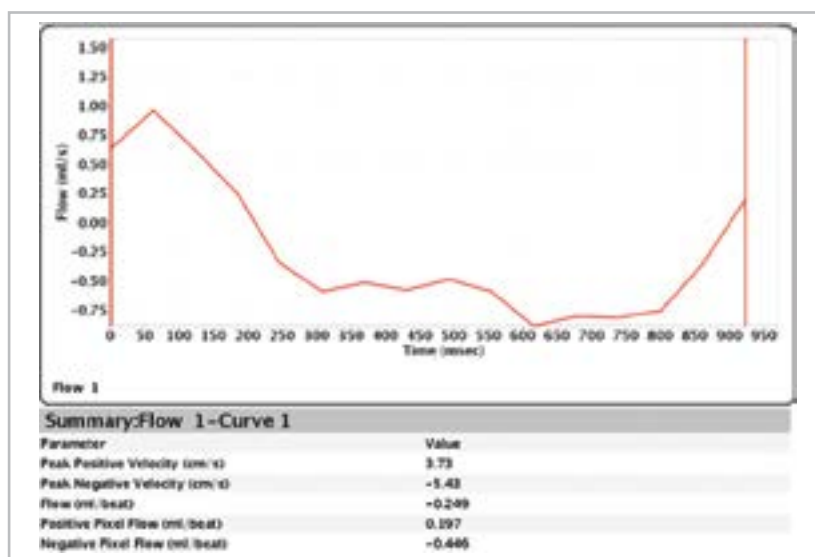


Рис. 3. Фазоконтрастная МР-диаграмма: количественные показатели ликворотока на уровне послеоперационной стомы у пациентки после тривентрикулоцистерностомии. Положительные показатели демонстрируют движение ликвора в краниокаудальном направлении, отрицательные — в каудокраниальном направлении

отверстие троакарном эндоскопа канюлирован правый боковой желудочек. Под прямым визуальным контролем эндоскоп проведен через правое отверстие Монро в III желудочек. Растянутое дно

III желудочка фенестрировано по средней линии кпереди от просвечивавшей через него развилки основной артерии, фенестрирована арахноидальная мембрана Лилиековста, расположенная под

дном III желудочка. Визуализирован ствол основной артерии. Края вентрикулостомы отчетливо запульсировали в такт с сердцебиением. Эндоскоп извлечен, мягкие ткани ушиты.

Через день после операции пациентке была выполнена контрольная МРТ головного мозга с исследованием ликвородинамики, на которой определялась нормально функционирующая послеоперационная вентрикулостома (рис. 1, б; 2, 3), уменьшение подболобочных пространств зрительных нервов и отсутствие пролабирования дна III желудочка, что свидетельствовало о ликвидации окклюзии и снижении внутричерепного давления.

В неврологическом статусе нарастания дефицита не отмечалось. Пациентка была выписана в удовлетворительном состоянии.

Обсуждение

Самой частой локализацией окклюзии при несообщающейся гидроцефалии является водопровод мозга. Стеноз водопровода можно классифицировать как врожденный или приобретенный. Современные МРТ-методики позволяют с высокой достоверностью диагностировать стеноз водопровода мозга. Одной из таких методик является ФК-МРТ с кардиосинхронизацией, которая позволяет оценить проходимость водопровода до операции и вентрикулостомы после тривентрикулоцистерностомии [1]. Изображения в аксиальной плоскости кодируются в каудокраниальном направлении для количественной оценки ликворотока, а в сагиттальной — для качественной. Кроме того, ФК-МРТ в режиме Cine является полезным методом в предоперационной диагностике окклюзионной гидроцефалии, а также

в отборе пациентов и планировании эндоскопической тривентрикулоцистерностомии.

Использование импульсных последовательностей FIESTA и T2 CUBE (GE Healthcare) позволяет более детально оценить ликворные пространства и анатомические структуры при гидроцефалии.

Для оценки успешности эндоскопической тривентрикулоцистерностомии важной анатомической структурой является мембрана Лилиековиста. Визуализация этой мембраны затруднена с помощью рутинных методов МРТ, однако важно знать ее индивидуальные вариации и взаимосвязь с соседними структурами. O. Algin et al. (2016) в своей работе сделали вывод, что режим FIESTA является полезной импульсной последовательностью для оценки морфологии, целостности и индивидуальных вариаций мембраны Лилиековиста [6].

Дополнительную морфологическую информацию при планировании нейроэндоскопической внутрижелудочковой операции может обеспечить виртуальная эндоскопия (рис. 4, а – з) [1].

V. Rohde et al. (2001) обследовали 18 пациентов, сравнивая интраоперационную реальную анатомию и виртуальную МР-эндоскопию этих структур [14]. Они выявили высокую сопоставимость данных виртуальной МРТ с интраоперационной эндоскопией.

С помощью нейронавигации можно выбрать наиболее безопасную траекторию при планировании операции, избегая какого-либо контакта со структурами, расположенными в проекции межжелезистой цистерны. G. Broggi et al. (2000) подчеркнули, что нейроэндоскопия и нейронавигация дополняют друг

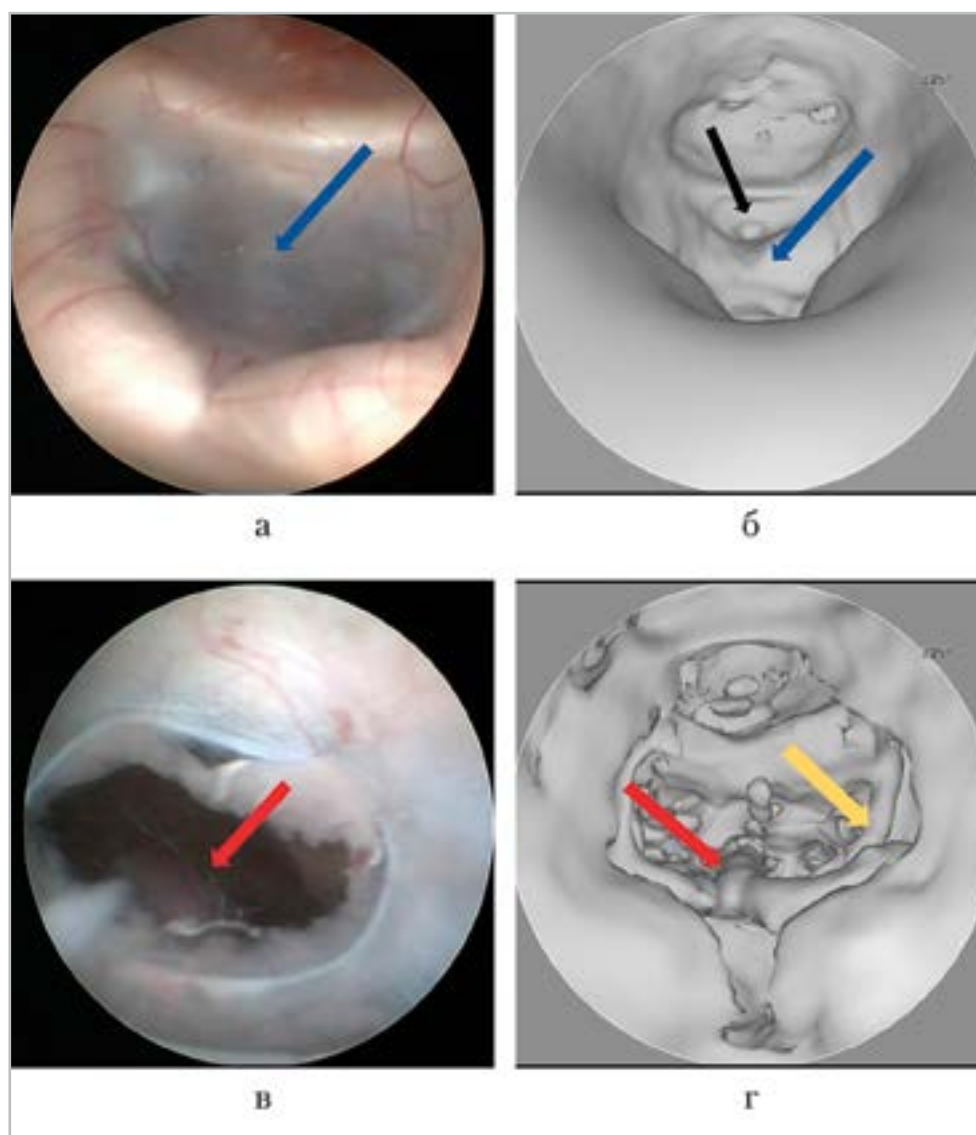


Рис. 4. Интраоперационная эндоскопия и виртуальная МР-навигация у пациентки с obstructивной гидроцефалией до (а, б) и после эндоскопической тривентрикулоцистерностомии (в, г): синие стрелки — дно III желудочка; черная стрелка — углубление воронки; красные стрелки указывают на верхушку базиллярной артерии через тривентрикулярное постоперационное отверстие; желтая стрелка — глазодвигательный нерв (III пара ЧМН)

друга в достижении простых, безопасных и успешных результатов при лечении гидроцефалии различного происхождения [9].

Заключение

На сегодняшний день МРТ является незаменимым инструментом как для

планирования тривентрикулоцистерностомии, так и для послеоперационного ее наблюдения. Использование современных технологий позволяет визуализировать сосудисто-нервные структуры под дном III желудочка и повысить безопасность шунтирующей операции. Нейронавигационное планирование

траектории, а также навигационное поддержание траектории во время эндоскопии снижают риск случайного повреждения жизненно важных структур.

Список литературы

1. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. 2-е изд., перераб. и доп. Т. 3. И. П. «Т. М. Андреева», 2009. 103 с.
2. Коршунов А. Е., Шахнович А. Р., Меликян А. Г. и др. Ликвородинамика при хронической обструктивной гидроцефалии до и после успешной эндоскопической вентрикулостомии III желудочка // Вопросы нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко. 2008. № 4. С. 17–23.
3. Тулунов А. А. Совершенствование МР-томографической визуализации кровотока и ликворотока в области головы и шеи: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2006. 26 с.
4. Abbey P., Singh P., Khandetwal N., Mukherjee K. Shunt surgery effects on cerebrospinal fluid flow across the aqueduct of Sylvius in patients with communicating hydrocephalus // J. Clin. Neurosci. 2009. V. 16. № 4. P. 514–518.
5. Algin O., Hakyemez B., Parlak M. Phase-contrast MRI and 3D-CISS versus contrast-enhanced MR cisternography on the evaluation of the aqueductal stenosis // Neuroradiol. 2010. V. 52. № 2. P. 99–108.
6. Algin O., Kılın M., Özmen E., Ocakoglu G. Assessment of Liliequist membrane by 3D SPACE technique at 3 T // Neuroradiol. 2016. V. 58. № 7. P. 637–647.
7. Bargall N., Olondo L., Garcia A. et al. Functional analysis of third ventriculostomy patency by quantification of CSF stroke volume by using cine phase-contrast MR imaging // AJNR. Am. J. Neuroradiol. 2005. V. 26. № 10. P. 2514–2521.
8. Borghjerg B., Gjerris F., Albeck M. et al. Frequency and causes of shunt revisions in different cerebrospinal fluid shunt types // Acta Neurochir. (Wien). 1995. V. 136. № 3. P. 189–194.
9. Broggi G., Dones I., Ferroli P. et al. Image-guided neuroendoscopy for third ventriculostomy // Acta Neurochir. (Wien). 2000. V. 142. № 8. P. 893–899.
10. Höglund M., Tisell M., Wikkels C. Incidence of surgery for hydrocephalus in adults surveyed: same number afflicted by hydrocephalus as by multiple sclerosis // Lakartidningen. 2001. V. 98. № 14. P. 1681–1685.
11. Hopf N., Grunert P., Fries G. et al. Endoscopic third ventriculostomy: outcome analysis of 100 consecutive procedures // Neurosurgery. 1999. V. 44. № 4. P. 795–804.
12. Lam S., Harris D., Rocque B., Ham S. Pediatric endoscopic third ventriculostomy: a population-based study // J. of Neurosurg.: Pediatrics PED. 2019. V. 14. № 5. P. 455–464.
13. Lev S., Bhadelia R., Estin D. et al. Functional analysis of third ventriculostomy patency with phase-contrast MRI velocity measurements // Neuroradiol. 1997. V. 39. № 3. P. 175–179.
14. Rohde V., Krombach G., Struffert T., Gilsbach J. Virtual MRI endoscopy: detection of anomalies of the ventricular anatomy and its possible role as a presurgical planning tool for endoscopic third ventriculostomy // Acta Neurochir. (Wien). 2001. V. 143. № 11. P. 1085–1091.
15. Stovell M., Zakaria R., Ellenbogen J. et al. Long-term follow-up of endoscopic third ventriculostomy performed in the pediatric population // J. of Neurosurgery: Pediatrics PED. 2019. V. 17. № 6. P. 734–738.

References

1. Kornienko V. N., Pronin I. N. Diagnostic Neuroradiology. Second edition V. III. In 3 V. I. E. «T. M. Andreeva», 2009. 103 p. (in Russian).
2. Korshunov A. E., Shakhnovich A. R., Melikian A. G. et. al. Cerebrospinal fluid dynamics in chronic obstructive hydrocephalus before and after successful endoscopic third ventriculostomy. Voprosy neyrokhirurgii im. N. N. Burdenko. 2008. No. 4. C. 17–24 (in Russian).
3. Tulupov A. A. Improvement of MR tomographic imaging of blood flow and CSF in the head and neck area: Autoref. M., 2006. P. 26 (in Russian).
4. Abbey P., Singh P., Khandelwal N., Mukherjee K. Shunt surgery effects on cerebrospinal fluid flow across the aqueduct of Sylvius in patients with communicating hydrocephalus. J. Clin. Neurosci. 2009. V. 16. No. 4. P. 514–518.
5. Algin O., Hakyemez B., Parlak M. Phase-contrast MRI and 3D-CISS versus contrast-enhanced MR cisternography on the evaluation of the aqueductal stenosis. Neuroradiol. 2010. V. 52. No. 2. P. 99–108.
6. Algin O., Kılın, M., Ozmen, E., Ocakoglu G. Assessment of Liliequist membrane by 3D SPACE technique at 3 T. Neuroradiol. 2016. V. 58. No. 7. P. 637–647.
7. Bargall N., Olondo L., Garcia A., Capurro S., Caral L., Rumia J. Functional analysis of third ventriculostomy patency by quantification of CSF stroke volume by using cine phase-contrast MR imaging. AJNR. Am. J. Neuroradiol. 2005. V. 26. No. 10. P. 2514–2521.
8. Borghjerg B., Gjerris F., Albeck M., Hauerberg J., Børgesen S. Frequency and causes of shunt revisions in different cerebrospinal fluid shunt types. Acta Neurochir. (Wien). 1995. V. 136. No. 3. P. 189–194.
9. Broggi G., Dones I., Ferroli P., Franzini A., Servello D., Duca S. Image-guided neuroendoscopy for third ventriculostomy. Acta Neurochir. (Wien). 2000. V. 142. No. 8. P. 893–899.
10. Höglund M., Tisell M., Wikkels C. Incidence of surgery for hydrocephalus in adults surveyed: same number afflicted by hydrocephalus as by multiple sclerosis. Lakartidningen. 2001. V. 98. No. 14. P. 1681–1685.
11. Hopf N., Grunert P., Fries G., Resch K., Perneczky A. Endoscopic third ventriculostomy: outcome analysis of 100 consecutive procedures. Neurosurg. 1999. V. 44. No. 4. P. 795–804.
12. Lam S., Harris, D., Rocque, B., Ham, S. Pediatric endoscopic third ventriculostomy: a population-based study. Journal of Neurosurg: Pediatrics PED. 2019. V. 14. No. 5. P. 455–464.
13. Lev S., Bhadelia R., Estin D., Heilman C., Wolpert S. Functional analysis of third ventriculostomy patency with phase-contrast MRI velocity measurements. Neuroradiol. 1997. V. 39. No. 3. P. 175–179.
14. Rohde V., Krombach G., Struffert T., Gilsbach J. Virtual MRI endoscopy: detection of anomalies of the ventricular anatomy and its possible role as a presurgical planning tool for endoscopic third ventriculostomy. Acta Neurochir. (Wien). 2001. V. 143. No. 11. P. 1085–1091.
15. Stovell, M., Zakaria R., Ellenbogen J., Gallagher M., Jenkinson M., Hayhurst C., Mallucci C. Long-term follow-up of endoscopic third ventriculostomy performed in the pediatric population. Journal of Neurosurgery. Pediatrics PED. 2019. V. 17. No. 6. P. 734–738.

Сведения об авторах

Афандиев Рамин Малик оглы, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. 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: 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. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
 Phone number: +7 (919) 999-88-21. E-mail: rafandiev@nsi.ru
 ORCID: 0000-0001-6384-7960

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник, отделение рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
 Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
 Электронная почта: nzakharova@nsi.ru
 ORCID: 0000-0002-0516-3613

Zakharova Natal'ya 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. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
 E-mail: nzakharova@nsi.ru
 ORCID: 0000-0002-0516-3613

Коршунов Антон Евгеньевич, кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
 Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
 Электронная почта: akorsh@nsi.ru
 ORCID: 0000-0001-5605-4938

Korshunov Anton Evgen'evich, Ph. D. Med., Neurosurgeon, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.
 Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
 E-mail: akorsh@nsi.ru
 ORCID: 0000-0001-5605-4938

Беляев Артем Юрьевич, кандидат медицинских наук, врач-нейрохирург ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
 Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
 Электронная почта: Belyaev@nsi.ru
 ORCID 0000-0002-2337-6495

Belyaev Artem Yur'evich, Ph. D. Med., Neurosurgeon, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.
 Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
 E-mail: Belyaev@nsi.ru
 ORCID 0000-0002-2337-6495

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
 Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
 Электронная почта: pronin@nsi.ru
 ORCID: 0000-0002-4480-0275

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.
 E-mail: pronin@nsi.ru
 ORCID: 0000-0002-4480-0275

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.

Магнитно-резонансная диагностика гипертрофической оливарной дегенерации (обзор литературы с собственными клиническими наблюдениями)

Т. А. Конакова*, Н. Е. Захарова, С. В. Серков,
А. И. Баталов, А. А. Баев, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н.Н. Бурденко» Минздрава России

Magnetic Resonance imaging in Diagnosis of Hypertrophic Olivary Degeneration (Case Reports and Literature Review)

T. A. Konakova*, N. E. Zakharova, S. V. Serkov,
A. I. Batalov, A. A. Baev, I. N. Pronin

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

Реферат

Гипертрофическая оливарная дегенерация (ГОД) — редкий вариант транссинаптической нейрональной дегенерации, развивающийся вследствие поражения в области дентаторubroоливарного проводящего пути. В статье представлены 1 клинический случай гипертрофической оливарной дегенерации, вызванной черепно-мозговой травмой у пациента, который проходил лечение в Центре нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко, а также аспекты дифференциальной диагностики ГОД с другими патологическими состояниями (рассеянным склерозом, глиомами низкой степени злокачественности, инфарктами в зоне кровоснабжения перфорирующих стволовых ветвей вертебробазилярного бассейна, валлеровской дегенерацией и лучевым некрозом).

Ключевые слова: гипертрофическая оливарная дегенерация, позитронно-эмиссионная томография, ^{11}C -метионин, рубродентооливарный путь, магнитно-резонансная томография.

* **Конакова Татьяна Александровна**, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4 Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (906) 741-14-49. Электронная почта: tknsipet@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-2505-7981

Konakova Tatyana Alexandrovna, Postgraduate, Department of X-ray and Radioisotope Diagnostic Methods, N. N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Healthcare of Russia.
Address: 16, 4th ul. Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
Phone number: +7 (906) 741-14-49. E-mail: tknsipet@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-2505-7981

Abstract

Hypertrophic olivary degeneration (HOD) is a rare type of trans-synaptic neuronal degeneration caused by a lesion in the dentatorubroolivary tract. The article presents 1 clinical cases of hypertrophic olivary degeneration in patient with traumatic brain injury who was treated at N. N. Burdenko Neurosurgery Center, as well as aspects of differential diagnosis of HOD with other pathological conditions (multiple sclerosis, low grade gliomas, ischemic brain stem infarction, Wallerian degeneration and radiation necrosis).

Key words: Hypertrophic Olivary Degeneration, Positron Emission Tomography, ¹¹C-methionine, Rubro-dentolivar Pathway, Magnetic Resonance Imaging.

Актуальность

Гипертрофическая оливарная дегенерация (ГОД) — это тип транссинаптической дегенерации, вызванной повреждениями дентаторubroоливарного пути. Несмотря на наличие большого количества работ по данной теме в мировой и отечественной литературе, в медицинской практике сохраняются две существенные проблемы: игнорирование и ложная интерпретация патологических изменений в нижних ядрах оливы продолговатого мозга.

Впервые ГОД была описана в 1887 г. немецким неврологом Германом Оппенгеймом, который наблюдал патологическое увеличение нижних ядер оливы при патологоанатомических исследованиях. Впоследствии в 1931 г. Гийеном и Молларе был открыт дентаторubroоливарный путь, образующий своеобразный треугольник, названный впоследствии именами авторов, треугольник Гийена — Молларе [8].

Данный треугольник (рис. 1) образован 3 анатомическими структурами: красным ядром (КЯ), ипсилатеральным нижним ядром оливы и контралатеральным зубчатым ядром.

Красное ядро, расположенное в крышке среднего мозга, соединяется с ипсилатеральным нижним ядром оли-

вы через центральный тегментальный тракт. Нижние ядра оливы связываются с контралатеральными зубчатыми ядрами мозжечка через нижние ножки мозжечка и далее с контралатеральными красными ядрами через верхние ножки мозжечка [6, 10].

Выделяют несколько причин развития ГОД:

- кровоизлияние в ствол мозга (при наличии сосудистой мальформации [7, 15], при черепно-мозговой травме, после оперативного вмешательства [9, 18], а также при гипертонической болезни);
- объемные образования головного мозга (астроцитомы, метастатическое поражение, лимфома);
- демиелизирующие поражения ствола мозга;
- нарушение мозгового кровообращения в проекции ствола и среднего мозга [13, 14, 17];
- инфекционные и воспалительные процессы (туберкулез, ВИЧ, саркоидоз, ромбэнцефалит).

Повреждение, вовлекающее одну из составляющих треугольника, приводит к дегенерации, которая первоначально вызывает гипертрофию ядер оливы, впоследствии сопровождаемую их атрофией.

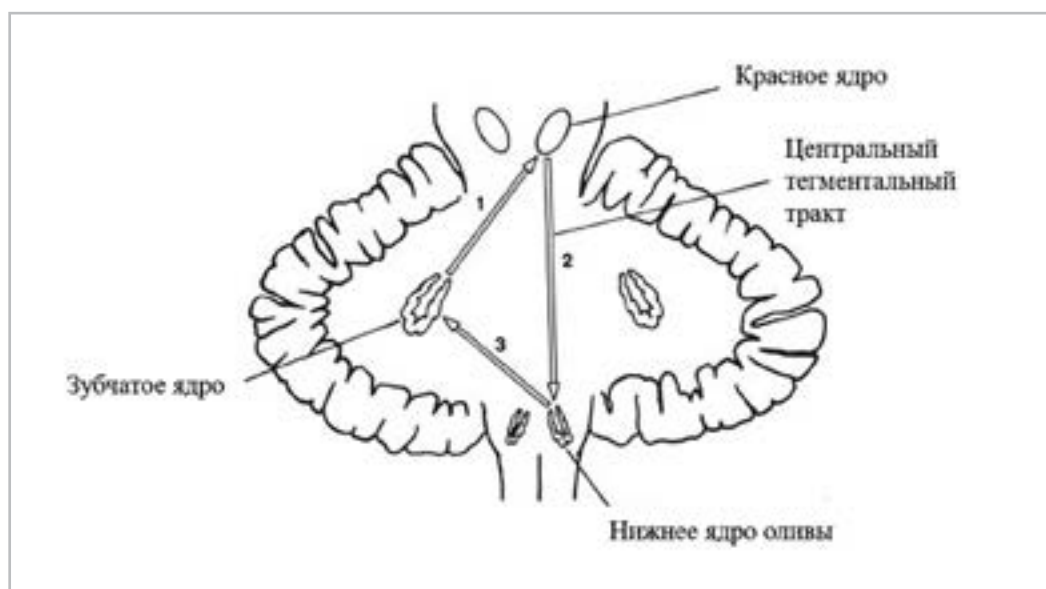


Рис. 1. Дентаторуброоливарный путь, или треугольник Гийена — Моллара: 1 — дентаторуброталамический тракт; 2 — центральный тегментальный тракт; 3 —ocerebello-olivary fibers

К наиболее частым симптомам ГОД относят: симптоматический нёбный тремор/миоклонус — ритмические произвольные движения мягкого нёба, язычка, глотки и гортани; при тяжелом течении миоклонус также может наблюдаться со стороны мышц шейки матки и диафрагмы; наличие зубчато-красноядерного тремора (тремор Холмса) — постуральный и динамический тремор верхних конечностей; симптомы дисфункции мозжечка или ствола мозга (связаны с острым повреждением в треугольнике Гийена — Моллара).

Миоклонус мягкого нёба (нёбный тремор) обычно развивается через 10–11 мес после первичного повреждения, но не у всех пациентов с ГОД может быть результатом гиперметаболизма в нижних ядрах оливы [5, 8].

В зависимости от локализации первичного очага [6] ГОД классифицируют на:

- ипсилатеральную (в стволе — поражение центрального тегментального тракта);
- контралатеральную (в мозжечке — изменения в зубчатом ядре и верхней ножке мозжечка);
- билатеральную (первичный очаг поражения вовлекает центральный тегментальный тракт и верхнюю ножку мозжечка).

Патологические изменения в оливах продолговатого мозга могут быть как односторонними, так и двусторонними.

Цель: освещение основных диагностических особенностей и дифференциальной диагностики ГОД с другими патологическими состояниями.

Материалы и методы

В представленной работе рассмотрен клинический случай ГОД при тяжелой черепно-мозговой травме и проанализированы аспекты дифференциальной

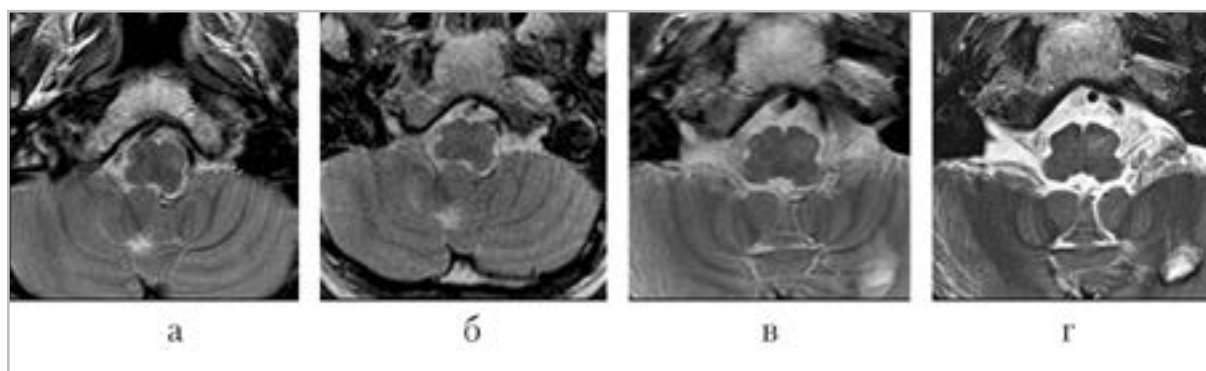


Рис. 2. МР-томограммы стадий развития ГОД у пациентки Л., 29 лет. Стадии развития ГОД при метастазах рака матки в мозжечок до и после оперативного вмешательства: *а* — в режиме T2, аксиальные срезы, до оперативного и химиолучевого лечения; *б* — через 24 ч после операции; *в* — через 1,5 мес после комбинированного лечения в режиме T2 определяется увеличение размеров левого ядра оливы и слабое повышение МР-сигнала в режиме T2; *г* — через 3 мес после операции — выраженное увеличение размеров левого ядра оливы и повышение МР-сигнала в режиме T2

диагностики ГОД с такими заболеваниями, как рассеянный склероз, глиома низкой степени злокачественности, валлеровская дегенерация, инфаркт в зоне кровоснабжения перфорирующих ветвей вертебробазиллярного бассейна, постлучевой некроз.

В данной работе представлена классификация А. Uchevakin (2013) временных патологических изменений в оливах продолговатого мозга (6 стадий):

- 1) в течение первых 24 ч (рис. 2, *а*) с момента повреждения дентаторуброоливарного треугольника (оливы без особенностей);
- 2) в течение 2–7 дней (рис. 2, *б*) или более (дегенеративные изменения амикулума — капсулы из белого вещества по периферии олив);
- 3) в течение 3 нед (рис. 2, *в*) (гипертрофия олив);
- 4) в течение ~ 8,5 мес (рис. 2, *г*) — максимальное увеличение олив;
- 5) после ~ 10 мес — псевдогипертрофия олив (разобшение нейронов с

развитием протоплазматических астроцитов);

- 6) на протяжении нескольких лет (атрофия олив).

Собственное наблюдение

Больной Д., 29 лет. После дорожно-транспортного происшествия поступил с острой закрытой черепно-мозговой травмой, диффузным аксональным повреждением (ДАП), ушибами сердца и легких. На МР-томограмме в 1-е сутки после травмы определяются множественные геморрагические очаги ДАП в полушариях и стволовых структурах мозга.

В неврологическом статусе: кома II, корнеальных рефлексов и фиксации взора вверх нет, сухожильные рефлекс угнетены, мышечный тонус снижен, движения в конечностях отсутствуют.

При выписке через 2 мес: состояние минимальных проявлений сознания, выраженный тетрапарез.

Через 2 года после травмы сохранялось состояние минимального сознания и тетрапарез. На МР-томограмме голов-

ного мозга через 2 года после травмы визуализировались атрофические изменения больших полушарий и ствола головного мозга, кроме того, в режимах T2 и T2-FLAIR визуализировались гиперинтенсивные и патологически увеличенные оливы продолговатого мозга с двух сторон (рис. 3, а — е).

Обзор литературы и собственные наблюдения

Гипертрофическая оливарная дегенерация — часто не принимаемое во внимание или некорректно трактуемое врачами патологическое состояние [11, 16].

Особенностями ГОД при МРТ головного мозга являются:

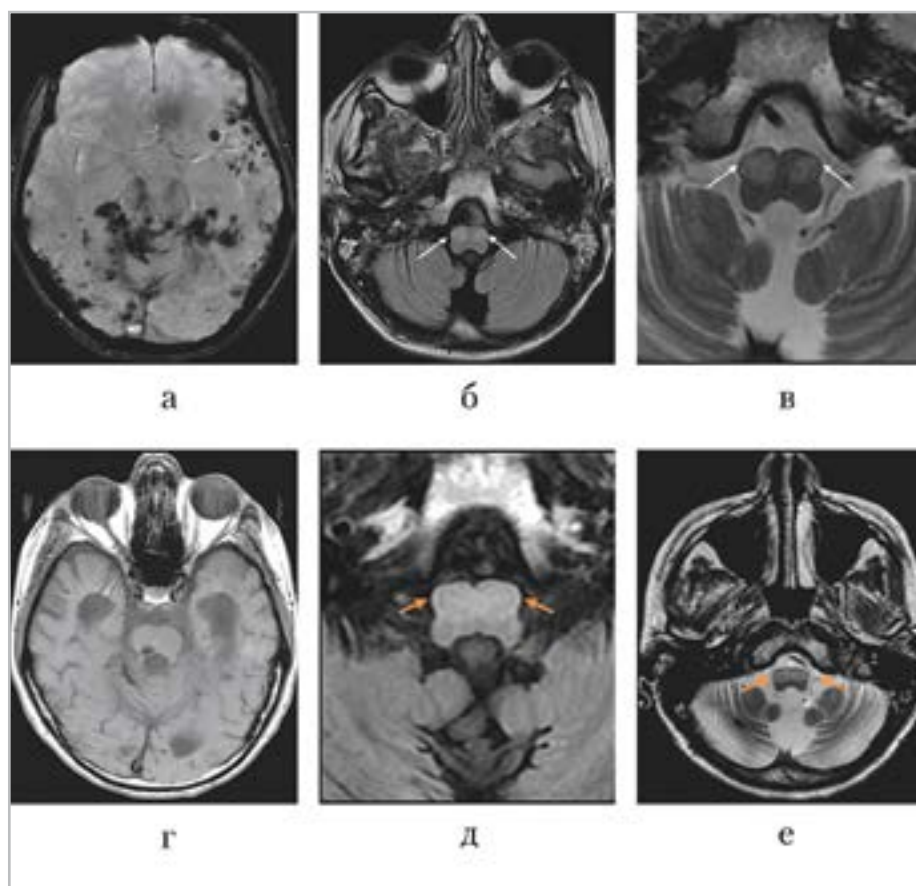


Рис. 3. МР-томограммы головного мозга пациента Д., 29 лет (1-е сутки после травмы). В режиме SWAN (а — аксиальная проекция) визуализируются множественные геморрагические очаги диффузного аксонального повреждения в полушариях мозга, подкорковых структурах и стволе. Через 4 мес после травмы выявляются увеличенные оливы продолговатого мозга с двух сторон, которые имеют повышенный МР-сигнал в режимах T2-FLAIR (б) и T2 (в — аксиальная проекция). Белыми стрелками обозначена гипертрофическая дегенерация олив продолговатого мозга. На МР-томограмме головного мозга через 2 года после травмы на фоне атрофических изменений головного мозга и множественных геморрагических очагов в полушариях мозга, подкорковых структурах, мозолистом теле и стволе (г) выявляются атрофические изменения олив продолговатого мозга с двух сторон, которые имеют слабогиперинтенсивный сигнал в режимах T2-FLAIR (д) и T2 (е). Красными стрелками обозначена атрофия олив продолговатого мозга с двух сторон

- изолированное поражение с сохранением формы и контуров нижних ядер оливы;
- увеличение в размерах оливы продолговатого мозга (от 3 нед до 10 мес от очевидной причины возникновения изменений);
- односторонний или двусторонний процесс;
- повышенный МР-сигнал от оливы в режимах T2 и T2-FLAIR;
- отсутствие накопления контрастного вещества.

Дополнительными диагностическими методами, кроме рутинных МРТ, является трактография (рис. 4, *а* — *в*) (устанавливающая факт прерывания одного из трех путей треугольника Гийена — Моллара) и ПЭТ с фтордезоксиглюкозой (дающая информацию о гиперметаболизме радиофармацевтического препарата данной локализации) [5].

Дифференциальной диагноз ГОД следует проводить с другими пато-

логическими состояниями, при которых отмечается локальное повышение МР-сигнала в режиме T2 от стволовых структур мозга, а именно:

- демиелинизирующими процессами (рассеянным склерозом);
- глиомами низкой степени злокачественности (астроцитомами);
- инфарктами в зоне кровоснабжения перфорирующих ветвей вертебробазилярного бассейна;
- поражениями, вовлекающими кортикоспинальные тракты (валлеровской дегенерацией, аденолейкодистрофией, боковым амиотрофическим склерозом);
- инфекционными и воспалительными изменениями (туберкулезом, саркоидозом, ромбэнцефалитом).

Рассеянный склероз

Рассеянный склероз (РС) — хроническое прогрессирующее аутоиммунное заболевание ЦНС, проявляющееся рас-

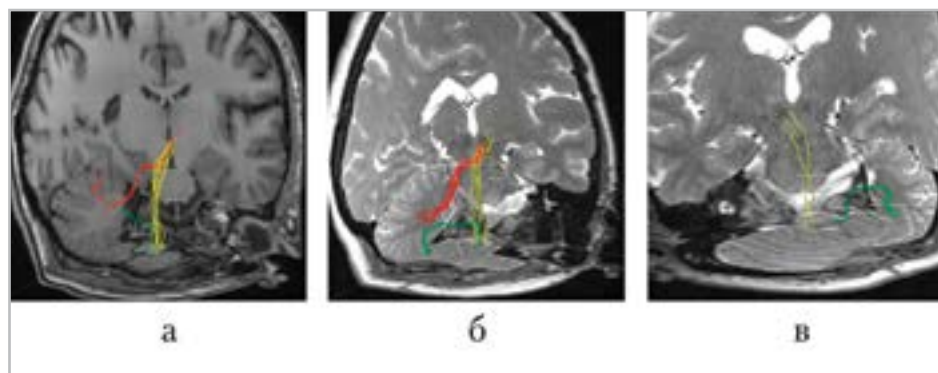


Рис. 4. МР-томограммы (HARDI — High Angular Resolution Diffusion Imaging) дентаторуброоливарного пути (ДРО) в норме и патологии: *а* — дентаторуброоливарный путь в норме: желтый цвет — центральный тегментальный тракт, соединяющий красное ядро с ипсилатеральным нижним ядром оливы; зеленый цвет —ocereбеллооливарные волокна, проходящие между ядром оливы и контралатеральным зубчатым ядром; красный цвет — дентаторуброталамический тракт (ДРТ); *б* — на МР-томограмме головного мозга у пациента после удаления объемного образования ствола определяется дентаторуброоливарный путь в норме с одной стороны; *в* — неполный дентаторуброоливарный путь с противоположной стороны у того же пациента; за счет отсутствия дентаторуброталамического тракта (поражение верхней ножки мозжечка)

сеянной неврологической симптоматикой, по мере чередования обострений и ремиссий постепенно приводящее к потере трудоспособности и инвалидизации [4, 11].

РС характеризуется появлением диссеминированных очагов демиелинизации в головном и спинном мозге.

Очаги РС чаще локализуются в перивентрикулярном белом веществе (50 % случаев), мозолистом теле, мосту, ножках среднего мозга и мозжечке. Также довольно часто поражается белое вещество вокруг водопровода мозга и дно IV желудочка. Около 10 % бляшек располагается в задней черепной ямке, чаще в стволе мозга (рис. 5, а – в).

МР-картина очагов РС весьма вариабельна. Бляшки выглядят как отдельные очаги патологического повышенного сигнала на МР-изображениях в режимах T2 и T2-FLAIR. В проекции ствола мозга чаще локализуются латерально и могут симулировать ГОД. В дифференциальной диагностике следует учитывать возраст пациента, наличие очагов в других, более типичных для РС местах. Для РС характерна эво-

люция очагов демиелинизации (изменения формы, размеров и сигнала) во времени. Бляшки могут накапливать контрастный препарат, отражая преходящее нарушение гематоэнцефалического барьера.

Для постановки диагноза рекомендуется использовать MPT-критерии MAGNIMS 2016 (Magnetic Resonance Imaging in Multiple Sclerosis), созданные группой европейских ученых (с 1990 г.), определяющие диссеминацию очагов в пространстве как сочетание по меньшей мере 2-х из 5 указанных ниже локализаций в центральной нервной системе:

- перивентрикулярная: ≥ 3 очагов;
- кортикоюкстакортикальная: ≥ 1 очага;
- инфратенториальная: ≥ 1 очага;
- спинной мозг: ≥ 1 очага;
- зрительный нерв: ≥ 1 очага [1].

Глиомы низкой степени злокачественности

Следует дифференцировать ГОД с диффузной астроцитомой низкой степени злокачественности (WHO Grade II).

Диффузная астроцитома — это объемное образование белого вещества

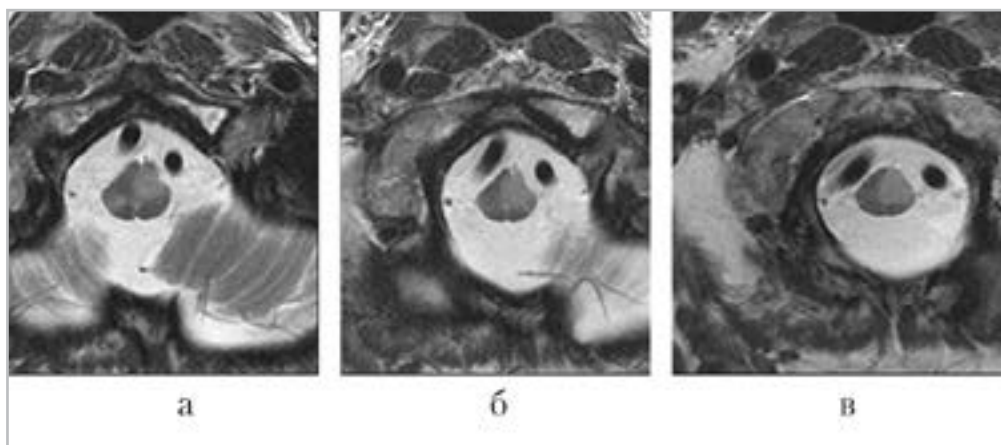


Рис. 5. МР-томограммы в режиме T2 пациента с рассеяным склерозом в аксиальной проекции, визуализируется очаг повышенного МР-сигнала в левых отделах продолговатого (а, б) и спинного мозга (в)

с инфильтративным характером роста и тенденцией к озлокачествлению [3].

В 33 % случаев диффузные астроцитомы локализованы инфратенториально: в стволе мозга (50 % из них — астроцитомы низкой степени злокачественности), которые могут встречаться у детей и подростков (рис. 6).

Характерными МР-критериями являются: в режиме T2 и T2-FLAIR — неомогенное гиперинтенсивное объемное образование, в режиме T1 — гипоинтенсивный сигнал от патологического образования, отсутствие ограничения диффузии, отсутствие накопления контрастного вещества, увеличение и деформация пораженных структур, инфильтративный рост, варибельный объем поражения (захватывает не только оливы), другая симптоматика, отсутствие других причин и очагов.

Валлеровская дегенерация

Валлеровская дегенерация (ВаД) — вторичная антероградная дегенерация

аксонов и их миелиновых оболочек, вызываемая нарушением целостности аксонов или повреждением нейронов (рис. 7, а — з) [5].

Согласно классификации, предложенной Kuhn H. et al. в 1989 г., выделяются 4 стадии ВаД:

- 1) дегенерация аксонов, начальные патологические изменения миелиновых оболочек (0–4 нед);
- 2) распад белков миелина без изменений липидов (4–14-я нед);
- 3) распад липидов миелина, глиоз, изменение содержания воды и структурные изменения (>14 нед);
- 4) потеря объема мозга в результате атрофических изменений (занимает от нескольких мес до нескольких лет).

Следует проводить дифференциальную диагностику ГОД с 3-й и 4-й стадией ВаД, которые имеют гиперинтенсивный сигнал в T2 и T2-FLAIR, если патологические изменения затрагивают кортикоспинальный тракт



Рис. 6. МР-томограмма в режиме T2 пациента П., 35 лет, с диффузной астроцитомой WHO Grade II в области продолговатого мозга

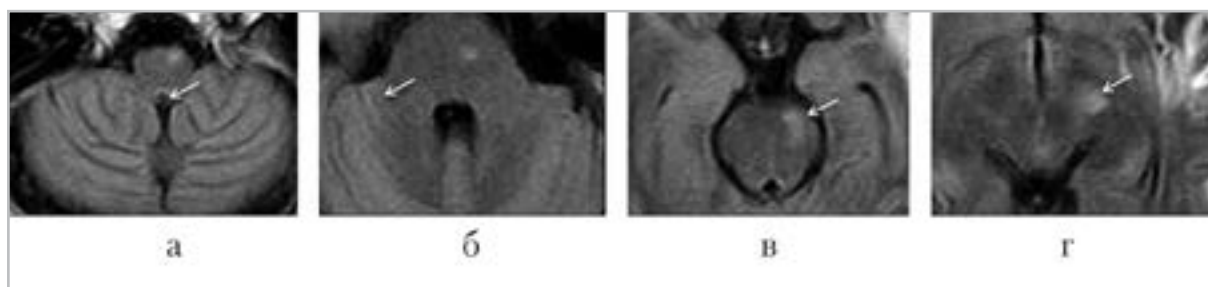


Рис. 7. МР-томограмма головного мозга в режиме T2-FLAIR пациента Д., 30 лет, с признаками валлеровской дегенерации после нарушения мозгового кровообращения в бассейне левой средней мозговой артерии (*а — г*). Визуализируется гиперинтенсивный протяженный участок (*белые стрелки*), соответствующий изменениям в кортикоспинальном тракте

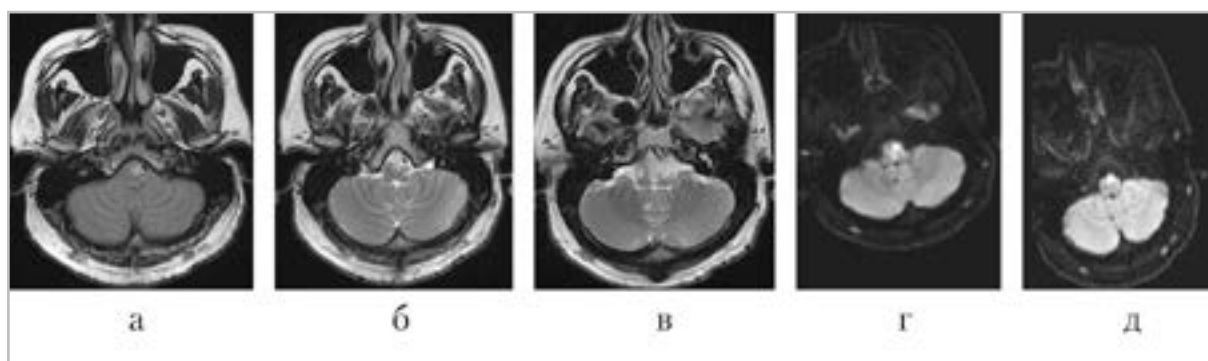


Рис. 8. МР-картина инфаркта в острой стадии на уровне продолговатого мозга слева, МР-томограммы в режимах T1 (*а*), T2 (*б, в*). Определяется зона повышения МР-сигнала в режиме DWI (*г, д*), что указывает на наличие цитотоксического отека

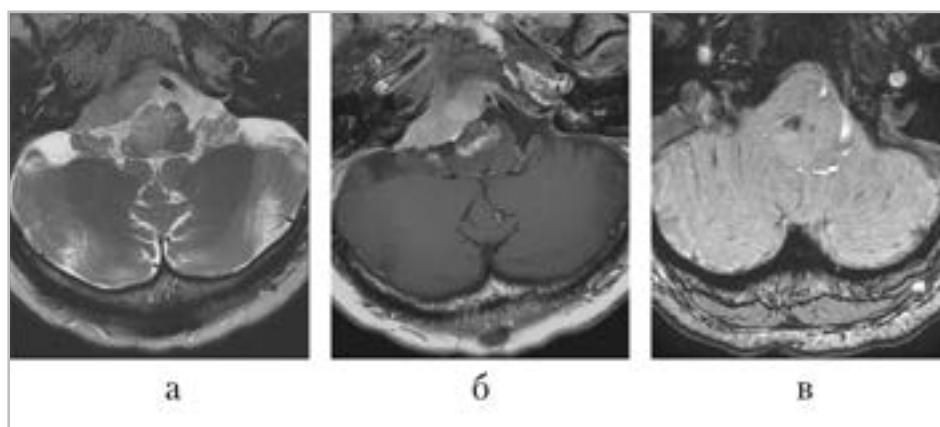


Рис. 9. Лучевой некроз в области продолговатого мозга справа, на фоне лучевой терапии менингиомы, МР-томограммы в режимах T2 (*а*), T1 (*б*) и SWAN (*в*)

(поскольку 1-я стадия не визуализируется в режиме T2, 2-я стадия имеет пониженный МР-сигнал в режиме T2).

Отличительными особенностями Вад являются непрерывная протяженная зона повышения МР-сигнала в режиме

T2, топографически соответствующая локализации кортикоспинальных трактов [12] во внутренней капсуле и стволе мозга, а также пониженный сигнал в режиме T1.

В режиме DWI указанные изменения на ранних стадиях могут иметь схожие характеристики с инфарктом, т. е. быть гиперинтенсивными.

Инфаркты, возникшие в зонах кровоснабжения задних нижних мозжечковых артерий и характеризующиеся поражением заднелатеральных отделов продолговатого мозга

Инфаркт головного мозга — повреждение мозга вследствие нарушения мозгового кровообращения, приводящее к развитию очаговой неврологической симптоматики или даже смерти [2, 11].

Дифференциальную диагностику ГОД следует проводить с острой стадией ишемического инсульта (рис. 8, а — д).

В острую стадию (в первые 48 ч) визуализируется зона повышенного МР-сигнала в режиме T2 и T2-FLAIR, в проекции продолговатого мозга, распространяющаяся в соответствии с бассейном кровоснабжения перфорирующих артерий (чаще центральные регионы), что не соответствует четкому ограниченному очагу гипертрофии при ГОД. При остром инсульте в режиме DWI определяется повышение интенсивности МР-сигнала и снижение измеряемого коэффициента диффузии. В области патологических изменений отсутствует контрастирование. Размеры инфаркта могут варьировать от фокального до обширного. Без всякого сомнения, клиническая картина при остром инсульте ствола существенно отличается от неврологических проявлений ГОД.

Постлучевой некроз

Основными отличительными особенностями постлучевого некроза (рис. 9, а — в) от ГОД являются более распространенные патологические изменения, затрагивающие прилежащие к ядрам олив структуры, отмечается контрастирование патологической зоны с регрессом в хронической стадии.

Вывод

Знания о возможных патологических изменениях в ядрах олив продолговатого мозга и правильная своевременная постановка диагноза позволяет избежать ошибочных диагнозов и как следствие возможных хирургических вмешательств у пациентов с оливарной дегенерацией.

Список литературы

1. Гомболевский В. А., Лайтан А. Ш., Шапиев А. Н. и др. Применение критериев диагностики и контроля рассеянного склероза по MAGNIMS. (Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики). Вып. 11. М., 2018. 12 с.
2. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. 2-е изд., перераб. и доп. Т. 1. И. П. «Т. М. Андреева», 2008. С. 254–281.
3. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. 2-е изд., перераб. и доп. Т. 2. И. П. «Т. М. Андреева», 2009. 270 с.
4. Корниенко В. Н., Пронин И. Н. Диагностическая нейрорадиология. 2-е изд., перераб. и доп. Т. 3. И. П. «Т. М. Андреева», 2009. С. 232–256.
5. Осборн А. Г., Зальцман К. Л., Завери М. Д. Лучевая диагностика. Головной мозг. 3-е изд.: пер. с англ. М.: Изд-во Панфилова. 2018. С. 976–987.

6. Учеваткин А. А., Лисаченко И. В., Смагин С. С. и др. Гипертрофическая дегенерация оливы после кровоизлияния в ствол мозга (клиническое наблюдение) // Мед. визуализация. 2013. № 5. С. 56–61.
7. Asal N., Yilmaz O., Turan A. et al. Hypertrophic olivary degeneration after pontine hemorrhage // Neuroradiol. 2012. № 54. P. 413–415.
8. Diehl G. E., Wilmes E. Etiology and clinical aspects of palatal myoclonus // Laryngorhinootologie. 1990. № 69. P. 369–372.
9. Gatlin J. L., Wineman R., Schlakman B. et al. Hypertrophic olivary degeneration after resection of a pontine cavernous malformation: a case report // J. of Radiol. Case Reports. 2011. V. 5. № 3. P. 24–29.
10. Goyal M., Versnick E., Tuite P. et al. Hypertrophic olivary degeneration: meta-analysis of the temporal evolution of MR findings // Am. J. of Neuroradiol. 2000. V. 21. № 6. P. 1073–1077.
11. Guzmán-De-Villoria J., Fernández-García P., Ferreira-Argüelles C. Differential diagnosis of T2 hyperintense brainstem lesions: Part 1. Focal Lesions. Seminars in Ultrasound, CT and MRI. 2010. V. 31. № 3. P. 246–259.
12. Guzmán-De-Villoria J., Ferreira-Argüelles C., Fernández-García P. Differential diagnosis of T2 hyperintense brainstem lesions. Part 2. Diffuse lesions // Seminars in Ultrasound, CT and MRI. 2010. V. 31. № 3. P. 260–274.
13. Hornyak M., Osborn A. G., Couldwell W. T. Hypertrophic olivary degeneration after surgical removal of cavernous malformations of the brain stem: report of four cases and review of the literature // Acta Neurochir. 2008. № 150. P. 149–156.
14. Phatouros C. C., McConachie N. S. Hypertrophic olivary degeneration: case report in a child // Ped. Radiol. 1998. № 28. P. 830–831.
15. Sánchez Hernández J., Paniagua Escudero J. C., Carreño Morán P. et al. Hypertrophic olivary degeneration secondary to a Guillain — Mollaret triangle lesion // Neurol. 2013. V. 28. № 1. P. 59–61.
16. Sanverdi S. E. et al. Hypertrophic olivary degeneration in children: four new cases and a review of the literature with an emphasis on the MRI findings // The British J. of Radiol. 2012. V. 85. № 1013. P. 511–516.
17. Tsui E. Yu., Cheung Yu. K., Mok C. K. et al. Hypertrophic olivary degeneration following surgical excision of brainstem cavernous hemangioma: a case report // Clin. Imag. 1999. № 23. P. 215–217.
18. Vaidhyanath R., Thomas A., Messios N. Bilateral hypertrophic olivary degeneration following surgical resection of a posterior fossa epidermoid cyst // The British Institute of Radiol. 2010. № 83. P. 211–215.

References

1. Gombolevskiy V. A., Laypan A. S., Shapiyev A. N., Vladzimirskiy A. V., Morozov S. P. Application of the criteria for the diagnosis and control of multiple sclerosis according to MAGNIMS. Best Practices of Radiation and Instrumental Diagnostics. M., 2018. 12 c.
2. Kornienko V. N., Pronin I. N. Diagnostic Neuroradiology. Second edition. In 3 V. I. E. «T. M. Andreeva», 2009. V. 1. P. 254–281 (in Russian).
3. Kornienko V. N., Pronin I. N. Diagnostic Neuroradiology. Second edition. In 3 V. I. E. «T. M. Andreeva», 2009. V. 2. 270 p. (in Russian).
4. Kornienko V. N., Pronin I. N. Diagnostic Neuroradiology. Second edition. In 3 V. I. E. «T. M. Andreeva», 2009. V. 3. P. 232–256 (in Russian).

5. Osborn A. G., Salzman A. G., Salzman K. L. Diagnostic Imaging: Brain. 3 ed. M.: Izdatel'stvo Panfilova, 2018. P. 976–987 (in Russian).
6. Uchevatkin A. A., Lisachenko I. V., Smagin S. S., Rudaya A. I., Yudin A. L., Yumatova Yu. A., Ovchinnikov V. I. Hypertrophic degeneration of olives after bleeding in the brain stem (case report). Zhurnal Meditsinskaya Vizualizatsiya. 2013. No. 5. P. 56–61.
7. Asal N., Yilmaz O., Turan A. et al. Hypertrophic olivary degeneration after pontine hemorrhage. Neuroradiology. 2012. No. 54. P. 413–415.
8. Diehl G. E., Wilmes E. Etiology and clinical aspects of palatal myoclonus. Laryngorhinootologie. 1990. No. 69. P. 369–372.
9. Gatlin J. L., Wineman R., Schlakman B. et al. Hypertrophic olivary degeneration after resection of a pontine cavernous malformation: a case report. Journal of Radiology Case Reports. 2011. V. 5. No. 3. P. 24–29.
10. Goyal M., Versnick E., Tuite P., Cyr J. S., Kucharczyk W., Montanera W., Willinsky R., Mikulis D. Hypertrophic olivary degeneration: metaanalysis of the temporal evolution of MR findings. American Journal of Neuroradiology. 2000. V. 21. No. 6. P. 1073–1077.
11. Guzmán-De-Villoria J., Fernández-García P., Ferreira-Argüelles C. Differential diagnosis of T2 hyperintense brainstem lesions. Part 1. Focal Lesions. Seminars in Ultrasound, CT and MRI. 2010. V. 31. No. 3. P. 246–259.
12. Guzmán-De-Villoria J., Ferreira-Argüelles C., Fernández-García P. Differential diagnosis of T2 hyperintense brainstem lesions: Part 2. Diffuse Lesions. Seminars in Ultrasound, CT and MRI. 2010. V. 31. No. 3. P. 260–274.
13. Hornyak M., Osborn A. G., Couldwell W. T. Hypertrophic olivary degeneration after surgical removal of cavernous malformations of the brain stem: report of four cases and review of the literature. Acta Neurochirurgica. 2008. No. 150. P. 149–156.
14. Phatouros C. C., McConachie N. S. Hypertrophic olivary degeneration: case report in a child. Pediatric Radiology. 1998. No. 28. P. 830–831.
15. Sánchez Hernández J., Paniagua Escudero J. C., Carreño Morán P. et al. Hypertrophic olivary degeneration secondary to a Guillain – Mollaret triangle lesion. Neurologia. 2013. V. 28. No. 1. P. 59–61.
16. Sanverdi S. E. et al. Hypertrophic olivary degeneration in children: four new cases and a review of the literature with an emphasis on the MRI findings. The British Journal of Radiology. 2012. V. 85. No. 1013. P. 511–516.
17. Tsui E. Yu., Cheung Yu. K., Mok C. K. et al. Hypertrophic olivary degeneration following surgical excision of brainstem cavernous hemangioma: a case report. Clinical Imaging. 1999. No. 23. P. 215–217.
18. Vaidhyathan R., Thomas A., Messios N. Bilateral hypertrophic olivary degeneration following surgical resection of a posterior fossa epidermoid cyst. The British Institute of Radiology. 2010. No. 83. P. 211–215.

Сведения об авторах

Конакова Татьяна Александровна, аспирант отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
 Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4 Тверская-Ямская, д. 16.
 Тел.: +7 (906) 741-14-49. Электронная почта: tknsipet@gmail.com
 ORCID ID 0000-0002-2505-7981

Konakova Tat'yana Alexandrovna, Postgraduate 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 (906) 741-14-49. E-mail: tknsipet@gmail.com
ORCID ID 0000-0002-2505-7981

Захарова Наталья Евгеньевна, доктор медицинских наук, профессор РАН, ведущий научный сотрудник, отделение рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: nzakharova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-0516-3613

Zakharova Natal'ya Evgen'evna, Ph. 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. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
E-mail: nzakharova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-0516-3613

Серков Сергей Владимирович, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: SVSerkov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-4970-7766

Serkov Sergey Vladimirovich, 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.
E-mail: SVSerkov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-4970-7766

Баталов Артем Игоревич, кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: abatalov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8924-7346

Batalov Artem Igorevich, Ph. D. Med., Research Assistant 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.
E-mail: abatalov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8924-7346

Баев Александр Александрович, врач-рентгенолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: abaev@nsi.ru
ORCID ID 0000-0003-4908-0534

Bayev Alexander Alexandrovich, 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.
E-mail: abaev@nsi.ru
ORCID ID 0000-0003-4908-0534

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: pronin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-4480-0275

Pronin Igor' Nikolaevich, Ph. D. Med., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the 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.
E-mail: pronin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-4480-0275

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.

Диагностика диспластической ганглиоцитомы мозжечка (болезнь Лермитта — Дюкло). Клинический случай

Н. Б. Вихрова*, Е. В. Хохлова, А. А. Постнов, А. Б. Балахонов, Е. В. Шербатова, Е. В. Пыжик, П. А. Костин, В. А. Ильин, И. Н. Пронин

ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России

Diagnosis of Dysplastic Gangliocytoma (Lhermitte — Duclos Disease). Clinical Case

N. B. Vikhrova*, E. V. Khokhlova, A. A. Postnov, A. B. Balakhonov, E. V. Shcherbatova, E. V. Pyzhik, P. A. Kostin, V. A. Il'in, I. N. Pronin

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

Реферат

Диспластическая ганглиоцитома мозжечка (болезнь Лермитта — Дюкло) редкое заболевание неясной этиологии, природа развития которого до конца не определена (опухоль, врожденная мальформация, гамартмоподобное образование). Заболевание входит в состав наследственного множественного гамартмозного синдрома (болезнь Коудена), клинически проявляется, как правило, неспецифическими симптомами. В данной статье обсуждается вопрос комплексного подхода в диагностике болезни Лермитта — Дюкло с применением анатомических и функциональных методов визуализации на примере одного клинического случая.

Ключевые слова: болезнь Лермитта — Дюкло, позитронно-эмиссионная томография, ^{11}C -метионин, магнитно-резонансная томография, ганглиоцитома.

Abstract

Cerebellar dysplastic gangliocytoma (Lhermitte — Duclos disease) is a rare disease of unclear etiology. The exact nature of the lesion isn't fully defined, and describes in the literature as hypertrophy, hamartoma or

* Вихрова Нина Борисовна, кандидат медицинских наук, врач-радиолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (926) 267-54-40. Электронная почта: nvikhrova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Vikhrova Nina Borisovna, 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. 4 Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
Phone number: +7 (926) 267-54-40. E-mail: nvikhrova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

benign neoplasm. The disease is part of the hereditary multiple hamartoma syndrome (Cowden syndrome). This article discusses a comprehensive approach to the diagnosis of Lhermitt — Duclos disease using anatomical and functional imaging methods on the example of one clinical case.

Key words: : Lhermitt — Duclos Disease, Positron Emission Tomography, ^{11}C -methionine, Magnetic Resonance Tomography, Gangliocytoma.

Актуальность

Болезнь Лермитта — Дюкло (БЛД), или диспластическая ганглиоцитома мозжечка, — редкое заболевание неясной этиологии, природа развития которого до конца не определена (опухоль, врожденная мальформация, гамартмоподобное образование). БЛД характеризуется медленным объемным увеличением патологической ткани в мозжечке с сохранением его ламинарной citoархитектоники [3]. Клинически БЛД, как правило, проявляется неспецифическими симптомами, обусловленными наличием образования в задней черепной ямке (ЗЧЯ) (головокружение, шаткость походки) и объемным воздействием увеличенной гемисферы мозжечка на IV желудочек с развитием гидроцефалии и повышенного внутричерепного давления, проявляющиеся головной болью, тошнотой и недостаточностью черепных нервов [1–3, 6]. Длительность проявления симптомов заболевания колеблется от нескольких месяцев до многих лет. Наиболее часто БЛД встречается на 3–4 м десятилетия жизни, но может манифестировать и в любом возрасте [3, 6, 7].

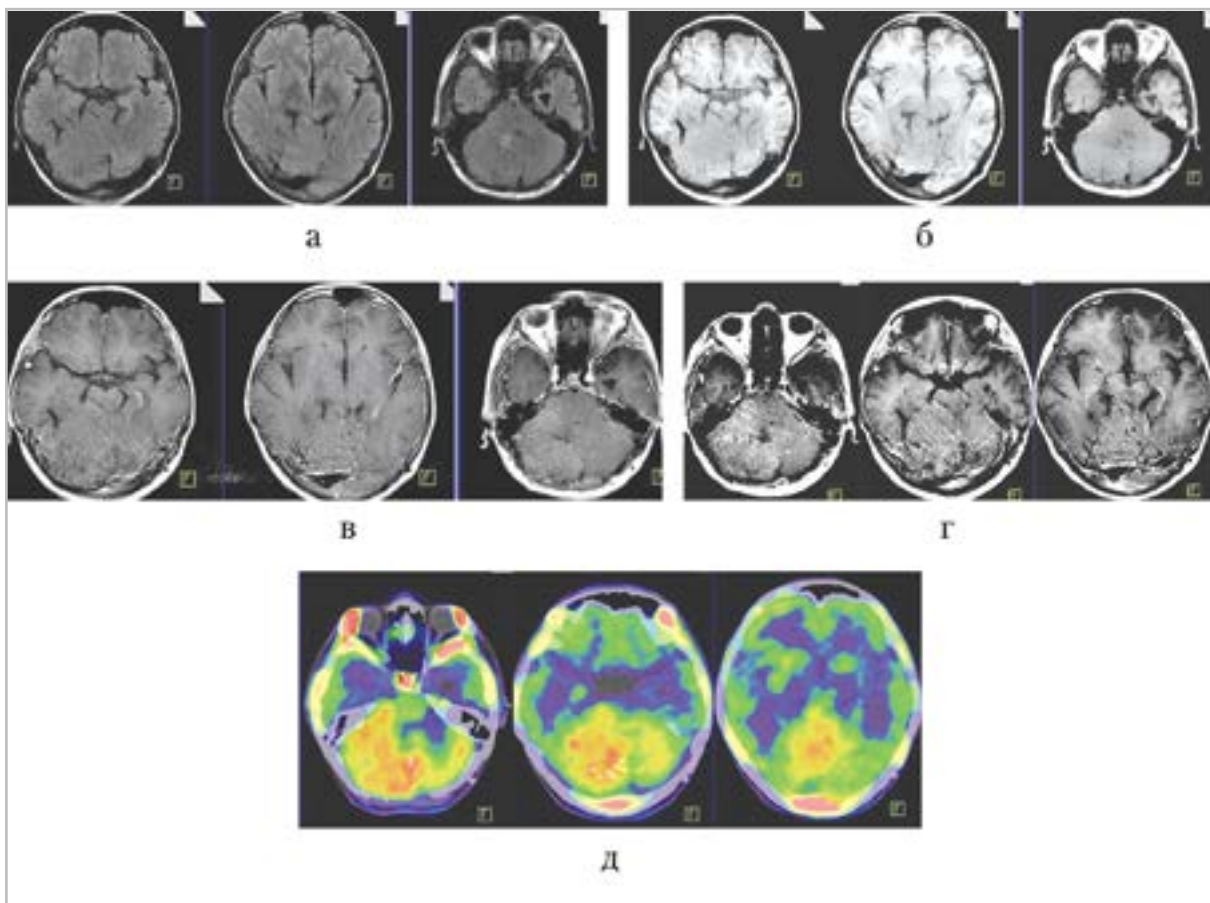
Около 90 % случаев БЛД ассоциировано с мутацией гена PTEN (Phosphate and Tensin Homolog), кодирующего специфические ферменты усиления апоптоза [1, 10, 12]. Заболевание, наследуемое по аутосомно-доминантному типу, входит в состав множественного гамартмного синдрома (болезнь Коудена), кли-

нически характеризующегося наличием множественных гамартм различных локализаций. Выявление диспластической ганглиоцитомы мозжечка является важным критерием, подтверждающим этот синдром [1–3, 6, 7, 10, 12], таким образом, всем пациентам с подозрением на БЛД и ближайшим родственникам необходимо рекомендовать генетическую консультацию и комплексное обследование других органов и систем организма.

С момента, когда в 1920 г. J. J. Lhermitte и P. Duclos впервые описали это редкое заболевание [8], в литературе представлено около 300 публикаций [6], в основном отдельные клинические случаи на тему вариативности манифестации заболевания, стратегий его лечения и мультимодального подхода в диагностике [1–3, 6, 7, 10, 12], однако этиология и патогенез процесса остаются не до конца понятными, что сохраняет научно-исследовательский интерес до сегодняшнего дня. При этом в литературе имеется лишь небольшое количество исследований, включающих позитронно-эмиссионную томографию с метионином, меченным атомом углерода-11, совмещенную с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином), как метод диагностики этого заболевания.

Клиническое наблюдение

Пациентка С., 26 лет, росла и развивалась нормально. Длительное время



На сериях МР-томограмм головного мозга, выполненных до и после внутривенного введения контрастного препарата в режимах T2 FLAIR (а), T1 (б), T1 с контрастным усилением (в, г), определяется объемное образование правой гемисферы мозжечка и червя с характерной исчерченностью после внутривенного контрастирования, напоминающей рисунок на шкуре тигра (tigroid appearance). На серии ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином (3 среза — д) отмечается неравномерно повышенное патологическое включение РФП в проекции контраст-позитивной зоны на МРТ с наличием кальцинированных включений на КТ

наблюдалась у педиатра по поводу макроцефалии. В возрасте 17 лет стала отмечать появления шаткости при ходьбе, периодические головные боли. При КТ-контроле выявлено объемное образование ЗЧЯ. Дополнительно выполненная МРТ определила характерную исчерченность рисунка правого полушария мозжечка и червя в режимах T1, T2 и T2-FLAIR, а также смещение IV желудочка влево. Миндалины мозжечка опущены в большое затылочное отверстие,

III и боковые желудочки расширены, имеется незначительный перивентрикулярный отек.

Первым этапом была проведена операция: вентрикулоперитонеальное шунтирование слева. Через год, при контрольном обследовании, на МРТ выявляется увеличение объема патологической ткани в правой гемисфере мозжечка с распространением на ножку и ствол мозга, с выраженной дислокацией и смещением миндалин

мозжечка. Учитывая прогрессирование заболевания с выраженным дислокационным синдромом, больная повторно поступила во ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России для проведения оперативного вмешательства — удаления опухоли правой гемисферы мозжечка, декомпрессии краниовертебрального перехода.

Гистологический диагноз выявил ганглиоцитому с низким индексом пролиферативной активности Ki-67 до 2 %.

Через 6 лет после частичной резекции опухоли была выполнена контрольная МРТ, при которой в области правой гемисферы мозжечка, как и ранее, сохранялось образование с наличием перифокального отека, распространяющееся в большое затылочное отверстие. При в/в контрастировании в структуре новообразования визуализировались линейные участки накопления контрастного препарата. При проведении ПЭТ/КТ головного мозга с ^{11}C -метионином отмечается неравномерный гиперзахват аминокислоты в правой гемисфере мозжечка (ИН до 1,8), структура образования на КТ неоднородная за счет кальцинированных включений. КТ- и МРТ-картина соответствовали диспластической ганглиоцитоме мозжечка (рис., а — д).

Обсуждение

Основным предметом дискуссии, посвященной БЛД, в литературе является природа развития патологического процесса в мозжечке — по типу опухоли или гамартомоподобного образования или врожденной мальформации.

С развитием гибридных методов диагностики (однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и позитронно-эмиссионной томографии) и

расширением спектра радиофармпрепаратов (РФП) появилась возможность исследовать не только анатомические, но и метаболические характеристики объемных образований в головном мозге. С 2000 г. в литературе (по данным Pub-med) опубликовано около 10 работ, посвященных применению гибридных методов в диагностике БЛД.

ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином широко используется для оценки злокачественности глиальных опухолей головного мозга, степень включения ^{11}C -метионина коррелирует с увеличенной потребностью клеток в этой аминокислоте, что может быть связано как с активацией трансмембранного транспорта, так и ускоренным синтезом белка [14].

Изменения в мозжечке при БЛД по данным литературы демонстрируют повышенный захват ^{11}C -метионина с индексом накопления (ИН) РФП, варьирующим от 1,6 до 2,6, что в целом выше, чем при фокальной кортикальной дисплазии (ИН 1,2) [14].

Однако это не подтверждается исследованиями с другими РФП. Так, накопление радиоактивного кислорода (^{15}O -газ) в опухолях головного мозга, включая глиомы, обычно низкое, вследствие преобладания анаэробных процессов, при БЛД авторы отмечают высокие показатели кровотока и скорости метаболизма ^{15}O -газа в измененной ткани мозжечка.

При ПЭТ/КТ с фтордезоксиглюкозой, меченной атомом фтора-18 (^{18}F -ФДГ), накопление ее также повышено, что свидетельствует в пользу аэробного механизма утилизации глюкозы, характерного для неизмененной ткани головного мозга или процессов по типу гипертрофии [5, 11]. Однако в литературе описаны единичные случаи ре-

цидива БЛД спустя несколько лет после удаления образования, и этот факт свидетельствует в пользу неопластического компонента в формировании изменений при БЛД [4].

Противоречивые данные о процессах метаболизма различных РФП в патологической ткани мозжечка при БЛД определяют ее состояние как близкое к нормальному мозговому веществу с признаками гипертрофии отдельных слоев и нарушения функции, что создает трудности в дифференциации точных границ образования во время хирургического вмешательства [3].

Выводы

БЛД — редкое заболевание, характеризующееся сложным и неоднозначным механизмом формирования патологических изменений в ткани мозжечка, что иногда затрудняет дифференциальную диагностику с другими процессами в ЗЧЯ (например, медуллобластомой и глиобластомой мозжечка, инфарктом мозга в подострой стадии и псевдотуморозным гемицеребеллитом [14]) и определение точных границ образования. Все это влияет на выбор тактики лечения и объема хирургического вмешательства. Для улучшения результатов лечения и дальнейшего мониторинга БЛД необходим комплексный подход с применением анатомических и функциональных методов диагностики. Расширение спектра РФП для методов гибридной визуализации, позволяющих изучать функциональные особенности гематоэнцефалического барьера, распределение рецепторов и действие различных ферментов в ткани головного мозга, открывает новые возможности в изучении механизмов формирования патологических процессов при БЛД.

Список литературы

1. Шиманский В. Н. и др. Успешное лечение болезни Лермитта — Дюкло // Вопросы нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко. 2015. Т. 79. № 4. С. 78–83.
2. Biswas S. N., Chakraborty P. P., Patra S. Lhermitte — Duclos disease // Case Reports. 2016;2016:bcr2015214235 P. 214–235.
3. Cheng C. S. et al. Lhermitte — Duclos disease: A case report with radiologic-pathologic correlation // Case Reports. 2019. Т. 14. № 6. P. 734–739.
4. Demaerel P., van Calenbergh F., Wilms G. Lhermitte — Duclos disease: a tumour or not a tumour // Acta Neurol. Scandinavica. 2003. Т. 108. № 4. P. 294–295.
5. Goto Y., Hashimoto N., Okita Y., Goto T., Rabo C., Hirayama H., Horikawa Y., Kinoshita M., Kagawa N., Yoshimine T. A surgically treated case of Lhermitte — Duclos disease with a precise natural history and high uptake of FDG on PET // J. Neurooncol. 2010. Т. 97. P. 445–450.
6. Khandpur U. et al. Bilateral recurrent dysplastic cerebellar gangliocytoma (Lhermitte — Duclos disease) in Cowden syndrome: a case report and literature review // World Neurosurg. 2019. Т. 127. С. 319–325.
7. Kumar N., Kumar A., Uppin M. Lhermitte — Duclos disease as a cranial manifestation of Cowden syndrome // Neurol. India. 2016. Т. 64. № 1.
8. Lhermitte J., Duclos P. Sur un ganglioneurome diffus du cortex du cervelet // Bull Assoc. Fran. Etude Cancer. 1920. P. 99–107.
9. Pirotte B. et al. Fluorodeoxyglucose and methionine uptake in Lhermitte — Duclos disease: case report // Neurosurg. 2002. Т. 50. № 2. С. 404–408.
10. Robinson S., Cohen A.R. Lhermitte — Duclos disease and Cowden disease: an update. Case report and review of the

- literature // *Neurosurg. Focus*. 2006. T. 20. № 1. P. 1–6.
11. *Saito H. et al.* Biological characteristics of a cerebellar mass regrowing after removal in a patient with Lhermitte – Duclos disease: emission tomography studies // *Case Reports in Neurol.* 2014. T. 6. № 1. C. 96–100.
 12. *Sutphen R., Diamond T., Minton S., Peacocke M., Tsou H., Root A.* Severe Lhermitte – Duclos disease with unique germline mutation of PTEN // *Am. J. of Med. Genetics*. 2000. T. 82. № 4. P. 290–293.
 13. *Van Calenbergh F. et al.* Lhermitte – Duclos disease: ^{11}C -methionine positron emission tomography data in 4 patients // *Surg. Neurol.* 2006. T. 65. № 3. C. 293–296.
 14. *Wang Q. et al.* Lhermitte – Duclos disease: Clinical study with long-term follow-up in a single institution // *Clinical Neurol. and Neurosurg.* 2017. T. 162. C. 53–58.
 5. *Goto Yu., Hashimoto N., Okita Y., Goto T., Rabo C., Hirayama H., Horikawa Yu., Kinoshita M., Kagawa N., Yoshimine T.* A surgically treated case of Lhermitte – Duclos disease with a precise natural history and high uptake of FDG on PET. *J. Neurooncol.* 2010. T. 97. P. 445–450
 6. *Khandpur U. et al.* Bilateral recurrent dysplastic cerebellar gangliocytoma (Lhermitte – Duclos disease) in Cowden syndrome: a case report and literature review. *World Neurosurgery*. 2019. T. 127. P. 319–325.
 7. *Kumar N., Kumar A., Uppin M.* Lhermitte – Duclos disease as a cranial manifestation of Cowden syndrome. *Neurology India*. 2016. T. 64. No. 1.
 8. *Lhermitte J., Duclos P.* Sur un ganglioneurome diffus du cortex du cervelet. *Bull. Assoc. Fran. Etude Cancer*. 1920. P. 99–107.
 9. *Pirotte B. et al.* Fluorodeoxyglucose and methionine uptake in Lhermitte – Duclos disease: case report. *Neurosurgery*. 2002. T. 50. No. 2. P. 404–408.
 10. *Robinson S., Cohen A.R.* Lhermitte – Duclos disease and Cowden disease: an update. Case report and review of the literature. *Neurosurgical Focus*. 2006. T. 20. No. 1. P. 1–6.
 11. *Saito H. et al.* Biological characteristics of a cerebellar mass regrowing after removal in a patient with Lhermitte – Duclos disease: emission tomography studies. *Case Reports in Neurology*. 2014. T. 6. No. 1. P. 96–100.
 12. *Sutphen R., Diamond T., Minton S., Peacocke M., Tsou H., Root A.* Severe Lhermitte – Duclos disease with unique germline mutation of PTEN. // *American Journal of Medical Genetics*. 2000. T. 82. No. 4. P. 290–293.
 13. *Van Calenbergh F. et al.* Lhermitte – Duclos disease: ^{11}C -methionine positron

References

emission tomography data in 4 patients. Surgical Neurology. 2006. T. 65. No. 3. P. 293–296.

14. Wang Q. *et al.* Lhermitte — Duclos disease: Clinical study with long-term follow-up in a single institution. Clinical Neurology and Neurosurgery. 2017. T. 162. P. 53–58.

Сведения об авторах

Вихрова Нина Борисовна, кандидат медицинских наук, врач-радиолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (926) 267-54-40. Электронная почта: nvikhrova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Vikhrova Nina Borisovna, 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 (926) 267-54-40. E-mail: nvikhrova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-8828

Хохлова Екатерина Владимировна, врач-радиолог отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (910) 445-78-44. Электронная почта: ekhokhlova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-2667-9301

Khokhlova Ekaterina Vladimirovna, 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 (910) 445-78-44. E-mail: ekhokhlova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-2667-9301

Постнов Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (926) 857-37-39. Электронная почта: APostnov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-882

Postnov Andrej Aleksandrovich, Ph. D. Med., Researcher, 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 (926) 857-37-39. E-mail: APostnov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-8091-882

Балахонov Антон Борисович, ведущий инженер отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 (915) 456-92-93. Электронная почта: ABalakhonov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-3666-0911

Balakhonov Anton Borisovich, Lead Engineer 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 (915) 456-92-93. E-mail: ABalakhonov@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-3666-0911

Щербатова Евгения Владимировна, инженер-химик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Тел.: +7 916 774 12 38. Электронная почта: EScherbatova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0003-3831-6476

Shcherbatova Evgeniya Vladimirovna, Chemical Engineer 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) 774-12-38. E-mail: EScherbatova@nsi.ru
ORCID ID 0000-0003-3831-6476

Пыжик Елена Васильевна, инженер-химик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.

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

Телефон: +7 (903) 146-08-90. Электронная почта: evpyzhik@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0001-9951-9213

Pyzhik Elena Vasilievna, Chemical Engineer 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(903)146-08-90. E-mail: evpyzhik@yandex.ru
ORCID ID: 0000-0001-9951-9213

Костин Павел Александрович, инженер-физик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики, ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Телефон: +7 (915) 134-75-42. E-mail: PKostin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-0252-1796

Kostin Pavel Aleksandrovich, Physical Engineer 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 (915) 134-75-42. E-mail: PKostin@nsi.ru
ORCID ID 0000-0002-0252-1796

Ильин Виктор Андреевич, инженер-химик отделения рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Телефон: +7 (929) 938-50-30. Электронная почта: docktorvrach@mail.ru
ORCID ID 0000-0002-0894-9136

Il'in Viktor Andreevich, Chemical Engineer 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 (929) 938-50-30. E-mail: docktorvrach@mail.ru
ORCID ID 0000-0002-0894-9136

Пронин Игорь Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий отделением рентгеновских и радиоизотопных методов диагностики ФГАУ «НМИЦ нейрохирургии им. ак. Н. Н. Бурденко» Минздрава России.
Адрес: 125047, г. Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, д. 16.
Электронная почта: pronin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-4480-0275

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 of the Ministry of Healthcare of Russia.
Address: 16, ul. 4th Tverskaya-Yamskaya, Moscow, 125047, Russia.
E-mail: pronin@nsi.ru
ORCID: 0000-0002-4480-0275

Финансирование исследования и конфликт интересов.

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

Информация для рекламодателей

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

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

Тираж журнала составляет 1000 экземпляров. Распространение среди постоянных подписчиков осуществляется через каталог агентства «Роспечать», «Интерпочта», «Союзпресс», а также сайт издания www.radp.ru.

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

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

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

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

Уважаемые коллеги!

Искренне рада пригласить вас принять участие в юбилейном V съезде Национального общества нейрорадиологов, который станет заметной и очень яркой вехой в жизни нашего профессионального сообщества, площадкой для обсуждения новых идей, обмена опытом, получения передовых знаний по использованию достижений нейрорентгенологии.

Съезд состоится 3–4 июля 2020 г. в г. Омске одном из старейших и крупнейших городов Западно-Сибирского региона России, основанном в 1716 году по указу Петра I, городе, принявшем во время Великой Отечественной войны детей блокадного Ленинграда и эвакуированные заводы. С историей нашего города неразрывно связано создание омской неврологической и нейрохирургической школы, у истоков которой стояла известная в России династия ученых-неврологов-нейрохирургов, профессоров Савченко, рентгенологов И. Д. Захарова, А. П. Изоака, Э. А. Нихельман, В. П. Новикова и др.

V съезд Национального общества нейрорадиологов имеет большое значение в рамках реализации национальных программ по совершенствованию системы здравоохранения, озвученных Президентом РФ В. В. Путиным Федеральному Собранию 15 января 2020 г. Одной из целей новой национальной программы является обеспечение доступности современной лучевой диагностики для всех россиян, в каком бы уголке страны они не жили. Известно, что рентгенология в настоящее время является фундаментальной дисциплиной, без которой нельзя представить себе современную клиническую медицину. Сегодня без КТ, МРТ, ПЭТ-КТ невозможна современная лучевая диагностика, а в некоторых областях, например для диагностики болезней головного и спинного мозга, она является методом выбора.

Основной тематикой грядущего V съезда будет «Демиелинизирующие и аутоиммунные заболевания ЦНС». Традиционно большое внимание в рамках программы съезда будет уделено вопросам лучевой диагностики в нейроонкологии, педиатрии, сосудистых поражениях головного и спинного мозга, черепно-мозговой и позвоночно-спинальной травмы, а также послеоперационной оценке радикальности хирургического удаления опухолей головного и спинного мозга. В рамках съезда планируется проведение школ по различным тематикам.

Главной целью предстоящего съезда является повышение квалификации врачей рентгенологов, неврологов, нейрохирургов, онкологов, интеграция лучшего отечественного и зарубежного опыта в повседневную практику наших специалистов. Сегодня, в эпоху инноваций, обучение и повышение квалификации кадров имеют первостепенное значение и выходят на качественно новый уровень. Наши возможности неизменно возросли, но также выросли и задачи, которые перед нами ставит общество и наше государство в области ранней диагностики, эффективного лечения социально значимых заболеваний.

Научная программа съезда охватывает все виды диагностических пособий, связанных с лучевыми технологиями в нейрорентгенологии. На мероприятии будет организована выставка с участием ведущих производителей и поставщиков высокотехнологичного медицинского оборудования и контрастных препаратов.

Не сомневаюсь, что программа получится насыщенная, у нее, безусловно, будет большая образовательная составляющая, что очень важно на нынешнем этапе педагогических преобразований.

В работе съезда по традиции примут участие ведущие отечественные и зарубежные специалисты в области нейрорадиологии. Приглашенные лекторы, ученые с мировым именем, профессора рассмотрят широкий спектр проблем, посвященных нейрорадиологии.

Запланировано включение школ съезда в систему непрерывного медицинского образования (НМО) в соответствии с установленными требованиями Координационного совета по развитию непрерывного медицинского и фармацевтического образования Министерства здравоохранения РФ.

Организационный и научный комитеты сделают все возможное, чтобы ваше пребывание на V съезде Национального общества нейрорадиологов было максимально интересным и продуктивным!

Открыты регистрация участников съезда и прием тезисов для публикации в электронной версии материалов мероприятия. С подробной информацией о мероприятии можно ознакомиться на сайте <http://rusneurorad.ru/5congress2020>.



Доровских Галина Николаевна,
президент V съезда Национального общества нейрорадиологов,
заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук,
главный внештатный специалист по лучевой диагностике
неотложных состояний Министерства здравоохранения Омской области,
руководитель отделения лучевой диагностики БУЗОО «ГК БСМП № 1».



**Первое информационное письмо о проведении
3 съезда врачей лучевой диагностики
Северо-Кавказского федерального округа
«Лучевая диагностика Северного Кавказа»**

**Республика Северная Осетия – Алания,
г. Владикавказ, 4 – 5 июня 2020 г.**

**First announcement of the 3rd North Caucasus
Radiology Congress
«Diagnostic Radiology of the North Caucasus»**

**Republic of North Ossetia – Alania,
Vladikavkaz, June 4 – 5, 2020**

На съезде вы сможете прослушать лекции ведущих российских специалистов лучевой диагностики (В. Е. Синицына, А. Ю. Васильева, Г. Н. Доровских, Д. А. Лежнева, А. В. Поморцева, Е. Б. Ольховой, Н. В. Климовой, А. В. Левшаковой, А. В. Мищенко, О. О. Мануйловой, Т. В. Павловой, Н. А. Шолоховой и др.), узнать о послед-

них достижениях лучевой диагностики, обменяться опытом и идеями со своими коллегами, выступить с сообщением по вашему направлению работы.

В рамках съезда будет проходить тематическая выставочная экспозиция производителей и дистрибьюторов рентгенологического диагностического оборудования. Мероприятие зарегистрировано в системе НМО.

Научная программа съезда включает пленарные и секционные лекции, научные сообщения, доклады компаний-производителей.

В рамках съезда планируется проведение подсекций по специальностям «Рентгенология» и «Ультразвуковая диагностика»:

- лучевая диагностика неотложных состояний;
- ошибки и трудности в лучевой диагностике;
- педиатрическая радиология;
- лучевая диагностика в онкологии;
- современные технологии при заболеваниях сердца;
- лучевая диагностика заболеваний молочной железы;
- лучевая диагностика в урогинекологии;
- лучевая диагностика социально значимых заболеваний;
- томосинтез и двойная энергия;
- авторские технологии в ультразвуковой диагностике.

Конгресс-оператор и провайдер съезда: Фонд развития лучевой диагностики.

Контактные лица в Москве:

Васильева Алла Григорьевна, тел.: +7 (495, 903) 721-05-23, 8 (915) 323-32-34,
электронная почта: agv@rd-fond.ru

Воробьева Татьяна Дмитриевна, тел.: +7 (903) 745-80-35,
электронная почта: vorobieva@rd-fond.ru

Контактное лицо в Республике Северная Осетия — Алания:

Созаонти Зарина Руслановна, тел.: +7(918) 824-14-74,
электронная почта: sozaonti@mail.ru

Место проведения:

Республика Северная Осетия — Алания, г. Владикавказ,
ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России, ул. Пушкинская, д. 40.

Информация для авторов статей

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

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

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

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

Оформление публикаций*

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

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

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

Правила направления материалов в редакцию журнала «Радиология — практика»

Материалы научного сообщения предоставляются в 2 экземплярах:

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

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

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

* Правила оформления материалов, публикуемых в журнале «Радиология — практика», подготовлены в соответствии с требованиями международной БД SCOPUS и РИНЦ, а также рекомендациями ВИНИТИ РАН (см. www.scopus.com; www.elibrary.ru; Кириллова О. В. Подготовка российских журналов для зарубежной аналитической базы данных SCOPUS: рекомендации и комментарии. М.: ВИНИТИ РАН, 2011).

Уведомление об отправке материалов для публикации в журнале (их экземпляр в электронном виде и отдельно архивированные в графическом формате иллюстрации) отправляется ответственному секретарю на e-mail: eegorova66@gmail.com (тел.: 8 (495) 611-01-77).

Содержание и оформление материалов, направляемых в редакцию журнала «Радиология — практика»

Представленные в работе данные должны быть оригинальными. Не допускается направление в редакцию работ, которые уже напечатаны в других изданиях или посланы для публикации в другие редакции.

Объем публикаций (включая сопроводительную информацию и иллюстративный материал) для:

- оригинальных статей, лекций и научных обзоров должен быть не более 15 с.;
- кратких сообщений и описаний клинических наблюдений — не более 5 с.

В публикациях предусматриваются следующие блоки:

БЛОК 1 — на русском языке:

- заглавие (сокращения не допускаются);
- фамилия и инициалы автора (ов);
- полное название организации (с указанием формы собственности, ведомственной принадлежности — аббревиатуры не допускаются), ее адрес (с указанием индекса);
- реферат (авторское резюме);
- ключевые слова (в количестве 5–6, сокращения не допускаются).

БЛОК 2 — транслитерация или перевод соответствующих данных из блока 1 на английский язык*:

- заглавие (перевод на английский язык, при этом сокращения не допускаются, в переводе не должно быть транслитерации, кроме непереводаемых названий собственных имен, приборов и других объектов, имеющих собственные названия, это также касается авторских резюме (аннотаций) и ключевых слов);
- фамилия и инициалы автора (ов) (только транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. <http://www.translit.ru>);
- полное название организации (при переводе на английский язык форма собственности не указывается, аббревиатуры не допускаются, дается полное название организации и ведомственная принадлежность, в том виде, в котором их профиль идентифицирован в БД SCOPUS), ее адрес (с указанием индекса);
- реферат (авторское резюме) — перевод на английский язык;
- ключевые слова (перевод на английский язык, сокращения не допускаются).

* Недопустимо использование интернет-переводчиков (дающих перевод слов без учета стиля, связи слов в предложениях, что делает текст непонятным, значительно искажает смысл).

БЛОК 3 — полный текст публикации на русском языке.

В статьях клинического или экспериментального характера рекомендуются следующие разделы: **Актуальность** (которая должна оканчиваться формулировкой цели). **Материалы и методы. Результаты и их обсуждение. Выводы. Список литературы.**

В лекциях и обзорах должны быть выделены: **Актуальность** (которая оканчивается формулировкой цели). Далее представляется текст лекции или обзора, после этого, как и в статьях, выделяются **Выводы** и дается **Список литературы.**

В кратких сообщениях и описаниях клинических наблюдений выделяются: **Актуальность** (которая должна оканчиваться формулировкой цели). Далее представляется текст с описанием редких случаев или отдельного клинического наблюдения. **Обсуждение. Выводы. Список литературы.**

Текстовый материал публикации должен быть представлен:

- 1) в виде четкой принтерной распечатки в формате А4, в электронном виде (Microsoft Word), с двойным межстрочным интервалом размером шрифта 12, пронумерованными страницами, без правок на листах;
- 2) в подрисуночных подписях сначала приводится общая подпись к рисунку (рентгенограмма, компьютерная томограмма, эхограмма и т.п.), а затем объясняются все имеющиеся в нем цифровые и буквенные обозначения;
- 3) в электронном текстовом файле абзацный отступ текста, выравнивание и прочее — не важны. Текст должен быть без переносов слов, без выравнивания табуляцией, без лишних пробелов. Клавиша Enter должна использоваться только для начала нового смыслового абзаца, но не для начала новой строки внутри абзаца;
- 4) после любых заголовков, фамилий, подписей к рисункам точка не ставится. Между каждым инициалом и фамилиями всегда ставятся пробелы. Инициалы разделяются точками и пишутся перед фамилией. Запятая между фамилией и инициалами не ставится, так как это затрудняет идентификацию автора в БД;
- 5) сокращения и символы должны соответствовать принятым стандартам (система СИ и ГОСТ 7.12 — 1993).

Приводим наиболее частые примеры сокращений (обратите внимание на отсутствие точек после многих сокращений и символов): год — г.; годы — гг.; месяц — мес; неделя — нед; сутки — сут; час — ч; минута — мин; секунда — с; килограмм — кг; грамм — г; миллиграмм — мг; микрограмм — мкг; литр — л; миллилитр — мл; километр — км; метр — м; сантиметр — см; миллиметр — мм; микрон — мк; миллиард — млрд; миллион — млн; тысяча — тыс.; беккерель — Бк; грей — Гр; зиверт — Зв; миллизиверт — мЗв; тесла — Тл; температура в градусах Цельсия — 42 °С; область — обл.; район — р-н; единицы — ед.; сборник — сб.; смотри — см.; то есть — т. е.; так далее — т. д.; тому подобное — т. п.; экземпляр — экз.

Приняты также следующие сокращения: ИК — инфракрасный; УФ — ультрафиолетовый; ВЧ — высокочастотный; СВЧ — сверхвысокочастотный; УЗИ — ультразвуковое исследование; МРТ — магнитно-резонансная томография; (ДВ) МРТ — диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография; МРС — магнитно-ре-

зонансная спектрометрия; ЭПР — электронный парамагнитный резонанс; ОФЭТ — однофотонная эмиссионная томография; КТ (РКТ) — компьютерная томография (рентгеновская компьютерная томография); ПЭТ — позитронная эмиссионная томография; РИА — радиоиммунологический анализ; МСКТ — мультисрезовая компьютерная томография; ЭЛТ — электронно-лучевая компьютерная томография.

Требования к электронным файлам иллюстраций

Качество всех графических материалов должно соответствовать статусу научной статьи: все иллюстрации должны быть информативными, четкими, контрастными, высокого качества. Иллюстрации, ранее размещенные в Word, становятся непригодными для воспроизведения в верстке печатных материалов.

Формат графических файлов:

- формат файлов для растровой графики — TIFF. Разрешение — 300 dpi (пиксели на дюйм);
- формат файлов для векторной графики — EPS или AI. **Графики, схемы, диаграммы** принимаются только в векторных форматах.

БЛОК 4 — список литературы, в котором русскоязычные ссылки даются на русском языке, зарубежные — на языке оригинала. Литература в списке должна быть расположена в алфавитном порядке, причем сначала издания на русском языке, затем — на иностранных языках (и тоже по алфавиту). Все работы одного автора нужно указывать по возрастанию годов издания. В тексте ссылки приводятся в квадратных скобках. В оригинальных статьях рекомендуется использовать **не более 15 литературных источников за последних 5 лет**. В научных обзорах рекомендуется использовать **не более 20 источников**, в кратких сообщениях и описании клинических наблюдений — **не более 5**. Автор несет ответственность за правильность данных, приведенных в пристатейном списке литературы. Ссылки, оформленные с нарушением правил, будут удалены из списка литературы.

БЛОК 5 — список литературы под заголовком **References** должен повторять в своей последовательности список литературы блока 4, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите, и оформляются следующим образом: все авторы (транслитерация), перевод названия статьи на английский язык (название источника может содержать транслитерацию, если источник не имеет адекватного английского названия, содержит 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 как в распечатанном, так и в электронном виде должен даваться в одном файле, включающем:

- заголовок (на русском и английском языках);
- фамилия и инициалы автора (ов) (представленных кириллицей и транслитерированные);

- полное название организации (с указанием формы собственности, ведомственной принадлежности), ее адрес (с указанием индекса) – данные об аффелировании (на русском и английском языках);
- реферат и ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст (на русском языке), в котором расположен после ссылок в круглых скобках (табл. или рис.) весь иллюстративный материал в качестве превью: таблицы (вертикальные); рисунки и лучевые изображения (в формате растровой графики); диаграммы, схемы, графики (в формате векторной графики) — все должно быть на своих местах. Все графические иллюстрации, помимо расположения в текстовом файле статьи в качестве превью, предоставляются в виде отдельных файлов-источников;
- выводы или заключение (на русском языке);
- список литературы (на русском языке);
- references (на английском языке, с транслитерированными фамилиями и инициалами отечественных авторов).

На отдельной странице указываются дополнительные сведения о каждом авторе, необходимые для обработки журнала в Российском индексе научного цитирования:

- Фамилии и инициалы полностью, ученая степень, ученое звание, место работы, должность (развернуто, с полным представлением всех наименований на русском языке).
- Адрес с индексом (на русском языке).
- Телефон с кодом.
- E-mail.
- ORCID.

Ниже представляются те же данные на английском языке и с применением транслитерации:

- Фамилии и сокращенно инициалы (транслитерация по системе BGN (Board of Geographic Names), см. сайт <http://www.translit.ru>), ученая степень, ученое звание, место работы, должность (развернуто, с полным представлением всех наименований на английском языке).
- Адрес с индексом (на английском языке).
- Телефон с кодом.
- E-mail.
- ORCID.

После сведений об авторах должно быть указано: «Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов».

Пристатейный список литературы

Данный этап работы (оформление библиографической части рукописи) включает:

- использование цитат и ссылок из современных литературных источников (давность издания которых не превышает 5 лет) с приведением фамилий и инициалов всех авторов (что позволяет исключить потерю индексации авторов и снижения уровня цитирования их работ), выделяя их шрифтом, например, курсивом;

-
- оформление списка литературы с применением правил, предусмотренных действующими ГОСТ (7.82-2001 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления»; 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»; 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка»). Ссылки на литературные источники в списке располагают в алфавитном порядке по фамилии первого автора, сначала приводятся издания на русском языке, затем — на иностранных. Работы одного автора указываются по возрастанию годов издания. В тексте ссылки на номера источников даются в квадратных скобках.

Примеры для книг в списке

Зуев А. А. Заглавие (обязательно полное). 5-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 2009. 99 с.

Ferguson-Smith V. A. The Indications for Screening for Fetal Chromosomal Aberration. Prenatal Diagnosis Insemm. Ed. by Boue A. Paris, 1976. P. 81–94.

Примеры для диссертаций и авторефератов в списке

Натанов Я. М. Название диссертации: Дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 108 с.

Натанов Я. М. Название диссертации: Автореф. дис. ... канд. (докт.) мед. наук. М.: Название учреждения, 2008. 20 с.

Примеры для статей в списке

Горюнов Н. Л. Название статьи // Название журнала (сокращенное и без кавычек). 1989. Т. 66. № 9. С. 99–102.

Nicolaides K. N. Screening for fetal chromosomal abnormalities need to change the rules. Ultrasound Obstet. Gynecol. 1994. V. 4. No. 3. P. 353–355.

Примеры для авторских свидетельств в списке

Симонов Ю. М., Суворов Н. В. Название: А. С. 163514 СССР // Б. И. 1986. № 16. С. 44.

После формирования блока Списка литературы на русском языке, его представляют на английском языке под заголовком References. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они должны полностью повторяться и в русско-, и в англоязычных вариантах.

Ссылки на отечественные источники должны быть обработаны:

- в программе BGN (Board of Geographic Names), представленной на сайте <http://www.translit.ru> обрабатываем весь текст библиографической ссылки;
- копируем транслитерированный текст в References;
- преобразуем транслитерированную ссылку: оставляем транслитерированные фамилии и инициалы авторов;

-
- убираем транслитерацию заглавия литературного источника, заменяя его на переводное название, на английском языке — парафраз (допустимо сохранений в нем транслитерированных названий, если невозможно провести англоязычный перевод собственных наименований);
 - далее приводятся выходные данные с использованием символов и сокращений, предусмотренных англоязычными изданиями и БД SCOPUS (на сайте издательства Emerald даны достаточно подробные рекомендации по составлению пристатейных списков литературы по стандарту Harvard (Harvard reference system) практически для всех видов публикаций. Из текста ссылки необходимо убрать знаки, которые отсутствуют в БД SCOPUS, например «//», «—», знак № заменяем на англоязычное сокращение No., обозначение страниц даем в виде сокращения слова page — p. или P. Обязательно пишем на английском языке полное место издания и транслитерацию названия издательства через запятую год (например, Moscow: Medicina, 2009)
 - в конце ссылки в круглых скобках указывается страна (in Russian).

Пример преобразования библиографической ссылки для References

Выделяем и копируем всю библиографическую ссылку:

Кочукова Е. В., Павлова О. В., Рафтопуло Ю. Б. Система экспертных оценок в информационном обеспечении ученых // Информационное обеспечение науки. Новые технологии: Сб. науч. тр. М.: Научный мир, 2009. С.190–199.

Вставляем копию ссылки в программу для транслитерации, получаем:

Kochukova E. V., Pavlova O. V., Raftopulo Yu. B. Sistema ekspertnykh otsenok v informatsionnom obespechenii uchenykh // Informatsionnoe obespechenie nauki. Novye tekhnologii: Sb. nauch. tr. M.: Nauchnyi mir, 2009. S.190–199.

Преобразуем транслитерированную ссылку: фамилии и инициалы выделяем курсивом, убираем транслитерацию заглавия тезисов; убираем специальные разделители между полями (//); заменяем заглавие статьи на парафраз; пишем на английском языке полное место издания и обозначение страниц (издательство оставляем транслитерированным).

Конечный результат:

Kochukova E.V., Pavlova O. V., Raftopulo Yu. B. Information Support of Science. New Technologies: Collected papers. Moscow: Nauchnyi Mir, 2009. P. 190–199 (in Russian).

Квитанция на подписку журнала «Радиология — практика»

Категория подписчиков	Стоимость одного номера, руб.	Стоимость трех номеров (полугодичная подписка), руб.
Физические лица	250	750
Юридические лица	400	1200

После оплаты просьба сообщить по телефону координаты получателя

Почтовый адрес: 115432, Москва, 2-й Кожуховский пр., д. 29, корп. 5, ООО «Амикодент»
Тел.: +7 (495) 978-09-23, +7 (495) 981-13-21, e-mail: info@amicodent.ru

Подписку можно оформить на сайте журнала www.radp.ru, а также по каталогу агентства
«Роспечать» на полгода:
индекс для физических лиц — 79754; индекс для юридических лиц — 79755.

Извещение	Получатель платежа ООО «Амикодент» ИНН 7709614148 КПП 772501001 р/с 40 70 28 10 00 50 00 42 00 97 в ф-л «Корпоративный» ПАО «Совкомбанк» к/с 30 10 18 10 44 52 50 00 03 60 БИК 044525360						
	Наименование платежа: подписка на журнал «Радиология — практика»						
	На 20 ____ год:						
	Номер выпуска	1	2	3	4	5	6
	Кол-во экз.						
	Информация о плательщике: ФИО _____ Адрес _____ ИНН _____ Номер лицевого счета (код) плательщика _____						
Кассир	Дата _____			Сумма платежа, в т. ч. НДС 10 % _____			
	Плательщик (подпись) _____						
	Получатель платежа ООО «Амикодент» ИНН 7709614148 КПП 772501001 р/с 40 70 28 10 00 50 00 42 00 97 в ф-л «Корпоративный» ПАО «Совкомбанк» к/с 30 10 18 10 44 52 50 00 03 60 БИК 044525360						
	Наименование платежа: подписка на журнал «Радиология — практика»						
Квитанция	На 20 ____ год:						
	Номер выпуска	1	2	3	4	5	6
	Кол-во экз.						
	Информация о плательщике: ФИО _____ Адрес _____ ИНН _____ Номер лицевого счета (код) плательщика _____						
	Дата _____			Сумма платежа, в т. ч. НДС 10 % _____			
	Плательщик (подпись) _____						

* Юридическим лицам необходимо заполнить ИНН и № лицевого счета.